

Министерство аграрной политики Украины

**Международная гражданская организация Украинский
международный институт агропромышленного
инжиниринга**

**Украинский научно-исследовательский институт
прогнозирования и испытания техники и технологи для
с.х. производства им. Л. Погорелого**

**Таврический государственный агротехнологический
университет**

Сборник докладов

**Международной научно – технической
интернет конференции**

«Задачи земледельческой механики в XXI веке»

(2-10 ноября 2011 г.)

сайт: www.tsaa.org.ua



**Дослідницьке - Мелітополь
2011 г.**

УДК 621.311:631

Сборник докладов
Международной научно – технической интернет конференции
«Задачи земледельческой механики в XXI веке» (Мелитополь,
2-10 ноября 2011 г.)

В сборнике докладов печатаются материалы международной научно технической интернет конференции «Задачи земледельческой механики в XXI веке»

Ответственный за выпуск - к.т.н., доц. Вершков О. О.
Электронная верстка – Сербий Е. К., Сербий В. К.

Адресс сборника: ТДАТУ

Просп. Б. Хмельницкого 18,
г. Мелитополь, Запорожская обл.
72312 Украина
Кафедра «Физики, ТМ и ТММ»
Сайт: www.tsaa.org.ua
E-Mail ZemMex75@yandex.ru

Дослідницьке –Мелитополь
2011

ПРЕДИСЛОВИЕ

По инициативе Международной гражданской организации Украинский Международный институт агропромышленного инжиниринга и поддержки администрации Украинского научно-исследовательского института прогнозирования и испытания техники и технологии для с.х. производства им. Л. Погорелого, Таврического государственного агротехнологического университета, Харьковского национального технического университета сельского хозяйства им. Петра Василенко, Кировоградского университета приняли решение о проведении международной научно-технической интернет конференции «Задачи земледельческой механики в XX веке» и приурочить её к 75 летнему юбилею одного из ведущих ученых в области земледельческой механики на Украине, чл.-кор. НААНУ, д.т.н., проф. Кушнарёва Артура Сергеевича.

Информационное письмо по проведению н.т. интернет конференции.

Уважаемые коллеги

2 ноября 2010 года члену корреспонденту Национальной академии аграрных наук Украины, доктору технических наук, профессору, заслуженному работнику народного образования Украины, почётному гражданину города Мелитополя Кушнарёву Артуру Сергеевичу исполняется 75 лет.

Кушнарёв А.С. известен не только как учёный в области земледельческой механики, но и как организатор Всесоюзных и международных конференций по острым проблемам земледельческой механики.

Так по его инициативе в г. Мелитополе были проведены такие конференции, как:

1. Всесоюзное научно-координационное совещание «Пути снижения отрицательного воздействия ходовых систем сельскохозяйственной техники на почву», Мелитополь, 1983 г.

2. Всесоюзная научно-техническая конференция по современным проблемам земледельческой механики. Мелитополь 1989 г. (290 докладов)

3. Международная конференция Protection of soil Environment by avoidance of Compaction & Proper soil Tillage Мелитополь 1993 (представленная более 30 государствами, в том числе США, Англия, Германия, Швеция, Китай, Голландия и т.д.)

4. Международная научно-техническая конференция «Земледельческая механика на рубеже столетий», Мелитополь, 2001

С распадом Советского Союза, возникли экономические и организационные трудности, наложившие ограничения на выезд ученых в другие страны, для активного участия широкой научной общественности в международных конференциях. Однако, появившиеся возможности информационных технологий позволили перейти на новый вид общения – международные Интернет- конференции.

Глубоко понимая эти перемены Кушнарёв А.С. одним из первых начал работать над организацией и проведением международных Интернет-конференций по земледельческой механике. В 2005 году в организационном письме он пишет: «Общение ученых даёт большой толчок не только развитию

новых научных направлений, но и способствует подготовке докторов и кандидатов наук в странах постсоветского пространства. Однако, экономические и организационные трудности, связанные с выездом учёных в другие страны, мешает их общению со всеми вытекающими последствиями.

Развитие компьютерных технологий позволяет нам общаться без виз, зарубежных поездок, пересечения границ, таможенных хлопот. 10 ноября ЮНЕСКО установило международный день науки, и это событие, реализованное как международная Интернет-конференция (Интернет-форум) позволит нам снова почувствовать локоть друг друга и обмениваться своими идеями, сомнениями и результатами исследований практически в режиме «on-line». Отделение механизации, электрификации и автоматизации сельского хозяйства Украинской академии аграрных наук, Национальный научный центр «Институт механизации и электрификации сельского хозяйства» совместно с ТГАТА приняло решение о проведении первой международной научно-практической Интернет-конференции «Роль земледельческой механики в социальном развитии общества» 2-10 ноября 2005 года».

По сути, это была первая международная конференция по земледельческой механике, проведённая на Украине. Кушнаревым А.С. были проведены несколько международных Интернет-конференций, в том числе:

- «Продовольственная безопасность и безопасность продовольствия» (в рамках международной выставки Интер – Агро 2008);

- Научно-техническая конференция, посвящённая 110летию основания испытаний в Украине и 60летию создания Укр – МВС – ВНИИМОЖ - УКр НИИПИТ им. Л. Погорелого (2009 г.)

Администрации Таврического государственного агротехнологического университета (г. Мелитополь), Харьковского Национального технического университета сельского хозяйства имени Петра Василенко, Кировоградского национального университета, Украинского научно – исследовательского института прогнозирования и испытания сельскохозяйственной техники имени Леонида Погорелого (пгт Дослідницьке) приняли решение приурочить к 75 летнему юбилею Кушнарёва Артура Сергеевича проведение международной научно-технической Интернет-конференции «Задачи земледельческой механики в XXI веке» с 1 сентября по 2 ноября 2010 года.

Нами предлагаются ориентировочно следующие секции конференции:

- информационные технологии в земледельческой механике;
- технологические и технические основы продовольственной безопасности населения планеты;

- технологии XXI века в АПК, в том числе:

- органическое земледелие;

- точное земледелие;

- биологическое земледелие;

- научные и прикладные основы земледельческой механики;

- основы ресурсо - и энергосбережения в АПК;

- техническая оснащённость и надёжность технологий производства продовольствия;

- экономические аспекты внедрения новых технологий и технического сервиса в АПК.

В процессе общения по Вашим предложениям могут быть созданы и другие секции. По материалам конференции будут выпущены сборники фахового издания, так необходимых для готовящихся к защите кандидатских и докторских диссертаций.

С научной деятельностью член-корреспондента УААН Украины Кушнарёва Артура Сергеевича можете ознакомиться на сайте www.tsaа.org.ua, странице – «Интернет-конференции»

Просим Вас принять активное участие в работе конференции и проинформировать о ней других ученых. Для начала просим сообщить название Вашего доклада (сообщения) по электронной почте ZemMex75@yandex.ru.

Мы надеемся, что работа Интернет-конференции «Задачи земледельческой механики в XXI веке» послужат возрождению прямых контактом между учёными аграрниками как в странах СНГ и налаживанию новых научных связей между учёными-аграрниками многих стран мира

С искренним уважением от орг. комитета
Ректор Таврического государственного
агротехнологического университета,
профессор Кюрчев В.Н.



Кушнарєв Артур Сергєєвич

Доктор технических наук,
профессор,
член-корреспондент Национальной
академии аграрных наук Украины,
заслуженный работник народного
образования Украины,
почетный гражданин г. Мелитополя

Доктор технических наук, профессор, член-корреспондент Украинской академии аграрных наук, а до этого - инженер, кандидат наук, доцент, старший научный сотрудник, - один только перечень степеней и званий говорит о большой творческой работе Кушнарєва Артура Сергєєвича. С 1963 года он начал работать в Мелитополе, в **МИМСХ** (ныне ТГАТУ). Приехал двадцативосьмилетним специалистом, за плечами которого были уже аспирантура, три года работы на стройках Якутии и кандидатская диссертация.

Вся жизнь его связана с организацией научных исследований и подготовкой кадров. В 1972 г. он и его ученик - Бауков Анатолий, стали первыми лауреатами областной премии имени Андросова, утвержденной обкомом комсомола. Основными направлениями его научных работ являются: обработка почвы, защита почв от эрозии, энергосбережение в АПК. Разработки Кушнарєва А. С. использовались промышленностью при создании почвозащитной, почвообрабатывающей техники, работающей и сегодня на всей территории бывшего СССР. За эти годы он, подготовил 24 кандидата наук и 3 доктора наук. Имеет авторитет в мире как крупный ученый по фундаментальным основам земледельческой механики, как основатель ряда новых научных направлений в аграрной науке.

РАЗВИТИЕ НАУЧНОЙ ШКОЛЫ КУШНАРЕВА А. С. -привело к тому, что в 80-е годы Всесоюзные конференции по земледельческой механике из Москвы переместились в г. Мелитополь. Представители практически всех республик СССР и крупных научных центров неоднократно принимали участие в работе этих конференций. На кафедре, руководимой профессором Кушнарєвым. А С. зародились новые научные направления.

Вот некоторые примеры: уборка зерновых методом очёса (Шабанов П. А.) - это совершенно новое направление в уборке зерновых, которое сегодня

воспринято западной наукой, как новая безкомбайновая технология, обеспечивающая в десятки раз повышение производительности труда и снижение травмирования зерна, что очень важно для семенного зерна; изготовление регулярных волоконно-оптических жгутов (волоконная оптика - Ваганов В. А.).

БУДУЧИ ПРОРЕКТОРОМ ПО НАУЧНОЙ РАБОТЕ (с 1974 по 1985г.г.), Кушнарёв А.С. организовал подготовку научных кадров для института в крупнейших научных центрах СССР (в Москве, Ленинграде, Минске, Киеве и других городах). В отдельные годы готовилось до 10 кандидатов наук. Серия работ по почвозащитному земледелию и непосредственная организация внедрения технологии почвозащитного земледелия в степной зоне Украины позволили забыть жителям юга Украины крупнейшую экологическую катастрофу тех лет - пыльные (или "черные") бури. За эти работы Кушнарёв А. С. был награжден орденом "Знак Почета". Его разработки многократно представлялись на ВДНХ СССР и Украины, отмечены серебряными, бронзовыми медалями и дипломами.

КУШНАРЕВ А. С. ПРИЗНАН НАУЧНОЙ ОБЩЕСТВЕННОСТЬЮ МИРА. Так, например, на организованную им Международную конференцию Международной организации по защите почв в 1993 году в г. Мелитополь съехались представители более 30 государств, в т.ч. США, Англии, Германии, Швеции, Голландии и других стран-лидеров по охране почв. Такого события не было в г. Мелитополе как до этого, так и после этого. Во всяком случае, интерес западных ученых к достижениям в области земледельческой механики ученых школы Кушнарёва А. С. был очень большой, ибо по некоторым вопросам мы опережали Запад на несколько лет вперед.

Признание научных достижений Кушнарёва А. С. в области охраны почв отмечено юбилейной медалью Докучаева В. В., учрежденной Академией наук СССР.

ПЕДАГОГИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ПРОФЕССОРА КУШНАРЕВА А.С. отмечена знаком "Отличник Высшей школы СССР". Большая работа велась им по привлечению студентов к научно-исследовательской работе. Его авторитет в области научной работы студентов подтверждается тем, что при наличии в СССР 102 сельскохозяйственных вузов Кушнарёв А. С. пять лет возглавлял Всесоюзный конкурс на лучшую студенческую работу в области механизации, электрификации и автоматизации сельского хозяйства. Многие его ученики выросли от студентов до доцентов, докторов наук, профессоров.

Член-корреспондент УААН Кушнарёв А. С. - автор более 200 научных статей, монографий, справочников, авторских свидетельств.

КАК КРУПНЫЙ СПЕЦИАЛИСТ В ОБЛАСТИ ЗЕМЛЕДЕЛЬЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ приглашается и направляется Министерством сельского хозяйства СССР во многие регионы для организации научно-методической помощи. Уссурийск, Владивосток, Бухара, Ташкент, Новосибирск, Алма-Ата, Кустанай, Тбилиси, Минск, Ереван, Рига- вот далеко не полный перечень городов, где ему приходилось выступать перед общественностью.

Выступление оппонентом по кандидатским и докторским диссертациям, работа в экспертном Совете ВАК СССР и сотрудничество в рамках

Международного общества сельскохозяйственных инженеров позволили установить контакт с ведущими учеными-аграрниками практически во всех государствах Европы и стран СНГ. Ежегодно он получает 5-8 приглашений для выступлений с докладами на 'Международных конференциях, однако отсутствие материального обеспечения не всегда позволяет воспользоваться ими. Сегодня эти контакты как никогда могут послужить для интеграции экономики на постсоветском пространстве и развития экономических связей по аграрным вопросам.

С 1993 ПО 1996 Г.Г. РАБОТАЛ ГЕНЕРАЛЬНЫМ ДИРЕКТОРОМ Института механизации животноводства Украинской Академии аграрных наук (ИМЖ УААН, г. Запорожье). В эти годы основное внимание уделял продовольственному рынку Украины и месту аграрного сектора АПК Украины в мировой экономике. Обзорные статьи Кушнарева А. С. в газете «Выбор» и других газетах, его предложения в УААН и Верховный Совет определяли направление выхода аграрного сектора страны из тупика, однако эти идеи не были поддержаны ни Министерством сельского хозяйства, ни Верховным Советом Украины. Если бы Вы прочитали его статью "Куда текут молочные реки?", опубликованную в 1995 г. в газете "Выбор", то убедились бы, что прогноз по развитию аграрного сектора при избранной деструктивной политике правительства Украины полностью подтвердился.

Сегодня Артур Сергеевич работает в Украинском научно-исследовательском институте прогнозирования и исследования техники и технологий для сельскохозяйственного производства им. Леонида Погорелого. (Укр НДІПВТ ім. Л.Погорілого)

член-корреспондент

Национальной академии

аграрных наук Украины,

д.т.н., проф. И. А. Шевченко.

БИОСФЕРНЫЕ ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЕ АГРОТЕХНОЛОГИЙ

А.С. Кушнарев, член-кор. НААН Украины, д-р техн. наук, проф.

Аннотация - в статье рассмотрено воздействие агротехнологий на биосферу. Выделены отдельные особенности агротехнологий, грубо противоречащие природным процессам в биосфере. Предлагаются пути разрешения этих противоречий, система мониторинга состояния почв и методов экологической экспертизы техники и технологий в АПК.

Постановка проблемы. Сегодня мировая общественность уделяет пристальное внимание продовольственной безопасности.

Понятие «продовольственная безопасность» наполняется как простыми определениями, например «продовольственная безопасность означает ситуацию, в которой люди всегда могут получить необходимую для активной и здоровой жизни пищу», так и более глобальными как «важнейший продовольственной безопасный компонент национальной безопасности», «одна из составляющих внутренней экономической безопасности», «аграрно-экономический аспект», «социально-демографическая проблема», «медицинские, социальные и экологические аспекты» и т.д. Имеется более 30 определений продовольственной безопасности, но в рамках этой статьи не будем останавливаться на анализе наполнения понятия «продовольственная безопасность», отметим только, что «продовольственная безопасность» – это многогранная общепланетарная проблема, на наш взгляд не только будущего человечества но и будущего биосферы.

К сожалению большинство определений «продовольственной безопасности» выражает только «потребительские» задачи человечества, игнорируются ее биосферное значение. А это ведет к глубоким противоречиям между законами развития биосферы и стратегией развития человечества и агротехнологий.

Противоречия между развитием человечества (его природоиспользовательской деятельностью) и состоянием природы, а также ее изменениями, накопившееся к началу XX века, позволили выдающимся ученым, намного опережающим во времени восприятие природы обществом – Докучаеву и Вернадскому сформулированы контуры общего учения о биосфере, мировоззренческой концепции «Биосфера и человек». К сожалению, это учение пока не стало в основе нормы поведения человечества на планете.

Проблема по своей сложности и неподготовленности к ней социально и государственно-разобщенного человечества проявляется в биосферном масштабе реакцией природы на человеческую деятельность в виде глобального потепления, дефицита питьевой воды, неустойчивости климата и др.

Складывается тревожная ситуация. Человечество, забыв о своем биологическом начале, оторвалось от законов естественной истории, развило в себя только потребительское отношение к окружающей среде, а это все происходит на фоне роста численности людей на планете и все более растущих потребностей каждого человека.

Потребности человечества удовлетворяются за счет природы, что вызывает глобальные трудности и делают неуправляемым биосферные процессы.

Хотя и провозгласил Вернадский наступление ноосферы, но нам до нее ой как далеко.

А пока опираясь на научно-технический прогресс мы вытворяем с планетой такое, что другие биологические объекты (а их сегодня на планете около 3,5 млн видов), либо исчезают с лица земли, либо мутируют в такие формы, от которых будущему человеку нечего ждать хорошего.

Биосферное мышление имеет свою методологию, свои понятия и категории, свое наполнение оценки объективных свойств, связей и отношений между объектами живой и неживой природы, между биосферой и человеком.

Продовольственные потребности человечества (а сегодня уже и энергетические) реализуются за счет природоиспользования, за счет использования созданной природой биомассы. Существующие системы земледелия в биосферном понимании можно разделить всего на две группы: системы созидательные и системы разрушительные. Системы созидательные могут быть развиты только на основе биосферных законов (законов исторического развития природы планеты).

Системы разрушительные развиваются на идеологии вседозволенности человечеству на планете.

Идеология развития разрушительных систем земледелия – это еще и недавно господствовавшие в науке и часто проявляющееся в практике представление о природе, в том числе о земле, как механической системе, в которой человек может произвольно совершать необходимые для себя манипуляции. Все внимание при этом сосредотачивается на полезном для человека эффекте.

Судьба природы, отработанной в качестве средства добычи «полезного для человека эффекта», отступает на второй план. Для того, чтобы предотвратить планетарные катастрофы, необходимо изменить образ мышления человека, и перейти от идеологии «природоиспользования» к идеологии «природопользования». Природопользование – это пользование человеческим сообществом только той частью природных ресурсов, которую позволяют законы развития биосферы.

В настоящее время идеология ведения сельского хозяйства, находится в глубоком противоречии природным биосферным процессом. Нам требуется пересмотреть взгляды на технологии производства сельскохозяйственных культур и землепользования с точки зрения законов биосферных процессов.

Разработка биосферной и биогеоценозной концепции неизбежно выдвигает новую, необычную для нас проблему – перевод сельского хозяйства на биогеоценозную основу.

Биосфера выступает как огромная, чрезвычайно сложная экосистема, работающая в стационарном режиме на основе точной регуляции всех составляющих ее частей и процессов.

Есть основание считать, что масса живого вещества оставалась приблизительно постоянной, начиная с карбона, т.е. биосфера с тех пор поддерживает себя в определенном режиме устойчивых кругооборотов.

Однако структура биомассы и массы живого вещества кардинально постоянно претерпевает изменения. Прирост биологической продукции крайне неравномерен. Самый большой абсолютный прирост растительного мира в среднем 25 гр/м^2 в день. Но на больших площадях он не превышает $0,1 \text{ гр/м}^2$ в день.

Все живые организмы находятся во взаимосвязи с неживой природой и включаются в непрерывный кругооборот веществ и энергии (биогенная миграция атомов). Одновременно с миграцией атомов происходит и превращения и обмен энергии. Поддержание жизнедеятельности организмов и круговорот веществ в экосистемах возможны только за счет постоянного потока энергии – энергии солнца.

Общая мощность энергии солнечного излучения («света»), поступающего на землю примерно 170×10^{12} кВт. Растениями поглощаются и аккумулируется около $0,3 \times 10^{12}$ кВт (0,2 % от поступающей), которая накапливается ими в виде органического вещества.

Миграция веществ тел живой и неживой природы представляется в виде замкнутых циклов, а цикличность процессов обеспечивает непрерывное существование биосферы.

Увеличение со временем суммарной массы и энергии органического вещества на планете является залогом благоприятного развития биосферы. Однако естественные растительные образования в процессе освоения планеты человеком, тотальное воздействие на растительный мир и почвенную биоту ведет к кардинальному изменению производства растительным миром органического вещества – пищевой базы всего живого.

Площадь под с.х. культурами составляет 10 % суши (около 1,4 млрд га). Годовой прирост биомассы в сфере аграрного растениеводства составляет 16 % от всей продуктивности суши. Человек потребляет около 0,2 % продукции земли (это без учета продукта животноводства). Годовой прирост биомассы и является общей пищевой базой для всего живого на земле, включая человека.

В основе устойчивого существования биосферы служат ряд естественных процессов, из которых выделим в этой статье три:

- большой и малый круговороты веществ и энергии в биосфере;
- трофические цепи (по сути круговорот вещества и обмен энергиями в органическом мире);
- биоразнообразия – основа устойчивости в экологической нише.

Рассмотрим, как соответствуют современные агротехнологии сущности этих биосферных процессов.

Круговорот веществ в биосфере. В результате фотосинтеза ежегодно образуется 230 млрд т. органического вещества (в сухом виде), а сам процесс образования органического вещества из неорганического требует соучастия

практически если не всех, то большинстве элементов таблицы Менделеева. На кругооборот веществ в биосфере огромное влияние имеют антропогенные факторы.

1. Изменение структуры земной поверхности.
2. Изменение состава биосферы, круговороте и баланса входящего в нее вещества.
3. Изменение энергетического и теплового баланса отдельных участков регионов.
4. Изменения вносимые в биоту.

Что изменил человек в XVIII-XX веках в кругообороте веществ в природе, особенно в малом кругообороте:

1. Появилось перераспределение органического вещества в экологической нише – вместо распределенных по территории продуктов органического вещества, сосредоточенных в сточных водах и отходах животноводства.

2. Глобальный обмен продовольствием привел к перераспределению органического вещества между экологическими нишами земного шара.

3. Производство, транспортировка и внесение минеральных удобрений и средств защиты привели к вовлечению дополнительного объема веществ в малый кругооборот в экологической нише, очень часто не типичных для нее.

4. Отходы в результате промышленной и бытовой деятельности также вовлекаются в малый кругооборот веществ.

5. Изменения плотности грунтов в подпахотных горизонтах изменили интенсивность кругооборота воды и с ней и многих химических веществ с подстилающих почву слоев грунта.

6. Замена растительного симбиоза на монокультуры привело к разрыву вертикальной миграции макро и микроэлементов. С больших глубин грунта (геоботаника) в непахотный горизонт и появилась необходимость обязательного внесения макро и микроэлементов при выращивании агрокультур.

Трофические цепи. Пищевые (трофические) цепи – это ряды видов растений, животных, грибов и микроорганизмов, связанные друг с другом отношениями «пища-потребитель».

Есть и другое предназначение трофических цепей. Вернадский отметил так: «ни один вид не может существовать в созданных им отходах. Постоянное существование организмов в ограниченном пространстве возможно только в экологических системах, внутри которых отходы жизнедеятельности одних организмов в основном утилизируются другими, а остатки не оказывают решающего действия на функционирование системы».

Почва – альфа и омега для трофических цепей в биогеоценозе почва начало и конец природного круговорота веществ. При этом почва помогает веществам вступить в биологический кругооборот на одном из самых важных участков цепи в звене «почва-растение».

Внешним источником энергии для трофических цепей является энергия солнца. Причиной нарушения трофических цепей служат три факторы:

1. Замена на территории биологического разнообразия на малообразный «культурный» агроценоз со всеми вытекающими последствиями;

2. Химическая защита «культурного» агроценоза;

3. Чрезмерное отчуждение органической массы ведет к ухудшению питания природных сообществ живых организмов.

Наиболее отрицательно действуют на живые организмы антропогенные факторы. В результате многообразных видов деятельности человека происходит загрязнение биосферы и поступление в трофические цепи токсических химических веществ загрязнителей в количествах, выходящих за рамки обычного содержания естественных предельных колебаний и среднего природного в рассматриваемом времени.

Академик Шверц предлагает оценивать качество биосистемы такими показателями, как: биомасса, продуктивность, помехоустойчивость, скорость обмена и резервирование.

Биоразнообразие [1,2]. Биологическое разнообразие – основа поддержания жизнеобеспечивающих функций биосферы и существования человека. Сегодня имеется ряд серьезных неопровержимых доказательств глобального ухудшения биоразнообразия. К потере биоразнообразия относится утрата и разрушение среды обитания, изменение климата, загрязнение, чрезмерная эксплуатация и распространение агрессивных видов [3]. Прогнозы влияния изменения климата, показывают продолжающиеся изменения в распределении и численности видов и местообитаний, приводящие к ускоренному вымиранию видов [4]. Масштабы живого мира на Земле можно представить следующими цифрами.

Суммарная биомасса животных организмов на суше планеты составляет $0,55 \cdot 10^9$ т. Суммарная биомасса растительного мира $55 \cdot 10^9$ т. Суммарная биомасса микроорганизмов $74,46 \cdot 10^9$ т.

По сути планета Земля, это планета, заселенная микроорганизмами. Выделим почвенные микроорганизмы, которые непосредственно влияют как на образование и формирование почвы, так и на минерализацию (разложение) органических остатков и образование гумуса.

Невозможно объективно оценить санитарное состояние почвы, активность процессов ее самоочищения от патогенных микроорганизмов не имея представления об основных экологических, физиологических, морфологических группах почвенной микрофлоры.

Среди почвенных микроорганизмов выделим две группы. *Физиологические* группы – почвенные микроорганизмы включают виды, участвующие в круговороте азота, углерода, серы и фосфора. Однако для полномасштабной оценки санитарного состояния почвы и процессов ее самоочищения необходимо определять наличие не только видов, участвующих в круговороте веществ, но и отдельных групп микроорганизмов, способствующих быстрому разложению органических веществ: спорообразующих бактерий (прежде всего бацилл), актиномицетов, грибов (в первую очередь пенициллов и кандид).

Группы почвенных микроорганизмов, *патогенных* для человека. Как правило, в почве патогенные микроорганизмы длительно не выживают. Однако некоторые виды включаются в почвенные биоценозы, становясь ее постоянными обитателями.

Необходимо регулировать соотношения численности этих групп микроорганизмов в почве, создавая благоприятные условия для первой группы и не благоприятные для второй.

Биоразнообразие выполняет средообразующие функции. Распределение почвенной микрофлоры не одинаково. В области ризосферы (ризосферные микроорганизмы) их на 1-3 порядка выше, чем в остальной почве. Следовательно – насыщение почвы корнями растений (а это возможно только при большом разнообразии растущих на одном месте растений) повышает биологическую активность почвы.

Трофические цепи и биоразнообразие органически связаны между собой и обеспечивают круговорот веществ в природе. Эта система работала без активного участия человека. Все функции оптимальной жизнедеятельности экологической ниши выполняют создавшиеся природные соотношения и структуры биоразнообразия.

Однако, освободив территорию от аборигенного растительного биоразнообразия мы автоматически изменяем основы равновесия как в природных цепях, так и в кругообороте веществ в природе, а в целом в биосфере.

Сформируем основные позиции, по которым можно оценивать воздействие агротехнологии на биосферу.

1. Динамика изменения содержания гумуса в почве
2. Изменение плотности не столько в пахотном, сколько в подпахотном горизонте почвы
3. Изменение биологической активности почвы
4. Изменение структуры почвенной микрофлоры
5. Изменение микро- и макрохимического состава почвы – накопление тяжелых металлов в почвенных и подпочвенных горизонтах

Формирование требований к интенсивности изменения вышеуказанных показателей и их оценки должны лежать в основе экологической экспертизы агротехнологий.

В качестве примера остановимся на динамике изменения содержания гумуса. Отмечаются существенные потери гумуса в почвах Украины (с 5-8% снижено до 3,0-3,5%).

Потеря 1% гумуса почвами Украины приводит к потере 1,8 млрд. тон гумуса. Следовательно, на производстве продовольствия Украины по нашим экспертным оценкам ежегодно расходует от 80 до 180 млн. тон гумуса. Сравните с 11,2 млн. тон – вес элементов питания, ежегодно потребляемых жителями Украины. Это ли не предмет глубоких научных исследований по разработке

бездефицитных (по гумусу) технологией производства с.х. продовольствия! Снижение содержания гумуса в почве ниже 3-4% ведет к потребности дополнительных энергоемких приемов обработки почвы [5], ухудшению всех свойств почвы, снижению эффективности использования удобрений и падению продуктивности. Но это только одна сторона.

А вот другая, более угрожающая будущему человечества. Почва, как уже отмечали ранее, является управляющей системой биогеоценоза, поэтому деструктивное изменение ее состояния ведет к изменению климата на земном шаре не только в виде «потепления», но и других природных явлений. Вникните, сколько выделялось в атмосферу CO₂ из разложенных 1,8 млрд. тон гумуса. Это наш, украинский долг перед природой, это взятый нами и не возвращенный из биосферы кредит. Отмечена далеко не полная реакция биосферы на потерю гумуса почв. Разработка мониторинга выше указанных позиций при экспертизе агротехнологий, а также агроприемы, обеспечивающие соответствие природным процессам – это одно из ноосферных направлений деятельности человека.

Литература

1. М.Е. Котенко, Т.А. Зубкова Функциональное биоразнообразие микробных сообществ засоленных почв полупустынной зоны. Вести Московского университета. Серия 17. Почвоведение, 2009. №2. с.37-38
 2. TEEB – The Economics of Ecosystems and Biodiversity. Report of Business – Executive Summary, 2010
 3. Baillie, J.E.M., Hilton-Taylor, C. and Stuart, S.N. (eds). 2004. 2004 IUCN Red List of Threatened SpeciesTM. A Global Species Assessment. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. URL: <http://data.iucn.org/dbtw-wpd/commande/downpdf.aspx?id=10588&url=http://iucn.org/dbtw-wpd/edocs/RL-2004-001.pdf> (last access 23 June 2010)
 4. Secretariat of the Convention on Biological Diversity (2010) Global Biodiversity Outlook 3, URL: <http://www.cbd.int/doc/publications/gbo/gbo3-final-en.pdf> (last access 23 June 2010)
 5. Кушнарєв А.С. Кравчук В.И. Новые научные подходы к выбору способа обработки почвы. Ж. Техніка і технології АПК. №5. 2010. –с.6-10
- Arthur S. Kushnarev, Dr. of tech. sc., Prof., mem-corr. Of NAASU
Vladimir I. Kravchuk, Dr. of tech. sc., Prof., mem-corr. Of NAASU
Leonid Pogorilyy UkrNDIPVT, Doslidnitsky, Ukraine

SUMMARY

BIOSPHERIC BASIS REQUIREMENTS FORMATION TO ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF AGRICULTURAL TECHNOLOGIES

The agricultural technologies influence on biosphere is considered. Individual characteristics of agricultural technologies that are grossly contrary to natural processes in biosphere are selected. The ways

to resolve these contradictions, the soil state monitoring system and methods of techniques and technologies of Agro-Industrial Complex environmental assessment are suggested.

УДК

УБОРКА МЕТОДОМ ОЧЕСА: СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ

В. И. Кравчук, д-р техн. наук, проф., чл.-корр
А. С. Кушнарев, д-р техн. наук, проф., чл.-корр
НААНУ

Анотація - В статье рассматриваются механико-технологические свойства зерновых культур, системные принципы использования технологий их уборки, изложена методология их разработки стационарной технологии уборки зерновых культур с использованием очеса растений на корню. Обосновано применение очесанной соломы как источника обогащения почвы гумусом.

Ключові слова -

Постановка проблеми. В XX веке, особенно во второй его половине, немало сделано для развития и совершенствования зерноуборочных комбайнов. Многие новые знания и новые технологии были использованы для улучшения технологических, качественных и энергетических показателей работы зерноуборочных комбайнов. Однако сама идея комбайновой уборки зерновых оставалась неизменной. На наш взгляд, сегодня она должна быть переосмыслена. По сути, комбайн – это почти единственный действующий завод, который движется в поисках сырья. Но, следует заметить, что с увеличением массы комбайна серьезно возрастают затраты на самопередвижение, практически сводя на нет использование новых идей по энергосбережению, направленных на совершенствование технологических процессов. Другим противоречием является ограничение производительности обмолота и невозможность обрабатывать влажные зерновые.

Кроме того, требует пересмотра идеология уборки и отчуждения незерновой части урожая. То, что почва нуждается в возврате части урожая и заделывании соломы в почву, сегодня в основном приветствуется учеными-аграрниками. Варварское отчуждение соломы является одной из причин катастрофической потери гумуса в украинских черноземах.

Комбайн как основная машина для уборки зерновых исчерпывает свои потенциальные возможности. Если пользоваться S-образными кривыми оценки развития любого объекта, то сегодня мы видим, что по ключевым подсистемам (мощность двигателя, вес, объем бункера) зерноуборочный комбайн находится на стадии «старости» (рис. 1). Одновременно и

интеллектуальное обеспечение развития комбайна находится также на этой стадии (рис. 2) [1].

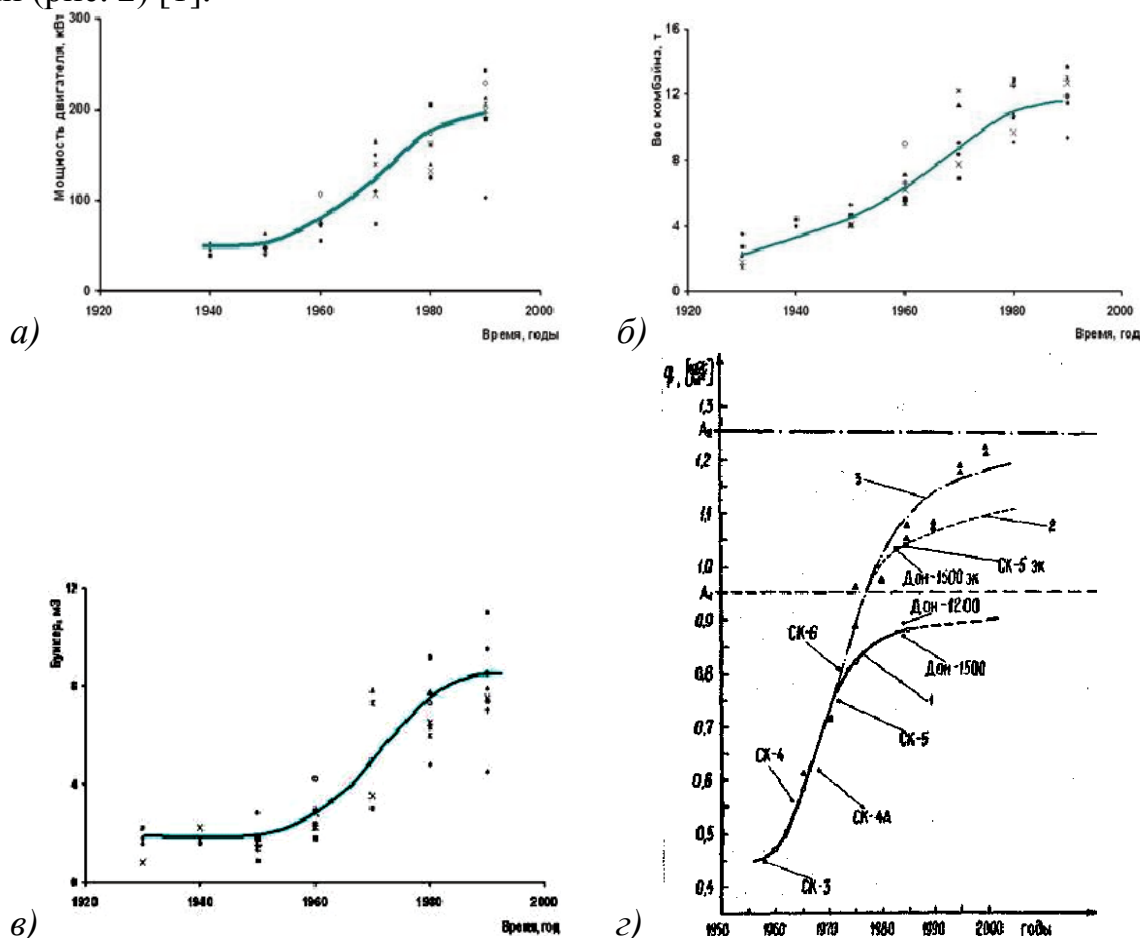


Рис. 1. Развитие основных подсистем комбайна во времени:
 а – мощность двигателя [1]; б – вес комбайна [1]; в – объем бункера [1]; г – пропускная способность клавишных соломотрясов [1]

Одним из факторов неперспективного совершенствования зерноуборочных комбайнов является растущее противоречие между усложнением конструкции, надёжностью и механизмами поддержки устойчивости технологического процесса.

Использование функционально-структурного анализа любой машины (орудия) показывает, что чем больше структурных составляющих машины, тем больше прямых и смешанных функциональных связей между структурными элементами. Число функциональных связей «n» при этом вычисляется следующим методом:

$$n = \sum_{i=2}^{i=k-1} C_k^i$$

где С – символ сочетания;

к – количество структурных единиц.

На рис. 3 показана функциональная модель комбайна по Чуксинову П.

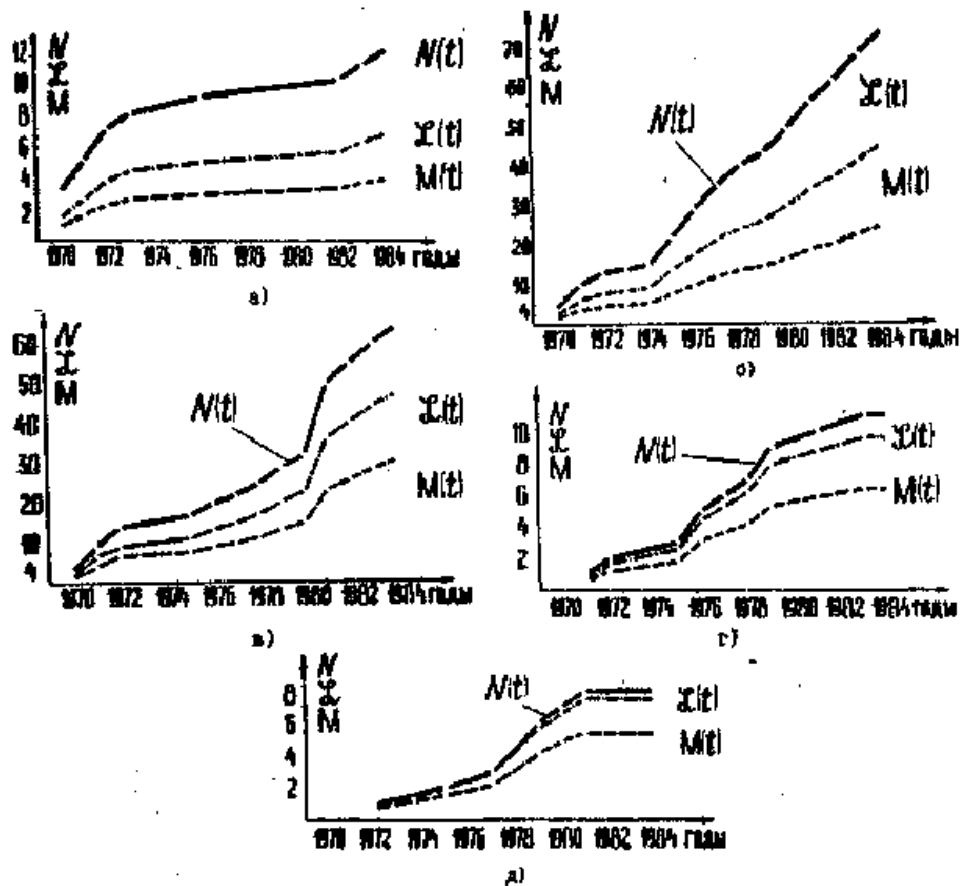


Рис. 2. Изменение потоков патентной информации исследуемых конкурирующих групп соломосепараторов: а) транспортные; б) клавишные; в) роторные; г) цилиндрические; д) цилиндрические с участками обратной кривизны; N (t) – номинальный поток патентной информации; M (t) – приведенный поток патентной информации; L (t) – приведенный поток патентного потенциала [2].

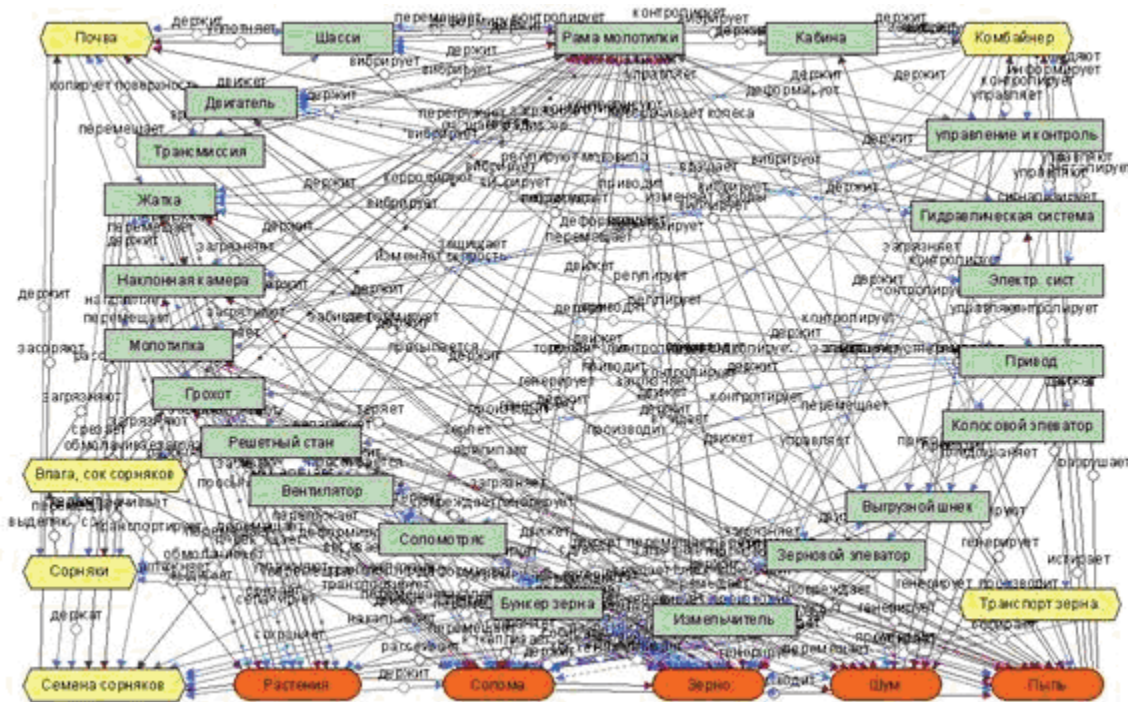


Рис.3. Функциональная модель комбайна

Ремонтопригодность, которая у всех машин закладывается ещё при проектировании, находится у комбайнов на низком уровне. Прежде всего, это связано с неудовлетворительной расчленяемостью комбайна. Чтобы добраться до отдельных его узлов, приходится разбирать большую часть комбайна. Комбайн спроектирован так, что при его ремонте сложно, а порой и невозможно применить механизированный инструмент, грузоподъёмные устройства. Число недоступных для контроля мест комбайна Дон-1500Б достигает 46. В результате коэффициент технологичности его конструкции составляет всего 0,16 (т.е. 84 % затрат труда при проверке технического состояния приходится на вспомогательные работы).

Экспертная система для технической регулировки комбайна (В.П. Дмитриев [3, 4]) приводит к следующим результатам. При управлении комбайном в полевых условиях актуальной является задача корректировки технологических регулировок, которая заключается в выявлении причин, вызвавших нарушения

технологического процесса по результатам отклонений значений показателей качества от допустимых. В результате исследований В.П. Дмитриевым произведена идентификация взаимосвязей между внешними признаками нарушения технологического процесса уборки и возможными причинами, вызвавшими эти нарушения. Выявлено 40 внешних признаков нарушения

технологического процесса комбайновой уборки зерновых культур. Установлены взаимосвязи между внешними признаками и возможными причинами появления нарушений. Дальнейшему усложнению конструкции комбайна сопутствует появление новых функциональных связей, ведущих к усложнению управления технологическим процессом.

Развитие комбайновой промышленности требует колоссальных финансовых и ресурсных вливаний. Более того, развитие комбайновой промышленности в каждой стране СНГ, в том числе на Украине, – дело неперспективное и тупиковое. Тут, как нигде, нужна интеграция экономического, ресурсного и интеллектуального потенциала стран СНГ. И это является сегодня основной политической и экономической задачей наших стран.

Сегодня очень остро встает вопрос – куда направить скудные ресурсы АПК Украины:

- на закупку зарубежных комбайнов, инвестируя западный капитал?
- на создание собственного комбайностроения?
- на создание межгосударственного комбайностроения?
- на создание альтернативной технологии уборки?

Профессор Сысолин П.В. отмечает: «На наш взгляд, путь Украины по комбайностроению не должен быть чистой копией других стран, которые достигли уже значительных успехов в современном комбайностроении. В основу разработки зерноуборочной техники в Украине необходимо положить не только современную технику для однофазной и двухфазной уборки зерновых культур, но и технологию уборки для обмолота только колосковой части урожая».

Остановимся на варианте создания альтернативной технологии уборки зерновых методом очесывания на корню. История изобретения, создания,

успешного освоения и забвения первой в мире очесывающей машины (галльской очесывающей жатки) восходит к I-IV вв. Вторично эта идея была возрождена в XIX веке в Австралии и была снова забыта. С историей очесывания колосьев на корню можно познакомиться в трудах Л. Погорелого и П. Чуксина. С 1974 года началось третье возрождение этой технологии очесывания.

Идея очесывания в третий раз возродилась на Украине в 1970-х годах в Мелитопольском институте механизации сельского хозяйства (МИМСХ) и в дальнейшем была развита до создания первых в СССР промышленных образцов очесывающих жаток (в Украинском центре испытаний техники). В 1973 году в МИМСХе группа молодых ученых, сотрудников кафедры теоретической механики ТММ (заведующий кафедрой профессор А.С. Кушнарев), возглавляемая доцентом Шабановым Петром Антоновичем, выдвинула идею уборки зерна методом очеса. При кафедре в том же году была создана отраслевая научно-исследовательская лаборатория по разработке и внедрению методов снижения потерь зерна при уборке риса на юге Украины.

Урожай риса в первые годы освоения его производства составляли 60-100 ц/га, а комбайны были не в состоянии убирать такие урожаи с нормативными потерями. Потери риса при уборке достигали 8-20 ц/га.

В дальнейшем четко прослеживаются два пути решения задачи уборки зерновых методом очеса на корню (см. схему): первый путь – адаптация очесывающей жатки к комбайну, и второй путь – переход к бескомбайновой уборке зерновых как альтернативе комбайновой.

Вначале группа энтузиастов, возглавляемых доцентом Шабановым П.А., продолжала работать над новой бескомбайновой технологией уборки, а от комбайна предполагалось использовать только ходовую систему (рис.4, позиция А). У молодых исследователей была надежда, что комбайн Дон-1500 – это последний вариант из семейства «Донозавров», а в дальнейшем мир должен перейти на бескомбайновую уборку.

Поскольку финансирование научных работ осуществлялось через Комбайнпром, то идея адаптации очесывающей жатки к производимым промышленностью комбайнам стала основной в задании научной лаборатории. Экспериментальные варианты очесывающих жаток, создаваемых в МИМСХе, проходили широкоформатные испытания (схема, позиции Б, В, Г).

Начиная с 1998 года, УкрЦИТ под руководством акад. Погорелого Л.В. в сотрудничестве с заводом «Фрегат», концерном «Лан» и КБ Бердянксельмаш разработали конструкцию очесывающей жатки «ЖОН-6» к комбайнам «Дон-1500» и «Лан 001», 4- и 6-метровые жатки – для комбайнов «СК-5 Нива», «Славутич», «Лан», «Джон Дир», «Кейс», «Класс» и др. (схема, поз. Д, Е). В то же время проходили испытания мелитопольские жатки «Мон-4» (модуль очесывающий навесной) на полях УкрЦИТ.

Одновременно на полях страны появились очесывающие жатки английской компании Shelbourne Reynolds (схема, поз. Ж и З). В России и на Украине также были разработаны новые очесывающие жатки «Славянка» (УАС-4, УАС-5, УАС-7, поз. И), Спринтер-6 (поз. К и Л), Озон-4, Ferguson Stripper Heeder и др. Перспектива использования очесывающих жаток была высоко оценена многими производителями.

Высокую эффективность уборки комбайнами Джон Дир-9500, оборудованными очесывающими жатками, установили на Южно-Украинской МИС. Достигнута в 2,2 раза большая производительность на уборке озимой пшеницы и в 1,9 раза на уборке ячменя по сравнению с комбайном, оборудованным обычной жаткой. Это достигнуто преимущественно за счет возможности работы комбайна с допустимыми потерями на большей рабочей скорости с очесывающей жаткой. С повышением производительности потери зерна за комбайном с очесывающей жаткой возрастают линейно, не выходя за пределы 1,0 %. Дробление зерна в опытах получено меньшим по сравнению с комбайнами с обычной жаткой (0,4-0,6 против 0,6-1,6 на озимой пшенице).

Улучшилось также качество очистки зерна (основное зерно у комбайна с очесывающей жаткой составляет 98 % против 95-96% – с обычной).

Потери зерна за очесывающей жаткой на уборке озимой пшеницы при условии благоприятного агрофона с увеличением рабочей скорости от 4,5 км/ч до 9,0 км/ч возрастают незначительно (с 0,23 до 0,24%). Основную массу потерь составляет свободное зерно, которое теряется от воздействия на колосок очесывающего барабана. В традиционных жатках потери в таких же условиях несколько выше. Основную их массу составляют потери зерна в колосках.

Улучшилось также качество очистки зерна (основное зерно у комбайна с очесывающей жаткой составляет 98 % против 95-96% – с обычной).

Потери зерна за очесывающей жаткой на уборке озимой пшеницы при условии благоприятного агрофона с увеличением рабочей скорости от 4,5 км/ч до 9,0 км/ч возрастают незначительно (с 0,23 до 0,24%). Основную массу потерь составляет свободное зерно, которое теряется от воздействия на колосок

очесывающего барабана. В традиционных жатках потери в таких же условиях несколько выше. Основную их массу составляют потери зерна в колосках.

Результаты исследований свидетельствуют, что очесывающие жатки удовлетворительно работают на полеглых хлебах и при увеличении полеглости свыше 30 % имеют преимущества перед обычными жатками.

Полученные результаты хозяйственной проверки очеса засвидетельствовали, что сезонный намолот комбайнов увеличивался в два раза. С использованием этого метода уборки не только сохраняется урожай, но и существенно снижаются прямые затраты на уборку зерна. Так, при оборудовании комбайна Джон Дир-9500 очесывающей жаткой прямые затраты на уборку зерновых уменьшаются на 20%, а сезонная наработка только на зерновых возрастает на 47% и составляет 1255 га.

Таким образом, оборудование зерноуборочных комбайнов очесывающими жатками позволяет существенно (в 1,9-2,2 раза) повысить производительность комбайнов, сэкономить топливо и собрать основную часть зерновых культур в агротехнические сроки с минимальными потерями зерна. Адаптация очесывающих жаток к комбайнам обеспечила повышение технико-экономических показателей работы на уборке зерновых. Однако, на наш взгляд, второй путь – создание технологии бескомбайновой уборки с использованием идеи очесывания на корню – более перспективен, поскольку несет в себе следующие преимущества:

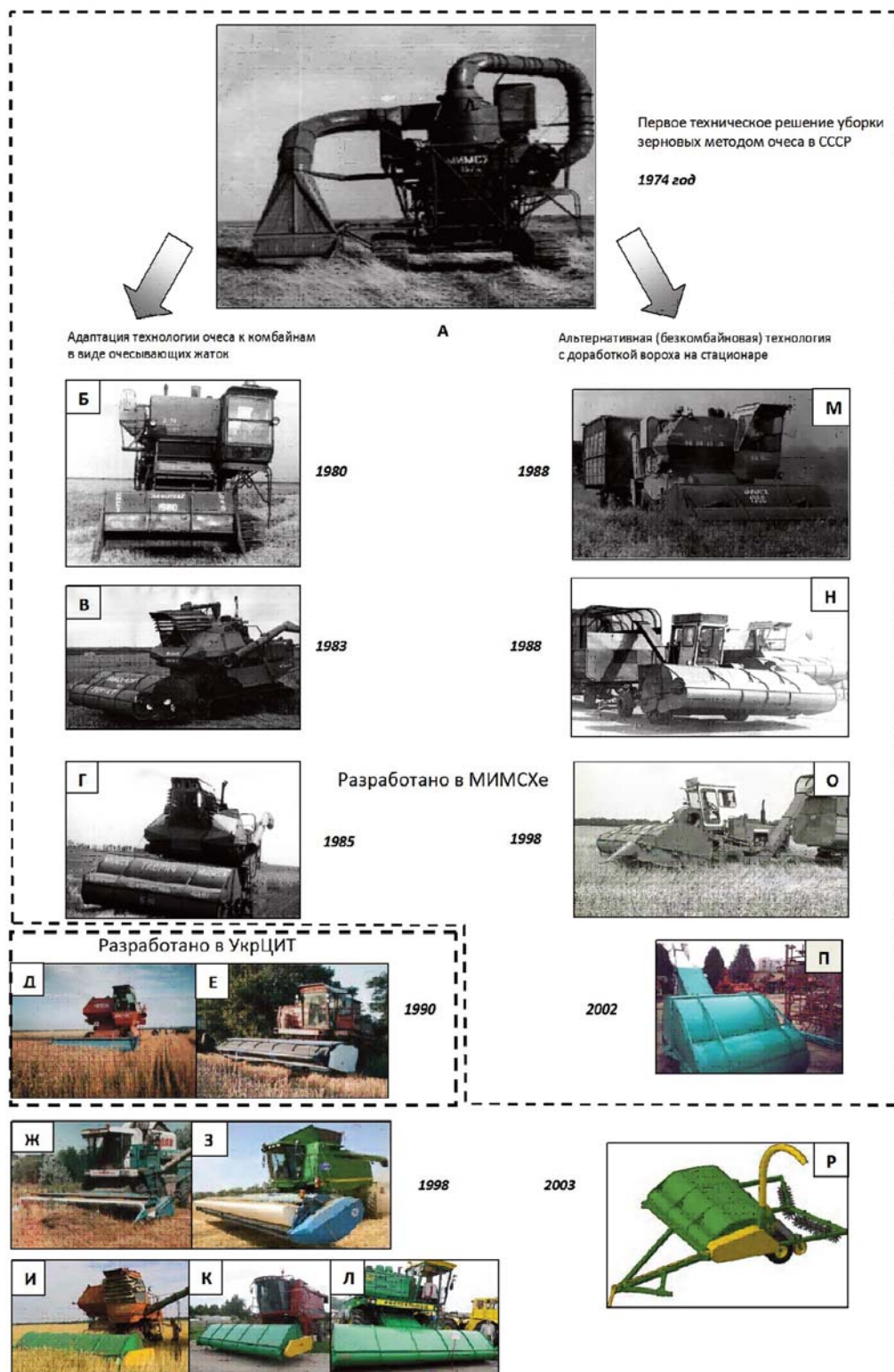


Рис. 4. Схема развития технологии уборки зерновых методом очеса на корню

Хотя развитие второго направления ведется медленно, некоторый опыт работы имеется: это создание полевой машины на базе шасси комбайна «Нива» (поз. М), а также серии очесывающих установок МПУ-5,0 на базе энергосредства КПС-5Г (поз. Н и О). Позднее в УкрЦИТ разрабатывались уборочные очесывающие модули, представляющие собой единый независимый блок,

совмещающий однороторное очесывающее устройство и тангенциально - роторный молотильно-сепарирующий аппарат. Машины изготавливались в двух вариантах: навесной комбайн АРЗ-10 «Колосок» шириной захвата 4 м для фронтальной навески на трактор ХТЗ-16131 и прицепной комбайн «Росич» шириной захвата 3 м к трактору класса 1,4-2,0. В «Колоске» очесанный и обмолоченный ворох поступает в бункер, который тянет за собой трактор, а в «Росиче» зерно перегружается в тракторный прицеп.

Леженкин А.Н. в 2002 году разработал фермерскую прицепную очесывающую машину (поз. П). В 2003 году Алтай-сельмаш разработал и начал производство уборочного агрегата ЭРА-У (поз. Р).

К сожалению, промышленность освоила производство очесывающих жаток в период распада СССР, падения экономики в странах бывшего СССР, поэтому технология очесывания зерна не получила той широкой реализации в аграрном секторе, которой она заслуживает. Несмотря на экономические трудности, работа над совершенствованием очесывающих жаток продолжается как в Украине, так и в России.

Переход АПК на альтернативную уборку зерновых требует серьезных организационных, финансовых и интеллектуальных затрат. И тут мы должны помнить, что мощная, финансово обеспеченная комбайновая промышленность передовых стран мира не может отказаться от своих монопольных позиций, а возможности антирекламы альтернативной технологии весьма высоки. Первоочередными задачами отработки и внедрения новой технологии уборки зерновых являются:

- глубокий технологический и энергетический аудиты технологий уборки зерновых;
- объединение усилий ученых, конструкторов и промышленников стран СНГ для формулирования основных этапов развития альтернативной технологии уборки зерновых;
- кропотливая работа с политическими и финансовыми лидерами, с правительствами стран СНГ с целью убеждения их в необходимости разработок национальных и международных программ развития и освоения альтернативных технологий уборки зерновых.

Мы твердо убеждены, что новая бескомбайновая технология уборки зерновых культур может и должна уже в ближайшее время оказать революционизирующее влияние на создание и развитие новых технологий уборки зерновых. Особенно остро сегодня проявляется процесс деградации украинских черноземов, связанный с потерей гумуса, а одним из источников воспроизводства гумуса является заделка соломы в поверхностный слой почвы.

Основными сдерживающими факторами на пути широкого внедрения бескомбайновой технологии уборки зерновых, основанной на принципе очёсывания, в настоящее время является консерватизм потребителей, несостоятельный по своей сути вопрос сбора соломы и, конечно же, более высокая, чем у классических жаток, чувствительность к агрофизическим характеристикам состояния хлебостоя. При этом не учитываются бесспорные преимущества по заделке соломы в почву (по меньшей мере на 40 – 60 % площадей), возможность своевременного проведения послеуборочных работ по

сохранению и накоплению влаги и борьбе с сорняками, оставление соломенных кулис для снегозадержания и борьбы с ветровой эрозией и т.п.

Литература

1. Использование метода ФСА + ТРИЗ для совершенствования очесывающего зерноуборочного устройства. – Минск, декабрь, 1999. – Режим доступа: <http://www.trizminsk.org/e/248013.htm>, <http://www.trizland.ru/trizba.php?id=223>.
2. Машини для збирання зернових та технічних культур. Посібник. / За ред. В. І. Кравчука, Ю. Ф. Мельника, – Дослідницьке, УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, – 2009. – 296с.
3. Смирнов Ю.Г. Прогнозирование развития соломосепараторов зерноуборочных комбайнов. / Дис. канд. техн. наук. Балошиха, 1988. – 139 С.
4. Тугенгольд А.К. К вопросу построения нечеткой экс-пертной системы предукционного типа для технологических ре-гулировок машин / А.К. Тугенгольд, В.П. Дмитриев, Л.В. Борисова. Ростов-на-Дону: Вестник ДГТУ. – Т. 8. – № 3 (38), 2008. – с. 278-286.

Summary

Mechanical and technological properties of cereals, systems concept of harvest technologies application are considered in the article, methods of development of cereals harvest standard technology with the stripping of standing crops is laid out. The use of stripped straw as a source of enrichment of soil with the humus is grounded.

УДК 631.31. 551.5

РЕАЛИЗАЦИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В ПОЛЕВОМ ОПЫТЕ ЦЕНТРА ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Березовский Е.В., Беленков А.И., Полин В.Д.
ФГОУ ВПО «РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева»

Анотация - в статье приводится информация о создании Центра точного земледелия- новой инфраструктуры инновационной подготовки специалистов современного уровня. Новые технологии точного земледелия обеспечивают более качественное выполнение работ, экономию материальных и денежных средств.

Постановка проблемы. В 2007 году в рамках инновационного общеобразовательного проекта в РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, впервые в стране, был создан Центр точного земледелия (ЦТЗ), в задачу которого входит разработка и освоение технологии точного земледелия в полевом опыте. Основу Центра составляет полевой опыт по изучению эффективности технологии точного земледелия.

Цель полевого опыта - дать сравнительную оценку общепринятой традиционной технологии возделывания полевых культур и технологии точного

земледелия, основанной на использовании новой современной сельскохозяйственной техники и сопутствующего спутникового программного обеспечения международной системы GPS, позволяющих экономно и адресно проводить агротехнические приемы: посев, внесение удобрений исходя из пестроты почвенного плодородия, применение химических средств защиты растений, уборку урожая с составлением электронных карт..

В рамках четырехпольного севооборота викоовсяная смесь на корм – озимая пшеница – картофель – ячмень сравнивается эффективность двух технологий и варианты отвальной и минимальной обработки почвы. Первая обработка проводилась оборотным плугом Eur Opal на 20 – 22 см под все культуры, вторая производилась культиватором Pegasus на 12-14 см под вику с овсом, картофель и ячмень. Вариант «нулевой» обработки предусматривался только под озимую пшеницу.

К числу определяющих элементов технологии точного земледелия относится посев (посадка) с.-х. культур с использованием навигационного оборудования, т.е., автопилота. Этот прибор использует систему GPS, составляющими которой являются спутниковая антенна, фиксирующая прием сигналов от спутников на данной местности и бортовые компьютеры, управляющими работой машин и агрегатов в системе точного земледелия.

Результаты трехлетнего испытания различных способов посева с.-х. культур приведены в таблице 1 В наших исследованиях посев зерновых культур (озимой пшеницы и ячменя) проводился, в одном случае, по автопилоту, в другом, по маркеру.

Таблица 1. Ширина стыковых междурядий и величина отклонений от стандартной величины междурядий сеялки

| Культура | Сеялка Д-9-30 (отвальный фон) | | | | DMS (минимальный) | |
|----------------|---|------------------------|---|------------------------|---|---------------------------|
| | По маркеру | | Автопилот | | Автопилот | |
| | Ширина стыкового междурядь я, см | Откло- нение, см | Ширина стыкового междурядь я, см | Откло- нение, см | Ширина стыкового междурядь я, см | Откл о- нние, см |
| 2008 год | | | | | | |
| Ячмень | 15,4 | +3,4 | 13,5 | +1,5 | - | - |
| 2009 год | | | | | | |
| Ячмень | 14,0 | +2,0 | 12,3 | +0,3 | 17,3 | -1,5 |
| Вика+овес | - | - | 17,5* | -1,3* | 18,1 | -0,7 |
| Оз. пшеница | 16,3 | +4,3 | 14,3 | +2,3 | 17,3 | -1,5 |
| 2010 год | | | | | | |
| Ячмень | 15,2 | +3,2 | 13,2 | +1,2 | 18,1 | -0,7 |
| Вика+овес | - | - | 13,7 | +1,7 | 19,1 | +0,3 |
| Оз. пшеница | 17,0 | +5,0 | 13,5 | +1,5 | 20,2 | +1,4 |

Примечание: ширина междурядий сеялок Д-9-30 -12 см, DMS–18,8 см.

При этом посев озимой пшеницы и ячменя на отвальном фоне осуществлялся сеялкой точного высева Д-9-30 с применением системы GPS и маркера. По варианту нулевой (без обработки) и минимальной обработок почвы проводился посев пневматической сеялкой прямого посева DMS только с использованием автопилота. Маркер при работе этой сеялки использовать не удастся в силу конструктивных и технических недоработок. Посев викоовсяной смеси проводится двумя сеялками: Д-9-30 на вспашке, DMS на нулевом варианте только с применением автопилота.

В отдельные годы исследований наблюдается неодинаковая ширина стыковых междурядий между смежными проходами сеялок при посеве зерновых культур и викоовсяной смеси по маркеру и автопилоту. Так, в 2008 году сеялкой Д-9-30 высевали ячмень по варианту отвальной обработки почвы. При этом получены отклонения величины стыковых междурядий от стандартной ширины междурядий, предусмотренных конструкцией сеялки, в случае посева ячменя по маркеру 3,4 см, с использованием автопилота – 1,5 см. Допустимое отклонение по ширине стыковых междурядий при посеве сеялками с использованием навигационных приборов $\pm 2,5$ см. Следовательно, посев ячменя по автопилоту в 2008 году удовлетворял предъявляемым требованиям. Отклонения в прямолинейности рядков при посеве по маркеру (от 3,5 до 5,4 см) привели к тому, что по традиционной технологии возделывания ячменя в посевах через каждые 100 м ширины поля образовывался клин с основанием равным 50 см, зарастаемый сорнополевой растительностью. Соответственно на больших площадях при посеве по маркеру отклонения от прямолинейности в проходах посевного агрегата будут постепенно увеличиваться, достигая на больших гонах существенных размеров, что скажется на качестве выполняемой операции и, как следствие, отразится на формировании продуктивного стеблестоя и урожайности культуры. Это может привести также к образованию перекрытий стыковых рядков или появлению незасеянных огрехов, что повлечет перерасход семян. При посеве с использованием системы GPS были сформированы ровные рядки, с небольшими отклонениями между проходами посевного агрегата.

Посев зерновых культур в 2009 году также проводился двумя способами с различиями по фонам основной обработки почвы. В посевах озимой пшеницы, высеваемой по вспашке с применением маркера и автопилота, наблюдались отклонения величины стыковых междурядий соответственно 4,3 и 2,3 см. В посевах ячменя эти параметры составили 2,0 и 0,3 см. опять же проявляется преимущество способов посева технологии точного земледелия. Вика с овсом сеялкой Д-9-30 высевалась на вспашке только по автопилоту, при этом получена величина отклонения стыковых междурядий порядка 1,3 см. Это укладывается в существующие нормы.

На нулевом фоне по озимой пшенице и минимальном для ячменя и викоовсяной смеси посев проводился пневматической сеялкой DMS. При стандартном междурядье 18,8 см в 2009 году получены отклонения на первой и второй культурах – 1,5 см, на третьей – 0,7 см. Следовательно, такие отклонения в конструкции рядков допустимы (поскольку $< 2,5$ см)

В 2010 году несоответствия в ширине стыковых междурядий для отдельных культур проявилось следующим образом. У озимой пшенице при

посеве по отвальной обработке Д-9-30 по маркеру получено расстояние между смежными проходами сеялки 5 см, у ячменя – 3,2. При посеве по автопилоту соответственно получены результаты: 1,5; 1,2 см. Для вики с овсом эта величина равнялась 1,7 см. Отклонения при посеве этих культур сеялкой DMS с использованием системы GPS составили: для озимой пшеницы 1,4; ячменя 0,7; вики с овсом – 0,3 см. При ширине междурядий сеялки 18,8 см данные несоответствия вполне допустимы.

Посадка картофеля осуществляется картофелесажалкой GL-34T по автопилоту и маркеру. Заданная траектория движения агрегата, с использованием системы GPS, повторяется на варианте точного земледелия в ходе проведения гребнеобразования по всходам картофеля. По традиционной технологии возделывания картофеля этот прием проводится визуально, т.е. движением агрегата управляет механизатор (Таблица 2).

Таблица 2. Ширина смежных междурядий и расположение растений картофеля на гребне при различных технологиях возделывания

| Год | Ширина междурядий при посадке, см | | Расположение растений на гребне, см | |
|------|-----------------------------------|--------------------|-------------------------------------|-----------|
| | маркер | автопилот | маркер | автопилот |
| 2008 | от 62- до 85 | 70 \pm 3,5 см | от центра \pm 3,5 | по центру |
| 2009 | от 65- до 81 | 70 \pm 2,8 см | от центра \pm 2,8 | по центру |
| 2010 | от 60- до 80 | 70 \pm 3,3 см | от центра \pm 3,0 | по центру |

Ширина междурядий между проходами картофелесажалки при использовании маркера и автопилота различалась по отдельным годам незначительно, составляя по традиционной технологии интервал в среднем от 60-65 до 80-85 см, т.е. отклонение от стандартного междурядья сажалки (70 см) в пределах от -10 до +15 см. Применение системы GPS при выполнении технологии точного земледелия обеспечивало отклонение в прямолинейности смежных рядков от 2,5 до 3,0 см.

Важным условием развития полноценного растения картофеля является его расположение по отношению к центральной части гребня, формируемое в ходе проведения гребнеобразования после появления всходов. Проведение гребнеобразования в посадках картофеля, которые возделывались по традиционной технологии обеспечивало формирование растений картофеля с незначительным отклонением от центра от 2,8 до 3,5 см в отдельные годы.. Это обуславливало односторонние изменения нарастания вегетативной части, неравномерность в образовании и развитии подземных клубней. При выполнении технологии точного земледелия растения картофеля располагались строго по центру рядка.

Второй компонент системы точного земледелия – внесение удобрений и средств химической защиты растений (гербицидов) в зависимости от состояния культурных растений, наличия и обилия сорняков на отдельных участках поля с

применением специальных сканеров и сенсоров, корректирующих количество вносимых удобрений и препаратов.

В наших исследованиях в 2008 году, при подготовке агрегата к внесению гербицидов в посевах ячменя датчики GreenSeeker, прикрепленные к трактору сканировали листовую поверхность и выдавали индекс NDVI, который фиксировался в памяти бортового компьютера и одновременно определялись координаты места определения показателя индекса NDVI.

Плотность зеленой массы растений в посевах различна из-за наличия сорняков, чем их больше и чем они массивнее, тем выше индекс NDVI. Данный показатель дает качественную оценку засоренности культуры.

Разница по количеству сорняков после обработки гербицидом по вариантам незначительна. При полной норме расхода жидкости на традиционной технологии и при расчетной по точной, количество сорняков оказалось практически одинаковым. Расход рабочего раствора учитывался бортовым компьютером. Экономия рабочего раствора на варианте точного земледелия составила 94 л на га.

Расчет технической эффективности применения гербицида

- Общий расход на всю площадь-534л.
- Расход на делянках традиционного земледелия $500\text{л/га} \cdot 0,95\text{га} = 295\text{л}$.
- Расход по варианту точного земледелия по $\text{NDVI} \cdot 0,95 = 239\text{л}$.
- Экономия составила=56л. В расчете на га=94л.

Определив значения индекса NDVI в посевах озимой пшеницы, рассчитывается общая и дифференцированная норма расхода гербицида, которая вводилась в бортовой компьютер для применения на делянках посеянных по маркеру и автопилоту соответственно (таблица 3).

Таблица 3. Нормы внесения гербицида Ковбой в зависимости от индекса NDVI

| Индекс NDVI | Норма внесения гербицида, мг/га | |
|-------------|---------------------------------|-------|
| | Дифференцированная | Общая |
| 0,25-0,35 | 190 | 190 |
| 0,35-0,45 | 160 | |
| 0,45-0,55 | 130 | |

Внесение гербицида на делянках, посеянных по маркеру, проводили сплошным методом с нормой 190 мг/га. При дифференцированном методе внесения на варианте точного земледелия гербицид применялся в режиме on-line, согласно показаний индекса NDVI в посевах озимой пшеницы.

Количество сорняков как после общего внесения препарата, так и при дифференцированном внесении гербицида различаются незначительно. Последняя обработка проводилась с использованием системы GPS, что

позволило проследить движение агрегата по полю, уточнить индекс NDVI и норму расхода жидкости в каждой точке.

Посевы ячменя в полевом опыте ЦТЗ в 2009 году оказались неоднородными, поэтому расчет норм расхода гербицида по индексу NDVI оказался неодинаковым. В одном случае норма расхода увеличивалась с увеличением индекса, во втором она сокращалась при повышенных значениях индекса NDVI (Таблица 4).

Таблица 4. Норма внесения гербицида Ковбой в зависимости от величины индекса NDVI

| Индекс NDVI | Норма внесения гербицида, л/га | | |
|-------------|--------------------------------|------------------|-------------|
| | Увеличение нормы | Уменьшение нормы | Общая норма |
| Меньше 0,30 | 290 | 410 | 410 |
| 0,30-0,35 | 314 | 386 | |
| 0,35-0,40 | 338 | 362 | |
| 0,40-0,45 | 362 | 338 | |
| 0,45-0,50 | 386 | 314 | |
| 0,50-0,55 | 410 | 290 | |

По данным учета засоренности посевов ячменя на отвальном фоне при обработке общей нормой количество сорняков сократилось почти в 5 раз, при уменьшении нормы гербицида сорняков стало также в 5 раз меньше, при увеличении нормы количество сорняков сократилось в 3 раза. Надземная масса сорных растений практически одинакова. На прямом посеве при общей норме расхода гербицида количество сорняков сократилось в 2,7 раза, надземная масса в 2 раза, при уменьшении нормы расхода количество сорняков уменьшилось в 2,5 раза, а при увеличении нормы в 4,2 раза..

Третьим слагаемым элементом точного земледелия является - оценка содержания элементов питания почвы каждого конкретного участка поля. Один из способов такой оценки – отбор огромного количества почвенных проб, после чего каждый образец анализируется, определяется содержание в нём азота, фосфора, калия, микроэлементов, в результате чего формируется карта плодородия. Эта карта загружается в специальную программу SMS Advanced, формирующую задания для бортового компьютера машины для внесения удобрений. В результате на каждый квадратный метр поля будет внесено именно то количество тех удобрений и микроэлементов, которые необходимы именно этому участку. Есть другой способ получения того же результата, который нам представляется предпочтительнее. Можно идти от обратного и анализировать не состояние почвы, а во время уборки оценивать урожайность не в среднем, а на каждом конкретном участке. Исходя из этих данных, составляется карта урожайности того или иного поля (рис. 1).

По этой карте, зная, какие участки поля дали больший урожай, а какие меньший, можно планировать программу внесения удобрений, возвращая почве то, что мы у неё забрали. На основании перечисленных выше данных можно

сформировать карту рентабельности участков поля. Известны случаи, когда выясняется, что одна половина поля рентабельна, а другая – убыточна.

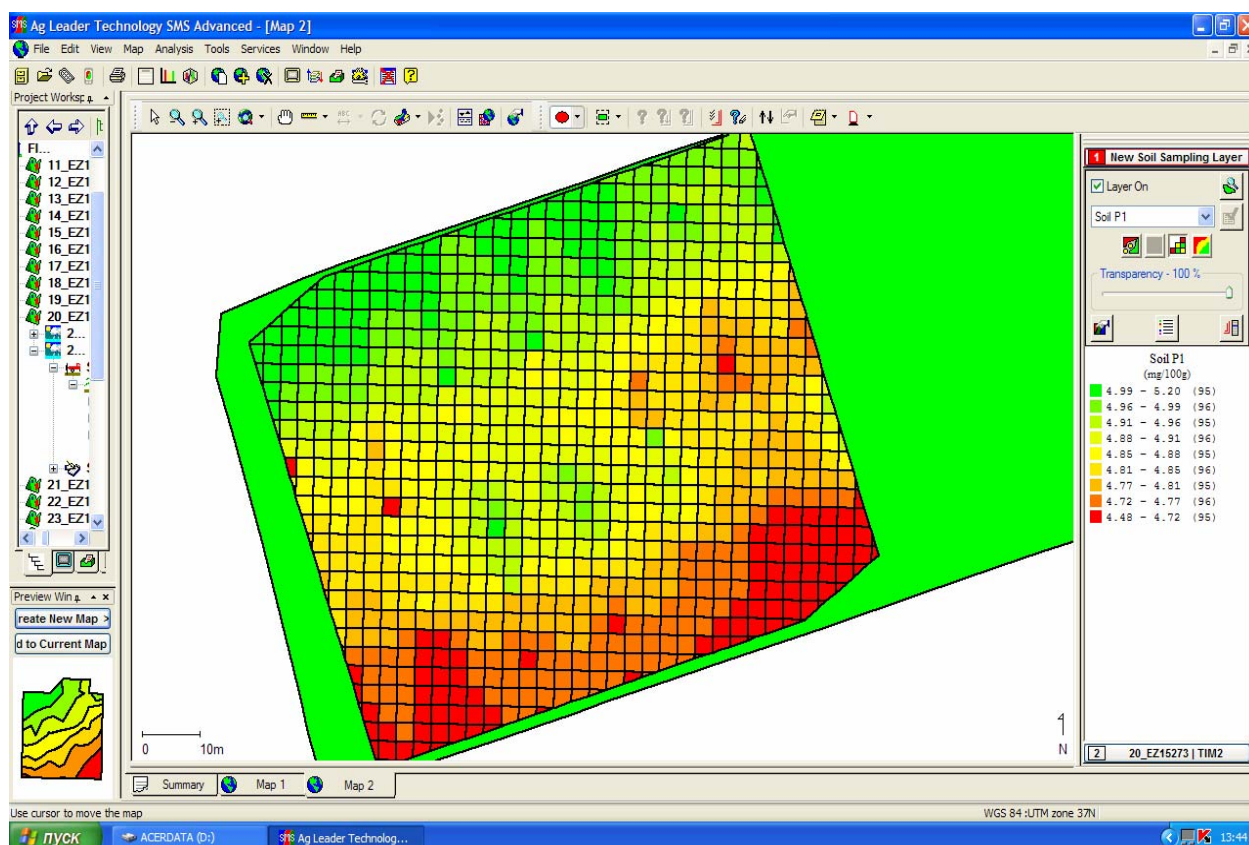


Рис. 1. Карта урожайности озимой пшеницы

Обобщающим показателем результативности технологии и приема агротехники служит урожайность опытных культур (Таблица 5)

Сравнение урожайности картофеля и ячменя по разным технологиям в 2008 году выявило положительное влияние точной в случае первой культуры и ячменя – второй. Строгой подчиненности влияния технологии возделывания на урожайность культур в 2009 и 2010 гг. не наблюдалось.

Таблица 5. Урожайность с.-х. культур по вариантам полевого опыта ЦТЗ, т/га

| Культура | Технология | Обработка почвы | Урожайность по годам, т/га | | | |
|-------------|--------------|-----------------|----------------------------|------|------|---------|
| | | | 2008 | 2009 | 2010 | средняя |
| Вика + овес | точная | отвальная | 28,1 | 21,3 | 20,5 | 23,3 |
| | | минимальная | - | 25,0 | 19,4 | 22,2 |
| Оз. пшеница | точная | отвальная | - | 4,23 | 4,47 | 4,35 |
| | | нулевая | - | 5,29 | 3,99 | 4,64 |
| | традиционная | отвальная | - | 4,28 | 4,66 | 4,47 |
| | | нулевая | - | 5,38 | 3,86 | 4,62 |
| Картофель | точная | отвальная | 41,9 | 41,5 | 21,7 | 34,4 |
| | | минимальная | - | 37,5 | 20,7 | 29,1 |

| | | | | | | |
|--------|------------------|-----------------|------|------|------|------|
| | | ая | | | | |
| | традиционна я | отвальная | 40,5 | 38,9 | 24,2 | 34,5 |
| | | минимальн ая | - | 36,3 | 19,2 | 27,8 |
| Ячмень | точная | отвальная | 4,64 | 5,40 | 3,35 | 4,46 |
| | | минимальн ая | - | 5,78 | 2,99 | 4,39 |
| | традиционна я | отвальная | 4,82 | 5,09 | 3,47 | 4,46 |
| | | минимальн ая | - | 5,39 | 3,06 | 4,23 |

Картофель формировал наибольшую продуктивность клубней по точному земледелию. Зерновые культуры по-разному отзывались на способ выращивания. Относительно основной обработки почвы, выявляется положительная роль минимальной обработки на урожайность смеси, озимой пшеницы и ячменя в 2009 году и преимущество вспашки для картофеля. В 2010 году выигрывали варианты отвальной обработки, независимо от технологии возделывания по всем культурам. Преимущество отвальной обработки над минимальной и нулевой доказано по обоим технологиям.

Средняя продуктивность культур за двух - трехлетний период исследований позволяет заключить, что технология возделывания в наибольшей степени повлияла на картофель, на котором точная технология, в среднем за 3 года, опережает традиционную на 1,5-2,0 т/га. по зерновым четкого преимущества технологии возделывания не просматривается. Реакция на прием обработки почвы по культурам позволяет заключит: в годы исследований, наибольшая средняя урожайность викоовсяной смеси, картофеля и ячменя зафиксирована по вспашке, озимой пшеницы по нулевому варианту.

Summary

The article is aboutt information, which is connected with creation of the exact farming centre – in is a nev infrastructure of innovation diegree modern training Technology of exact positioning guaranties good of work economy material and financial meams.

УДК

ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИДЕРАТОВ В ЭКОЛОГИЗАЦИИ И БИОЛОГИЗАЦИИ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Матюк Н.С., Солдатова С.С., Кащеева Д.М.
РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева

Аннотация - Использование сидератов увеличивает запасы органического вещества почвы, активизирует почвенную биоту и микроорганизмы, положительно влияет на агрохимические и агрофизические свойства почвы, что повышает ее плодородие. Зеленое удобрение стабилизирует и улучшает фитосанитарное состояние посевов и

почвы и увеличивает урожайность полевых культур. Рациональное применение нетрадиционных форм органических удобрений (сидерат, солома) обеспечивает ведение экологически сбалансированного и безопасного земледелия.

Ключевые слова: зеленое удобрение, промежуточные культуры, биологизация, органическое вещество, микроорганизмы, почвенная биота, фитосанитарное состояние.

Постановка проблемы. В современных условиях задачи сохранения плодородия почвы, а вместе с ним и увеличения продуктивности и устойчивости агрофитоценозов, должны решаться комплексно, в рамках адаптивно-ландшафтных систем земледелия, которые, наряду с воспроизводством плодородия и защитой почв от эрозии и дефляции, обеспечивают сохранение агроландшафтов и экологическую чистоту среды обитания человека.

В биологическом земледелии почва рассматривается как живой организм с очень высокой чувствительностью на химико-техногенное вмешательство. Все агротехнические меры биологического земледелия сконцентрированы на почве, активном уходе за ней, сохранении и улучшении плодородия. Почва обладает высоким уровнем автономности протекающих в ней процессов накопления элементов питания и их поступления в почвенный раствор, образуя ресурс, используемый растениями в критические периоды роста и развития. Если в традиционном земледелии при разработке систем применения удобрений основной упор делают на растение, то в биологическом - на почву с учетом ее экологического состояния, обеспечивающего нормальное протекание биологических процессов.

Использование сидератов и нетоварных частей урожая зерновых культур на удобрение позволяет компенсировать часть традиционных органических удобрений в сочетании с интенсивной и ассоциативной азотфиксацией способствует уменьшению диапазона разомкнутости круговорота веществ и энергии в агроценозах.

При этом используется средовостанавливающая способность культур за счет возврата органических веществ в почву с корневыми и пожнивными остатками, а возврат во многом осуществляется путем имитации взаимодействия между почвенной средой и агрофитоценозом, сходным с идентичными процессами в естественных условиях.

В биологизированных вариантах увеличивается поступление в почву фитомассы, имитирующей опад в естественных фитоценозах, а чередование различных по биологии культур - многокомпонентный характер воздействия на почву естественных растительных сообществ, характеризующихся большим количеством видов.

Биологизация также подразумевает рассмотрение различных вопросов земледелия через призму экологического подхода. Применение экологической системы земледелия связано с охраной окружающей среды, а основой этого является жесткое ограничение применения пестицидов с учетом продолжительности периода интоксикации и гибкое отношение к вопросу о

минеральных удобрений с учетом оценки экологической чистоты окружающего человека пространства.

Расширение использования таких специфических и экологически чистых органических удобрений, как солома и зеленое удобрение является одним из важнейших элементов биологического земледелия, определяющих плодородие почвы и экологическую ситуацию в агроэкосистемах.

В РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева проведены большие исследования в длительных полевых стационарных опытах ТСХА по оценке экологических функций сидерата горчицы белой, выращиваемой в промежуточных посевах. Помимо горчицы белой для промежуточных посевов рекомендуются и другие крестоцветные культуры (редька масличная, яровой и озимый рапс), а также поукосные посевы кукурузы на зеленый корм после уборки однолетних трав и подсевные промежуточные культуры (многолетние травы, многолетний люпин и озимую вику).

Зеленое удобрение, являясь дешевым и повсеместно доступным органическим удобрением, служит неисчерпаемым и постоянно возобновляемым источником азота и органического вещества. Во многих странах мира, особенно в Западной Европе, использование зеленого удобрения за счет промежуточных посевов различных культур является неотъемлемой частью современных биологизированных систем земледелия. Ценность промежуточных сидеральных культур заключается в том, что они не занимают отдельно отведенного для них поля, как, например, сидеральный пар, а используют для формирования урожая зеленой массы агроклиматические ресурсы теплого времени года, остающегося неиспользованным основными культурами севооборота.

Сидеральные культуры имеют большое значение как элементы экологически чистого земледелия. Переводя в органическую форму минеральные элементы питания растений, они предохраняют их от вымывания и загрязнения окружающей среды. С другой стороны, поступая в почвенный раствор в процессе медленного и непрерывного разложения органической массы в течение всего летнего периода, питательные элементы не накапливаются в почве в избыточных количествах.

Промежуточные культуры служат не только дополнительным источником кормов, но и выполняют в севооборотах важную фитосанитарную и экологическую функцию. Это происходит, прежде всего, потому что, занимая поля севооборота в период времени, свободный от возделывания основных культур, они своим зеленым покровом защищают почву от эрозии. Отличаясь от основных культур севооборота и по биологии, и по технологии возделывания, промежуточные культуры усиливают эффект плодосмена, улучшая фитосанитарный потенциал поля, особенно, если они используются в качестве зеленого удобрения.

Органическое вещество зеленого удобрения можно рассматривать как создаваемый в почве запасный резерв всех необходимых растениям питательных веществ, которые переходят в усвояемую форму не сразу, а постепенно, в течение всего вегетационного периода, обеспечивая непрерывный рост и развитие растений. Особенно ценным является зеленое удобрение из бобовых культур, способных обогащать почву азотом за счет фиксации азота атмосферы

клубеньковыми бактериями. В этом смысле посев бобовых зеленоудобрительных растений можно назвать живой фабрикой азотных удобрений, которая без сложных машин, а лишь при помощи работы азотофиксирующих микроорганизмов связывает огромное количество свободного азота воздуха в полезную форму органических соединений почвы. Так, при заделке десяти тонн зеленой массы люпина почва обогащается азотом на 54-56 кг/га, клевера - на 62, гороха и кормовых бобов - на 52, лядвенца рогатого – на 59 кг/га. Важно и то, что удобрение почвы азотом, накопленным бобовыми растениями не требует дополнительных затрат.

Из культур, возделываемых на зеленое удобрение, особый интерес представляют растения семейства капустных как наиболее адаптированные для возделывания в различных почвенно-климатических условиях нашей страны и за рубежом. Они в наибольшей мере отвечают основным требованиям, предъявляемым к промежуточным культурам благодаря холодостойкости, короткому вегетационному периоду, способности интенсивно наращивать зеленую массу, богатую протеином, сравнительно низким затратам на их возделывание, высокому коэффициенту размножения семян и адаптивностью.

Из всех крестоцветных культур наибольшее распространение для использования в промежуточных посевах получили горчица белая, озимый и яровой рапс, озимая и яровая сурепица, редька масличная и другие. Многообразие сидеральных культур позволило расширить их посевы даже в регионах, характеризующихся недостатком тепла и осадков.

Использование промежуточных сидеральных культур оказывает многоплановое и комплексное влияние на изменение агрофизических, агрохимических и биологических показателей различных типов почв.

Корневая система сидератов, используемых в качестве промежуточных культур закрепляет почву, пронизывая ее глубокие слои, что обеспечивает так называемый «биологический» вертикальный дренаж. Использование остатков сидерата в качестве мульчи на поверхности обогащает почву органическим веществом, оструктурирует её, способствует снижению плотности, что создает оптимальные условия аэрации как пахотного, так и подпахотного слоев.

На суглинистых дерново-подзолистых почвах Северо-Западного региона при запашке зеленой массы сидератов возросло количество водопрочных агрегатов на 36-46%, в относительном выражении, в основном за счет наиболее агрономически ценных частиц размером от 1 до 3 мм, обеспечивающих устойчивость поверхности почвы против сноса и смыва в период весеннего снеготаяния.

На таких же почвах в условиях Центрального региона России возделывание в зерновом севообороте горчицы на сидерат обеспечило увеличение количества водопрочных агрегатов под ячменём в среднем на 6,6 %.

Наряду с положительным влиянием на параметры агрофизических свойств различных типов почв растительность озимых, подсеваемых и других промежуточных культур также является важной преградой на пути миграции подвижных элементов питания в более глубокие слои почвы. Особенно важную роль они играют на легкосуглинистых, супесчаных и песчаных почвах.

Однако, основная и важнейшая роль зеленых удобрений — восстановление нормального цикла круговорота органического вещества и азота в почве. Результаты исследований РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева с использованием меченых изотопов показали, что при запашке горчицы белой в виде пожнивного сидерата существенно улучшается азотное питание растений ячменя и озимых зерновых культур, в основном за счет повышения коэффициента использования азота минеральных удобрений на 40—60%. Повышение ресурса дополнительных форм азота не только создает более благоприятные условия для роста и развития сельскохозяйственных растений, но и уменьшает загрязнение почвы и растениеводческой продукции нитратами и другими вредными веществами, поступающими с минеральными удобрениями.

Исследования, проведенные на различных почвах, показали, что использование культур на зеленое удобрение оказывает положительное влияние и на другие компоненты пищевого режима. Экологические функции зеленого удобрения проявляются в мобилизации элементов питания, таких как фосфор, калий, кальций, магний, марганец и др. из более глубоких генетических горизонтов почвы, а также труднодоступных соединений и вовлечении их в кругооборот веществ.

Запашка сидерата способствовала активизации процессов гидролиза и окисления органических азотсодержащих веществ, аммонификации и нитрификации. Повышение содержания легкогидролизуемых форм азота, аммонийных и нитратных солей в обрабатываемом слое почвы наблюдалось в течение пяти лет, что адекватно влиянию навоза, внесенного в норму 40-50 т/га. Одновременно с улучшением азотного режима возростала обеспеченность почвы подвижными фосфатами. Бурное развитие почвенной микрофлоры под влиянием запашки свежего легкоминерализующегося органического вещества сопровождалось биологическим поглощением доступных культурным растениям соединений фосфора и калия.

Известно, что плодородие почвы определяется количественным и качественным состоянием органического вещества, с которым прямо связаны важнейшие агрономические свойства почвы и факторы жизнеобеспечения растений. Интенсивность использования пашни требует определенного уровня воспроизводства органического вещества в почве. Ведущим фактором увеличения содержания гумуса в почве являются органические удобрения и использование соломы и сидератов.

Наши исследования подтвердили данные ряда отечественных и зарубежных ученых о существенном увеличении содержания гумуса в различных типах почв при использовании сидератов. В опытах на рыхлых песках после двухкратного использования люпина на зеленое удобрение в занятом пару содержание гумуса по сравнению с контролем (без органических удобрений) повысилось с 0,49 до 0,62%. Но на малоплодородных почвах возделывание промежуточных культур на зеленое удобрение без дополнительного поступления других органических материалов не повышает содержания гумуса вследствие быстрой минерализации сидеральной массы. Рост содержания гумуса на таких почвах возможен лишь при одновременной заделке сидератов с соломой, которая выступает в данном сочетании как ингибитор

процессов нитрификации. Низкое содержание азота в соломе сдерживает ее разложение почвенными микроорганизмами. Ту же роль выполняют и пожнивные остатки покровной культуры, которые способствуют замедлению разложения зеленой массы подсевного сидерата и тем самым создают условия для накопления гумуса в почве. Для достижения бездефицитного баланса гумуса в почве в зависимости от возделываемых в севообороте культур необходимо запахивать следующее количество зеленого удобрения: при возделывании зерновых культур - 38 т/га зеленой массы, а при возделывании пропашных 75-100 т/га.

В разложении свежего органического вещества в простые доступные растениям формы важная роль принадлежит почвенной биоте, которая проявляет свои функции через биологические показатели плодородия почвы.

Биологическая активность почвы, как один из важных показателей ее плодородия напрямую связана с процессами синтеза и распада органического вещества и от ее интенсивности в большой степени зависит динамика доступных питательных веществ в почве, а значит рост, развитие и продуктивность основных культур севооборота. Она как совокупный показатель разнообразной деятельности микроорганизмов в большинстве случаев находится в прямой корреляции с плодородием почвы и урожайностью растений.

Один из основных тезисов биологического земледелия гласит: «Отмирающее должно стать основой новой жизни...». Звеном, передающим элементы питания из остатков отмирающей органики растительного и животного происхождения, а также из внесенных разнообразных форм (навоз, солома, сидерат, сапропель, торф) органических удобрений в растения служат почвенные микроорганизмы, которые первыми реагируют на любые виды деградации почв. С одной стороны они стремятся, благодаря своей активности, поддержать равновесие, а с другой – они первыми страдают от экологических нарушений.

Почвенные микроорганизмы разрушают отмершие остатки растений, поступающих в почву, способствуют перемещению веществ по профилю и перемешиванию органической и минеральной части почвы, а другие микроорганизмы способны оказывать губительное действие на представителей фитопатогенной микрофлоры. Также почвенные микроорганизмы выделяют в процессе жизнедеятельности различные физиологически активные соединения, способствуют переводу одних элементов в подвижную форму и, наоборот, закреплению других в недоступных для растений формах.

Зеленое удобрение повышает активность аммонифицирующих и нитрифицирующих групп почвенных микроорганизмов, в результате чего в почве увеличивается содержание доступных форм нитратного и аммонийного азота. Зеленая масса сидерата сама богата азотом и имеет узкое соотношение углерода к азоту (10:1 – 12:1), что также способствует мобилизации питательных веществ в обрабатываемых слоях почв.

При рациональном сочетании и эффективном использовании различных видов органических удобрений (навоз, солома, сидерат) можно направленно воздействовать на микробиологические процессы, создавая оптимальные условия для жизнедеятельности агрономически ценных групп микроорганизмов,

какими являются нитрификаторы, аммонификаторы, азотофиксирующие, целлюлозоразрушающие и другие полезные микроорганизмы, участвующие в процессах синтеза и разрушения гумусовых веществ. Аэробные целлюлозоразлагающие бактерии в процессе жизнедеятельности выделяют слизь, которая участвует в оструктуривании почвы и гумусообразовании. Высвобождающийся при разложении растительных остатков углерод клетчатки в виде различных соединений участвует в создании плодородия почвы, а выделяющаяся углекислота служит источником круговорота углерода в природе и участвует в фотосинтезе органического вещества растениями.

В почвообразовательном процессе и восстановлении плодородия почвы также активно участвует макрофауна, важнейшими представителями которой являются дождевые черви. Почвенные беспозвоночные ускоряют микробиологический распад, размельчая растительные остатки и увеличивая их суммарную поверхность, доступную воздействию микрофлоры, расселению которой они способствуют. Сапрофаги перемешивают органическую часть почвы с минеральной, пропуская эту смесь через свои кишечники, и участвуют, таким образом, в создании зернистой структуры почвы. При активном передвижении беспозвоночных улучшаются дренирование и аэрация глубоких горизонтов почвы, интенсифицируются в них микробиологические процессы.

При интенсивном хозяйственном использовании пахотных земель и изменении структуры посевных площадей с учетом рыночного спроса на сельскохозяйственную продукцию почвенная биота, как совокупность растительных и животных организмов, приобретает еще большее значение. Ее активность тесно связана с количеством и качеством органического вещества, поступающего в почву и процессами его превращения. Особой динамичностью эти процессы отличаются в дерново-подзолистых почвах при промывном типе водного режима, создающем часто предпосылки для отрицательного баланса гумуса.

Органические и сидеральные удобрения положительно влияют на нитрификационную и ферментативную активность почвы, повышая активность уреазы на 52 %, протеазы - на 45%, инвертазы - на 10%, каталазы - на 17%.

Эффект использования зеленого удобрения проявляется также в снижении уровня засоренности посевов сорняками и поражения растений вредителями и болезнями, ограничивающих рост урожайности сельскохозяйственных культур.

Сидеральные промежуточные культуры играют существенную роль в севообороте в подавлении сорняков. Этому способствует как своевременная обработка почвы, так и улучшение условий для прорастания семян сорняков под пологом сидератов с последующим их подавлением и уничтожением при запашке зеленого удобрения.

Так, на суглинистых почвах Подмосковья пожнивными сидератами за счет усиления конкурентных взаимоотношений культурных растений и вредных организмов снижали засоренность основных культур севооборота на 30-61 %, пораженность зерновых корневыми гнилями и гельминтоспориозом - на 25-30 %.

Исследования каф. земледелия МСХА показали, что водная вытяжка из зеленой массы горчицы белой, применяемой как поживный сидерат, оказывает

ингибирующее воздействие на проростки семян наиболее распространенных сорных растений.

Известны также исследования, которые показали, что бессменные посевы и насыщение севооборота зерновыми до 83% сопровождаются высокой степенью поражения растений ячменя и озимой пшеницы болезнями корневых гнилей, вызываемых грибами *Helminthosporium*, *Fusarium*. Запашка зеленого удобрения снижала пораженность растений в 1,5-2 раза, предотвращая недобор урожая от болезней растений. Это связано с тем, что зеленая масса сидератов вызывает бурное развитие сапрофитной микрофлоры, которая ускоряет минерализацию растительных остатков - основного субстрата, на котором живут почвенные фитопатогены, возбудители болезней корневой гнили, снежной плесени и других. Кроме того, при запашке зеленой массы в почве в несколько раз возрастает число актиномицетов, которые являются антагонистами почвенных грибов – возбудителей.

Представляют интерес результаты исследований, проведенных в Украине по влиянию зеленого удобрения (редьки масличной и горчицы) на изменение популяции свекловичной нематоды. Корневые выделения этих культур стимулировали выход личинок из цист в более ранний весенний период и при недостаточной сумме активных температур они не могли достичь половозрелой стадии и дать новое поколение, за счет чего плотность их популяции снижалась на 30-60%.

Улучшение условий роста и развития растений при запашке зеленого удобрения повышало урожайность всех сельскохозяйственных культур. По обобщенным нами данным, прибавки урожая от сидерации составляют: зерновых культур – 0,4-1,5 т/га, картофеля – 5,0-9,0, сахарной свеклы – 5,0-14,0, зерна кукурузы – 0,9-1,3, гречихи – 0,6-1,0, риса 0,6-1,2 т/га.

Пожнивное зеленое удобрение (горчица белая) на дерново-подзолистых среднесуглинистых почвах Центрального региона как в чистом виде, так и в сочетании с соломой, увеличивало продуктивность полевых севооборотов на 17-20%. При запашке зеленой массы поживной горчицы (15-20 т/га) урожайность картофеля повышалась на 49,8%, ячменя – на 50,5%, овса – на 51,2%, зеленой массы вико-овсяной смеси – на 34%.

Разработка экологически безопасных ресурсосберегающих технологий возделывания полевых культур и повышение плодородия почвы неразрывно связано с биологизацией земледелия и энергосбережением, важным звеном которого является использование зеленого удобрения в сочетании с соломой.

Это потребует от сельскохозяйственных производителей научно-обоснованного изменения структуры посевных площадей с учетом ввода в схемы севооборота промежуточных культур на зеленое удобрение и использования в качестве удобрения соломы зерновых.

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА МАШИННОЙ ДЕГРАДАЦИИ ПОЧВ И ПРОХОДИМОСТИ МАШИН ПО ПОЛЮ

Э. Ю. Нугис

Эстонский научно-исследовательский институт земледелия

75501 Саку, Теадусе 13, Эстония

Edvin Nugis, Dr.Sc.(Eng.)

Estonian Research Institute of Agriculture, Saku, Estonia (www.eria.ee)

Проблемы, которые рассматриваются в данной статье:

- техническая проходимость;
- агротехническая проходимость;
- комплексная оценка машинной деградации почв.

Результаты настоящих исследований были опубликованы в материалах международных конференций: Плоцк, Польша (1997) [1], Advances in Geocology, Германия (2000) [2], Gödöllő, Венгрия (2000) [3], Busteni -Bucharest, Румыния (2001) [4], Санкт-Петербург(2000;2005) [5;6], Варшава (2005) [7], а также в монографии: How to prevent negative influence of machine technologies on soil? 165 стр., написанной на эстонском языке (2004) [8].

Главной целью наших исследований являлась:

- установка условий почвощадающего прохождения ходовых систем (ХС) МБТС по полю и соответственно и по почве;
- определение соответствующего уровня динамического воздействия на почву.

Данная работа выполнялась при поддержке научных грантов № 4801; № 6888 Эстонского фонда науки (ESF).

Постановка проблемы. Проблемам проходимости мобильных технических средств (МБТС) по полю посвящены много работ известных авторов и эта проблема по-видимому никогда не иссякнет и не будет по своей актуальности снята с главных тем исследований. Этой проблемой занимались и будут также и впредь заниматься крупные научные центры во всем мире. Недаром в Евросоюзе в течении трех лет (1999 – 2001) к выполнению проекта INCO-COPERNICUS Project of Concerted Action on Subsoil Compaction кроме ученых из Западной Европы были привлечены также и ученые из Центральной и Восточной Европы. Автор данной статьи был утвержден руководителем рабочей группой WG 3 по полевым экспериментам.

Судя по источникам проведенных комплексных исследований, обобщенными и наиболее важными показателями для оценки машин, работающих на полях, являются:

- 1) количество проходов машин по полю;
- удельное количество движений машин по полю(traffic intensity), $Mg\ km\ ha^{-1}$

- 2) осевая нагрузка (axle load pressure), Mg;
внутреннее давление в шинах (inflation pressure), kPa.

Для оценки же последствий проходов машин рассматривалось состояние почвы, основными диагностическими показателями которой являлись:

- 1) плотность почвы (bulk density), Mg m⁻³;
- 2) глубина распространения в почвенные слои уплотняющего воздействия.

Для инженерной науки и машино-строителей определяющими показателями эффективности машины с точки зрения данной проблемы является проходимость.

С точки же зрения агрономической науки определяющей является предотвращение переуплотнения почвы ходовыми системами машинных агрегатов или иными словами предотвращения машинной деградации почвы. Таким образом, с точки зрения проходимости машин по полю имеем два различных уровня проходимостей – техническая и агротехническая (проф. А.М. Кононов, 1973) [9], которые по своей сути расположены на различных иерархических уровнях. Нам представляется, что агротехническая проходимость по иерархическому уровню расположена выше технической проходимости.

Если подойти к данной проблеме с теоретической точки зрения, то проходимость органически связана с несущей способностью почвы, так как одна исходит из другой. Несущая способность почвы находится в прямой зависимости от ее осадки и глубина следа или колеи и является непосредственным внешним проявлением проходимости (проф. В.А. Скотников и др., с. 45 – 46) [10]. Известны в связи с этим модели: В.П. Горячкина – М.И. Летошнева, В.В. Кацыгина, М. Беккера, С.С. Корчунова и др. [10, с.45-46], где установлены зависимости между деформацией почвы и нормальным давлением. В данном источнике указывается, что для определения глубины колеи с использованием любой известной модели необходимо знать закон распределения нормальных давлений. Нам представляется, что этим требованиям наиболее полно отвечает модель В.В. Кацыгина [11] так называемого гиперболического тангенса вида:

$$q = p_0 \tanh(k/p_0)h \quad (1)$$

где q – нормальное давление, kPa, p_0 – несущая способность почвы (soil mechanical bearing capability), kPa, h – глубина следа, m, k – коэффициент объемного смятия почвы (coefficient volume trampling), kN m⁻³.

Если представить колесо также в качестве деформатора почвы, то для оценки проходимости по полю МБТС можно для практических целей рекомендовать известный показатель относительной деформации почвы \square , которая рассчитывается из простого соотношения: $\square = h/D$ [10;12], где D диаметр) площади пятна деформатора.

Требуется определить, какие проходы будут почвощадящими (sustainable or sparing) и какие нет.

Требования почвощажения будут выполнены тогда, когда будет иметь место условие: $q_s \square = \square_{\max} = q_a$, где

σ_{\max} – максимальное напряжение, измеренное соответствующим датчиком под колесом МБТС во время его прохода; q_a – агротехническая несущая способность почвы. Для ее определения можно использовать формулу (1), преобразовывая ее соответствующим образом. При этом принятая модель рассматривается как единица объема почвы под колесом в зоне уплотнения.

Если заменить показатель h в следе колеса соответствующими характеристиками пористости почвы, то в результате будем иметь формулу для определения агротехнической несущей способности почвы (*agrotechnical bearing capability* – А.В.С.):

$$q_a = \frac{K}{\beta} \left(\frac{\varepsilon_a - 1}{\varepsilon_a - \varepsilon_{\min}} \right) - \beta \cdot e^{-\beta \cdot x}, \text{ kPa} \quad (2)$$

где σ_a – коэффициент пористости почвы, характеризующий ее физическое состояние в условиях предпосевного разрыхленного состояния; σ_{\min} – коэффициент пористости почвы, характеризующий ее физическое состояние при максимальном переуплотненном состоянии. Это предельное состояние почвы можно придать лишь в лабораторных условиях при помощи специального компрессиметра (odometer); σ_a – коэффициент распределения нормальных напряжений по глубине почвенных слоев (m^{-1}); x – глубина почвенного слоя, в которой замедляется нормальное давление колеса во время ее движения. При измерении последнего мы использовали датчик давления конструкции АФИ (автор Е.П. Кузнецова).

Для более удобного решения данной формулы, целесообразно заменить коэффициенты пористости соответствующими значениями плотности почвы ρ через известное уравнение: $\sigma_a = \frac{\rho_a}{\rho_{\max}}$, где ρ – плотность твердой фазы почвы. В результате имеем (Нугис, 1998 с.77) [13; 6]:

$$q_a = \frac{K}{\beta} \left(\frac{1}{1 - A \cdot \left(1 - \frac{\gamma_a}{\gamma_{\max}} \right)} - 1 \right), \text{ kPa} \quad (3)$$

где ρ_a – плотность почвы поля в условиях предпосевного разрыхленного состояния в нем; ρ_{\max} – плотность почвы в условиях максимального переуплотненного состояния; A – степень уплотненности почвы. Последний рассчитывается по формуле:

$$A = \frac{(\gamma_i - \gamma_a) \cdot \gamma_{\max}}{(\gamma_{\max} - \gamma_a) \cdot \gamma_i} \quad (4)$$

где ρ_i – текущее значение плотности почвы, $\text{Mg} \cdot \text{m}^{-3}$.

Данный оценочный показатель существенно отличается от показателя степени уплотнения почвы (soil's degree compaction), предложенного проф. И. Хоканссоном (I. Håkansson, 1987) [14].

Нам представляется, что разработанный нами показатель уплотненности почвы (soil's degree compactability) «А» является как бы универсальным

показателем, с помощью которой можно оценить степень уплотненности почвы не только непосредственно до и после проходов МБТС, работающих на поле, но также и в условиях последствий, вплоть до конца вегетационного периода.

Исходя из вышеприведенных теоретических предпосылок, основные результаты приведены в таблице 1.

Судя по данной таблице, полученные результаты агротехнической несущей способности почвы (А.В.С.) говорят нам о том, что опытное поле вблизи Тарту (Эстонского сельхоз университета) больше всего способно выдержать кратковременное уплотняющее воздействие колес трактора и их динамическое воздействие.

Однако, с точки зрения степени переуплотненности почв такое воздействие по сравнению с остальными почвами является наиболее отрицательным.

Таблица 1 - Агротехническая несущая способность q_a основных почв Эстонии и ее степень уплотненности (А) после уплотнения почвы трактором МТЗ-82 (3 раза, при внутреннем давлении воздуха в шинах 150 kPa) [6].

| Наименование типа почвы (по классификации WRB) | Место расположения опытного поля | Код наименования почвы | Вид почвы | А.В.С. q_a , kPa (А) |
|--|----------------------------------|------------------------|-----------------|------------------------|
| Дерново-подзолистая (Albeluvisol) | Eerika, Тартуский уезд | LK*) | супесь | 200 (0,86) |
| Дерново-карбонатная (Sceleti-Calcaric Regosol) | Kuusiku, Раплаский уезд | К | легкий суглинок | 160 (0,64) |
| Гумусово-глеевая (Areni-Humic Gleisol) | Varbla, Пярнуский уезд | G(o) *) | песок связанный | 170 (0,61) |

Примечание:

*) – по Р. Каск (1988, с. 86 - 89) ; **) А.В.С. - Агротехническая несущая способность почвы (q_a)

***) (А) – степень уплотненности почвы

WRB – World Reference Base for soil Resources

При этом, измерения осевой нагрузки (axle load) трактора МТЗ-82 + РКИ-0,8, выполненные совместно с доц. Я. Кухтом (переносные весы FARMER TRONIC НТВ-10, ICON 9000), показали, что эта нагрузка распределена между осями трактора как 2,02 Mg (или т) на 2,42 Mg (задняя ось).

Также обращает на себя внимание тот факт, что связная супесчаная почва побережья Балтийского моря способна переносить больше всего уплотнения, при чем меньше значение степени уплотнения, тем самым агротехническая проходимость МБТС по полю будет в итоге лучше.

Заслуживает внимания еще факт, что под нормальным давлением q_s в данном случае подразумевается динамический показатель, хотя в справочниках, где приводятся технические характеристики машин, зачастую этот показатель подразумевают в статике. Василий Иванович Кравченко уже в 1980 году подвел детальный итог этой проблеме и комплексно исследовал динамическое воздействие трактора К-700 на почву при широком диапазоне скоростей 3,6 ...12,0 км/час [15]. Мы заинтересовались этой проблемой и провели исследования на вышеуказанных почвах с трактором МТЗ-82 при внутреннем давлении в шинах (50 и 100 кПа), а также при обычных полевых работах тракторов Массей Фергуссон и Нью-Холланд (внутреннее давление в шинах соответствовало техническим требованиям). При этом было сделано допущение, что статическое давление трактора равно его внутреннему давлению. Основные результаты приведены в таблице 2.

Таблица 2- Некоторые результаты определения максимального давления колес и коэффициента динамического давления при средней скорости движения тракторов

| Марка трактора (давление в шинах, кПа) | Масса, т | Ширина колеса, мм | Статическое давление колеса, кПа | Максимальное давление колеса, кПа | Коэффициент динамического давления, K_d |
|--|----------|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------|---|
| *)МТЗ+82 (100) | 4,4 | 560 | 100 | 100 | 1,0 |
| **МТЗ+82 (100) | 4,4 | 560 | 100 | 160 | 1,6 |
| *)МТЗ+82 (50) | 4,4 | 560 | 50 | 90 | 1,6 |
| *)Massey Ferguson 6290 | 6,1 | 440 | 70 | 150 | 2,1 |
| *)New Holland 8560 | 7,8 | 520 | 90 | 200 | 2,2 |

Примечание:

*)на почве

**на твердой опоре

Судя по данной таблице, лишь дерново-подзолистая почва способна выдержать без негативных последствий максимального давления колес при использовании трактора Нью-Холланд. Остальные вышеназванные почвы для его не подходят. Трактор МТЗ-82 может работать (и доселе работает) успешно на всех почвах, включая и трактор Массей Фергуссон. При этом, более мощные тракторы (массой выше 8 т) для условий Эстонии находятся под большим вопросом или чреватые негативными почвоуплотняющими последствиями, при

которых соответствующий риск берут на себя фермеры сами. У тракторостроительных фирм имеются в запасе и смягчающиеся технические решения (радиальные шины с пониженным давлением, полугусеничные и резиногусеничные траки и др.), но все это связано с лишними затратами, которые в данное время эстонским фермерам не под силу. Единственно, что бросается повсюду на эстонских полях в глаза – это технологические коллеи, что и является одним из реальных альтернатив предотвращения негативных последствий переуплотнения почв и обеспечения надлежащих мероприятий по почвоощажению.

Выводы. Разработана математическая модель и приведены отправные материалы по комплексной оценке физического состояния почвы по степени ее уплотненности.

Предложена удобная и простая для практических целей методика оценки почвенного состояния как до, так и после уплотнения. Предложен индекс «А», с помощью которого можно охарактеризовать проходимость машин с точки зрения их способности щадить почву.

Для комплексной оценки агротехнической несущей способности (А.В.С.) почвы разработана соответствующая математическая модель. При этом (А.В.С.) является автоматически предопределяющей с точки зрения технических возможностей работы машинных агрегатов на поле.

Проведены опыты по уплотнению на трех типичных почвах Эстонии и определены соответствующие диагно-стические показатели:

- агротехническая несущая способ-ность почвы (А.В.С.);
- степень ее уплотненности (индекс А).

Данные диагностические показатели могут быть приняты за основу при разработке соответствующих стандартов для защиты почв с учетом предотвращения их от машинной деградации.

COMPLEX ESTIMATION OF SOIL MFCHNE DEGRADATION AND TRAFFICOBILITIES OF THE MACHINES AT FIELD

Литература

1. Нугис Э. 1997. Некоторые методические аспекты комплексной оценки работы тракторов и сельскохозяйственных орудий (Some Aspects of the Method for complex Estimation of Tractors and Agricultural Implements). Materialy V Sympozjum: Inzynieria Systemow Bioagorechnicznych (ISBN 83-908324-1-0), Zeszyt 5.- Plock, 33-41.
2. Nugis, E., Kuht, J. 2000. Subsoil Compaction in Estonia. Advances in Geocology, 32, 402 - 408.
3. Nugis, E., Kuht, J. 2000. Assessment of Subsoil Compaction in Estonia.- Proceedings of 2nd Workshop and International Conference on Subsoil Compaction, Gödöllő, Hungary, 29-31 May 2000, ISBN 963 9256 16 1.- Gödöllő: SZIU, 186-191.
4. Nugis, E., Kuht, J., Viil, P., Rouseva, S., Birkas, M., Lyndina, T. 2001. Field experiment design related to studying the impact of subsoil compaction on soil

- properties and regimes, crop yields, nutrient state and environment/ Proceedings of 3rd Workshop INCO-COPERNICUS Concerted Action on “Experiences with the impact of subsoil compaction on soil nutrients, crop growth and environment, and ways to prevent subsoil compaction (Ed.-s: A. Canarache, E. Dumitru, R. Enache), Buzeni – Romania, June 14-18, (ISBN 973-85841-2-4).- Bucuresti: Estalia, 341-346.
5. Nugis, E. 2002. Method and Assessment Indices of Soil Compaction in Estonia.- Proceedings of the 3rd Scientific and Practical Conference on Ecology and Agricultural Machinery, In three volumes, June, 5-6, 2002, Saint-Petersburg (ISBN 5-88890-019-2 (T 2), 220-226 (in Russian).
 6. Nugis, E. 2005. To some problems of integral assessment of field trafficability of machines. Proceedings of the 4th International Scientific and Practical Conference, May, 25-26 (ISBN 5-88890-035-4).- Saint-Petersburg, 250-255.
 7. Nugis, E.; Kuht, J. 2005. Some results of computer-simulation modelling related compactibility of soil. In: Proc. XI International Symposium: Ecological Aspects of Mechanization of Plant Production.- Warsaw, Poland, 140 - 145.
 8. Nugis, E., Kuht, J., Viil, P., Müüripeal, M. 2004. How to prevent negative influence of machines technologies on soil? (ISBN 9949-10-852-7).- Saku: SCA Ecofiller & Estonian Branch of ISTRO, 165 pp.
 9. Кононов А. М. 1978. Об агротехнической проходимости тракторов по почве. Научные труды УСХАБ вып. 212.- Киев, 54-56.
 10. Скотников В. А., Пяррмарев А. В., Климанов А. В. 1982. Проходимость машин.- Минск: Наука и Техника, 328 с.
 11. Кацыгин В. В. 1962. О закономерности сопротивления почв сжатию. Журнал «Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства», № 46, 28-31.
 12. Саакян С. С. 1959. Взаимодействие ведущего колеса и почвы.- Ереван.
 13. Nugis, E. 1998. Complex assessment of the agrotechnical bearing capability of soil. Proceedings of International Conference of the EurAgEng on Field Technologies&Environment, ISBN 9986-732-12-3. – Raundondvaris: AS Aušros, 73-79.
 14. Håkansson, I. 1987 How persistent are the effects of soil compaction? Swedish Univ. Agric. Sc., Fakta/mark-växter nr. 14.- Uppsala, 4 pp. (In Swedish).
 15. Кравченко В. И. 1986. Уплотнение почв машинами. Алма-Ата: Наука Каз.ССР, 96 с.

БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОГО ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ

Е.В. Леонова, к.с.-х.н.;

В.Г. Егоров, д.с.-х.н.

ГНУ Московский НИИСХ «Немчиновка» Россельхозакадемии

Аннотация - энергетическая оценка дифференцированного применения минеральных удобрений показывает его безусловную эффективность при возделывании зерновых колосовых культур по высокоинтенсивным и точным технологиям.

Ключевые слова: энергия, затрачиваемая на производство зерна; антропогенные составляющие; дифференциация доз удобрений; урожайность зерновых.

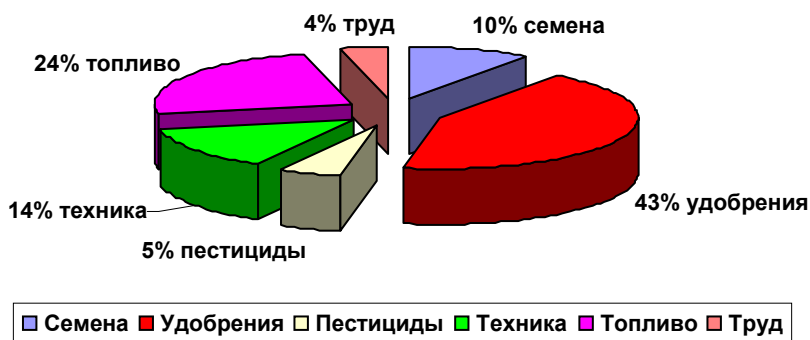
Постановка проблемы. Общеизвестно, что при возделывании сельскохозяйственных культур используются три источника энергии: естественная энергия солнечного луча; энергия органического вещества почвы (свободная) и антропогенная, связанная со степенью интенсивности использования техники, удобрений, мелиорации и т.д. В условиях интенсификации земледелия дальнейшее повышение почвенного плодородия и урожайности сельскохозяйственных культур сопровождается всё большими затратами антропогенной (невозобновляемой) энергии, используемой в виде удобрений, пестицидов, химических мелиорантов, топлива, электроэнергии, средств механизации, зданий и сооружений.

Сущность энергетического анализа в агрохимии и почвоведении сводится к отысканию минимума энергетических затрат используемых ресурсов на единицу урожая сельскохозяйственных культур и высокую их окупаемость. Надо иметь в виду, что максимальному урожаю не всегда соответствует минимум удельных затрат ресурсов.

Необходимо отметить, что доля участия плодородия почвы в формировании урожая величина непостоянная и в значительной мере определяется содержанием питательных веществ в почве. Так, при повышении содержания в дерново-подзолистой почве подвижных форм фосфора и калия от очень низкого до оптимального, доля почвенного плодородия в формировании урожайности озимых зерновых культур увеличивается в среднем в 1,8 раза – с 25-27 до 45-50%. При этом относительный вклад удобрений соответственно уменьшается с 41-40 до 25-24% (или в 1,4 – 1,7 раза). Величина относительного вклада азота удобрения в формирование прибавки урожая также определяется содержанием в почве подвижного фосфора. При высоком содержании P_2O_5 (197 мг/кг, озимая пшеница) его относительный вклад очень велик – 53%. При повышенном содержании подвижного фосфора (130 – 158 мг/кг) роль азота удобрений несколько менее значительна. Доля участия калия удобрений более

стабильна - в интервале 30-40% [1]. Проведенный НИИСХ ЦРНЗ (ныне ГНУ Московский НИИСХ «Немчиновка») анализ энергозатрат на производство различных сортов озимой пшеницы показал, что они возрастают с 22,5 до 37,4 ГДж /га по мере увеличения доз азотных удобрений (от 0 до 120 кг/га). С ростом дозы азота происходит увеличение энергозатрат на производство 1т зерна (с 4,5 ГДж до 6,8 ГДж). Энергозатраты на производство 1 т белка также возрастают от 31 ГДж до 41 ГДж [2]. При разработке современных технологий в растениеводстве анализируют структуры потоков антропогенной энергии в агроценозах с возможно более полным учётом как прямых, так и косвенных энергозатрат на каждой операции при возделывании культуры и доработке урожая. Такой анализ показал, что основное её количество (при возделывании озимых зерновых культур на дерново-подзолистых почвах Центрального Нечерноземья в соответствии с типовыми технологическими картами) приходится на минеральные удобрения (44,3%) и топливо (24,6%), которые и являются главным резервом экономии при их рациональном использовании (рис. 1).

Урожайность 5 - 5,5 т/га, затраты энергии 10,3 - 11,0 ГДж/га



Урожайность 4 - 4,5 т/га, затраты энергии 8,9 - 9,0 ГДж/га

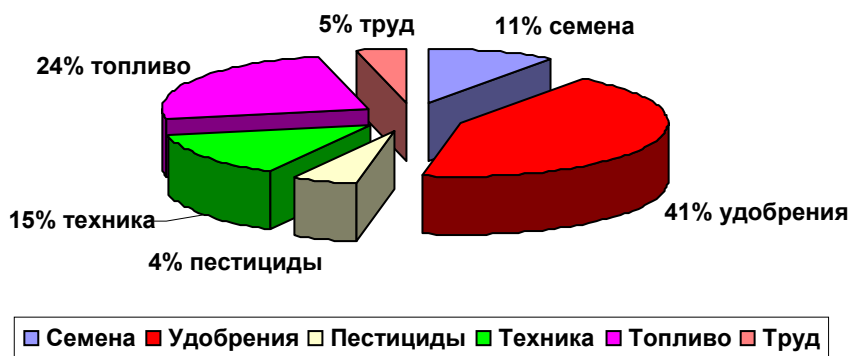


Рис. 1. Ориентировочное распределение энергозатрат на производство зерна озимых зерновых по интенсивной и высокоинтенсивной технологиям

Некоторые авторы отмечают долю энергозатрат на применение удобрений, превышающую 55% [3]. Таким образом, оптимальное использование удобрений – существенный резерв снижения энергоёмкости процесса производства зерна.

Энергетическая оценка технологических процессов выполняется на основе технологических карт, в которых предусмотрены как прямые (средств химизации, топлива, электроэнергии), непосредственно расходуемые в технологическом процессе, так и косвенные энергозатраты (на производство средств механизации, удобрений, пестицидов и т.д.). Сравнение энергозатрат проводят

с помощью энергетических эквивалентов, учитывающих затраты прямой и косвенной энергии, отнесённые к единице потребляемых веществ (солома, навоз, торф, удобрения, пестициды и т.п.) [4, 5]. В совокупных затратах на осуществление технологического процесса минеральные удобрения в расчёте на 1 кг д.в. оценивают следующим количеством энергии (МДж): азотные – 86,6; фосфорные – 12,6; калийные – 8,3; комплексные – 51,5; навоз (80% влажности) – 0,42; торфонавозные компосты (60% влажности) – 1,7; известковые удобрения – 3,8; местные минеральные удобрения – 2,9.

По многолетним данным полевых опытов агрохимической службы, энергетический КПД (энергоотдача) применения удобрений у всех зерновых культур по основной продукции превышает 1. Так, среднее его значение для озимой пшеницы ($N_{78}P_{72}K_{56}$ кг/га д.в.) равно 1,54, а для озимой ржи – 1,49 ($N_{85}P_{75}K_{67}$). При этом энергозатраты на прибавку 0,1т прибавки урожая соответственно достигают 1063 и 1128 МДж, а содержание энергии в 1 кг урожая озимой пшеницы составляет 16,45, ржи – 16,76 МДж [6].

Внедрение современных точных технологий производства зерна предусматривает обязательный учёт внутрипольной неоднородности содержания питательных веществ в почве, определяющей дифференцированное применение минеральных удобрений. Для того, чтобы установить целесообразность дифференциации доз требуется оценка эффективности этого агроприёма. Необходимы экономические расчёты, которые в конечном итоге должны дать ответ на вопрос – имеет ли смысл идти по пути дифференциации доз удобрений в нашей земледелии, привлекая для этого более сложную технику для её осуществления. Наряду с экономической оценкой технологий в последние годы уделяется большое внимание энергетической оценке применения минеральных удобрений. Это, с одной стороны, вызвано тем, что интенсификация сельскохозяйственного производства увеличивает затраты ископаемой энергии (нефть, каменный уголь и др., а с другой, в связи с нестабильностью цен на растениеводческую продукцию и минеральные удобрения, возникают сложности в получении объективных экономических данных. Поэтому при проведении исследований в различных почвенно-климатических зонах были выполнены экономические и биоэнергетические расчёты.

Биоэнергетическая оценка эффективности дифференциации доз внесения удобрений с учётом неоднородности содержания питательных веществ в почве произведена по одному из наиболее существенных показателей - изменению выхода нетто-энергии, показывающей превышение количества энергии,

накопленной в урожае, над затратами на его получение. Учитывались (по приведенным выше энергетическим эквивалентам) энергозатраты, связанные с увеличением (уменьшением) дозы вносимого удобрения, увеличением (уменьшением) урожайности зерновых. Полученные данные суммировались, давая картину изменения прироста нетто-затрат энергии. Результаты расчетов приведены отдельными столбцами в таблицах 1-3.

Оценку эффективности минеральных удобрений проводили по величине прироста урожая за счёт увеличения дозы в сравнении с той, которая рассчитывалась по среднему содержанию питательного вещества на всём поле и за счёт уменьшения дозы удобрения на участках поля, где обеспеченность питательным веществом превышала средний показатель. Стоимость прибавки урожая рассчитывалась по ценам закупочной интервенции, установленным на 2009 год. Затраты на применение удобрений определялись по стоимости минеральных удобрений, расходов на НДС и на доставку, хранение, складскую переработку и внесение удобрений. Для расчётов были взяты наиболее распространённые формы удобрений. Из азотных – это аммиачная селитра, из фосфорных – аммофос, поскольку суперфосфат в нашей стране в настоящее время практически не производится, из калийных – хлористый калий.

Результаты исследований дали возможность оценить величины завышения и занижения доз минеральных удобрений в сравнении с дозой, рассчитанной по среднему содержанию питательного вещества в почве по всему полю. Расчёты, выполненные в натуральном и денежном выражении, позволили сопоставить эти составляющие и дать экономическую оценку полученным результатам.

Из приведённых данных следует, что внутрипольная вариабельность содержания минерального азота в различных почвах оказала существенное влияние на эффективность дифференциации доз азотных удобрений под озимые зерновые культуры.

В одних случаях эффект определялся стоимостью прибавки урожая за счёт повышения дозы на участках поля, где содержание минерального азота было ниже среднего. Сюда относятся поле под озимой пшеницей ОПХ ВНИПТИОУ; второе поле СПК «Красная звезда» и первое СПК «Мир» (табл.1). В других – экономией затрат на применение удобрений за счёт снижения доз (ОПХ им. Мерецкова и первое поле СПК «Красная звезда»). В третьих – эффективность складывается как за счёт первой, так и второй составляющих (ОПХ «Белоусовское» и во втором поле СПК «Мир»). В связи с более низкой закупочной ценой на озимую рожь в сравнении с озимой пшеницей, получение заметной прибавки от азотного удобрения не обеспечило положительного экономического эффекта, поскольку стоимость прироста урожая оказалась ниже затрат на применение удобрений.

Общий экономический эффект при дифференциации доз аммиачной селитры под озимую пшеницу достигал 59–695 руб./га, тогда как внесение таким способом азотного удобрения под озимую рожь обеспечило в одном случае экономический эффект в 48 руб./га, а во втором – оказалось неэффективным.

Таблица 1 - Эффективность дифференциации доз азота под озимые зерновые культуры с учетом внутрипольной неоднородности содержания минерального азота в почве

| Плановая урожайность, ц/га | Доза азота, кг/га | | Прирост урожая за счет дифференциации доз | | Экономия за счёт дифференциации доз, руб./га | Общий экономический эффект, руб./га | Прирост выхода нетто-энергии МДж/га |
|--|-------------------|-----|---|---------|--|-------------------------------------|-------------------------------------|
| | 1 | 2 | ц/га | руб./га | | | |
| Дерново-подзолистые, ОПХ «ВНИПТИОУ» | | | | | | | |
| 45 | 60 | 67 | 1,2 | 660 | -233 | 427 | 1368 |
| ОПХ «Белоусовское» | | | | | | | |
| 40 | 55 | 45 | 0,7 | 385 | 310 | 695 | 2018 |
| Серая лесная, ОПХ им. Мерецкова | | | | | | | |
| 60 | 120 | 113 | - | - | 213 | 213 | 606 |
| Чернозём выщелоченный, СПК «Красная Звезда» | | | | | | | |
| 30 | 45 | 43 | - | - | 52 | 52 | 1705 |
| 30 | 23 | 34 | 1,0 | 410 | -381 | 29 | 1740 |
| Чернозём типичный, СПК «Мир» | | | | | | | |
| 50 | 50 | 55 | 1,3 | 715 | -149 | 566 | 173 |
| 50 | 50 | 47 | 0,9 | 495 | 99 | 594 | 692 |
| Дерново-подзолистые, ОПХ «ВНИПТИОУ», озимая рожь | | | | | | | |
| 30 | 0 | 30 | 1,6 | 624 | -932 | -308 | |
| 30 | 35 | 34 | 0,03 | 17 | 31 | 48 | |

Примечание. 1- доза, рассчитанная по среднему содержанию азота; 2 – доза, рассчитанная с учётом внутрипольной неоднородности содержания минерального азота.

Дифференциация доз фосфора на всех типах почв была позитивной с экономической точки зрения, несмотря на более низкую вариабельность содержания подвижного фосфора в сравнении с минеральным азотом. Вклад стоимости прибавки урожая озимой пшеницы за счет увеличения доз и экономии затрат при их снижении распределялся примерно поровну (табл. 2), но все-таки приоритет был на стороне первой.

Общий экономический эффект колебался от 120 до 605 руб./га. При увеличении дозы фосфора на участках ниже среднеарифметического содержания для всего поля стоимость прибавки урожая перекрывала затраты на дополнительное внесение фосфосодержащих удобрений.

Таблица 2 - Эффективность дифференциации доз фосфора под озимую пшеницу с учетом внутрипольной неоднородности содержания фосфора в почве

| Плановая урожайность, ц/га | Доза азота, кг/га | | Прирост урожая за счет дифференциации доз | | Экономия за счёт дифференциации доз, руб./га | Общий экономический эффект, руб./га | Прирост выхода нетто-энергии МДж/га |
|-------------------------------------|-------------------|----|---|---------|--|-------------------------------------|-------------------------------------|
| | 1 | 2 | ц/га | руб./га | | | |
| Дерново-подзолистые, ТОО «Мещерино» | | | | | | | |
| 32 | 0 | 21 | 1,6 | 880 | -730 | 150 | 2367 |
| 28 | 53 | 40 | - | - | 450 | 450 | 164 |
| ОПХ «Белоусовское» | | | | | | | |
| 32 | 27 | 40 | 1,4 | 770 | -530 | 240 | 2139 |
| 32 | 27 | 33 | 1,2 | 660 | -299 | 361 | 1898 |
| ОПХ «ВНИПТИОУ» | | | | | | | |
| 45 | 35 | 46 | 1,0 | 370 | -202 | 168 | 1506 |
| НИИСХ ЦРНЗ | | | | | | | |
| 50 | 50 | 59 | 0,8 | 436 | -316 | 120 | 1203 |
| Серая лесная, ОПХ им. Мерецкова | | | | | | | |
| 60 | 93 | 88 | 0,5 | 273 | 173 | 486 | 759 |
| Чернозём типичный, СПК «Мир» | | | | | | | |
| 50 | 65 | 47 | - | - | 605 | 605 | 227 |
| 50 | 65 | 56 | - | - | 327 | 327 | 126 |
| 50 | 46 | 58 | 1,1 | 605 | -405 | 200 | 1658 |

Примечание. 1- доза, рассчитанная по среднему содержанию подвижного фосфора; 2 – доза, рассчитанная с учётом внутрипольной неоднородности содержания P₂O₅.

Таблица 3 - Эффективность дифференциации доз калия под озимую пшеницу с учетом внутрипольной неоднородности содержания калия в почве

| Плановая урожайность, ц/га | Доза азота, кг/га | | Прирост урожая за счет дифференциации доз | | Экономия за счёт дифференциации доз, руб./га | Общий экономический эффект, руб./га | Прирост выхода нетто-энергии МДж/га |
|-------------------------------------|-------------------|----|---|---------|--|-------------------------------------|-------------------------------------|
| | 1 | 2 | ц/га | руб./га | | | |
| Дерново-подзолистые, ТОО «Мещерино» | | | | | | | |
| 32 | 38 | 36 | - | - | 24 | 24 | 17 |
| 28 | 34 | 30 | - | - | 86 | 86 | 33 |
| ОПХ «Белоусовское» | | | | | | | |
| 35 | 42 | 31 | - | - | 412 | 412 | 91 |
| ОПХ «ВНИПТИОУ» | | | | | | | |

| | | | | | | | |
|---------------------------------|----|----|-----|-----|------|-----|------|
| 45 | 54 | 57 | 0,4 | 220 | -55 | 165 | 633 |
| НИИСХ ЦРНЗ | | | | | | | |
| 50 | 42 | 50 | 1,0 | 545 | -171 | 374 | 99 |
| Серая лесная, ОПХ им. Мерецкова | | | | | | | |
| 60 | 50 | 58 | 1,1 | 600 | -171 | 429 | 1743 |

Примечание. 1- доза, рассчитанная по среднему содержанию подвижного калия; 2 – доза, рассчитанная с учётом внутрипольной неоднородности содержания K_2O .

В связи с тем, что вариабельность содержания подвижного калия в исследуемых почвах была наименьшей в сравнении с минеральным азотом и подвижным фосфором, эффект от дифференциации доз калия оказался несколько ниже, чем от азота и фосфора (табл. 3). Наибольшая эффективность просматривалась там, где требовалось снижение дозы калия. Поскольку прибавка урожая озимой пшеницы от увеличения дозы калия была невысокой, стоимость этой прибавки не покрывала затрат на применение калийного удобрения.

Следует отметить, что экономическая оценка дифференциации доз внесения удобрений не всегда показывает положительный результат. Объясняется это существующим диспаритетом цен на удобрения и зерно, закупочные цены на которое явно занижены. В результате этого прибавки урожая по стоимости часто не покрывают затраты на необходимое увеличение дозы соответствующего удобрения. Энергетические же показатели во всех случаях чётко показывают положительный эффект, что полностью соответствует основной цели такого способа использования минеральных удобрений.

Литература

1. В.А. Прошкин. Влияние агрохимических свойств дерново-подзолистой супесчаной почвы на урожайность зерновых культур. В сб. «Достижения и перспективы селекции и технологического обеспечения АПК в Нечерноземной зоне РФ». Немчиновка, 2006.)
2. Сандухадзе Б.И. Анализ экономической и биоэнергетической эффективности применения азотной подкормки в связи с сортовыми особенностями озимой пшеницы / Б.И.Сандухадзе, Е.В. Журавлёва // Достижения и перспективы селекции и технологического обеспечения АПК в Нечерноземной зоне РФ. Сборник научных трудов НИИСХ ЦРНЗ. Немчиновка, 2006. С. 452 – 459.
3. (Булаткин Г.А. Эколого-энергетические аспекты продуктивности агроценозов. Пушино, ОНТИ НЦБИ СССР, 1986, 208 с.).
4. (Временная методика энергетического анализа в сельском хозяйстве. ЦНИИМЭСХ. Минск, 1991.
5. Методика энергетического анализа технологических процессов в сельскохозяйственном производстве. ВИМ. М.: 1995.).
6. Минеев В.Г., Дебрецени Б., Мазур Т. Биологическое земледелие и минеральные удобрения. М.: «Колос». 1993 стр.400-405).

7. Методика разработки нормативов окупаемости минеральных удобрений прибавкой урожая сельскохозяйственных культур. М.: ВНИИА. 2009.

Summary

Energy assessment of the differential application of mineral fertilizers demonstrates his ultimate efficiency in the cultivation of cereal crops using high-intensity and precision technology.

УДК 631.362-546

СПОСОБИ І ЗАСОБИ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЗАХИСТУ ТА ПОПЕРЕДЖЕННЯ ПОЯВИ НЕБЕЗПЕЧНИХ СТРУМІВ В МЕРЕЖАХ 0,38 кВ

В.В. Козирський, д.т.н., професор

Національний університет біоресурсів і природокористування України

В.П. Герасименко, асистент

ВП НУБіП України «Ніжинський агротехнічний інститут»

О.В. Ковальов, асистент

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 42-31-59

Анотація – Проведено аналіз способів і засобів підвищення надійності захисту та попередження появи небезпечних струмів в мережах 0,38 кВ.

Ключові слова – струм, захист, ізоляція, заземлення, занулення.

Постановка проблеми. Правилами улаштування електроустановок регламентується застосування в електроустановках наступних захисних заходів [1]:

- мала напруга;
- електричне розділення мереж;
- контроль і профілактика пошкоджень ізоляції;
- компенсація ємнісної складової струму замикання на землю;
- забезпечення недоступності струмоведучих частин;
- захисне заземлення;
- занулення;
- подвійна ізоляція;
- захисне відключення.

Рішення про те, що повинне бути захищене, де захист необхідний, і які заходи захисту необхідно застосувати, багато в чому залежить від характеристик навколишнього середовища, технічних особливостей електричної мережі, надійності, легкості застосування і економічності пристроїв захисту. Так, наприклад, приміщення з вибухо- і пожежонебезпечним або хімічно активним середовищем, вологі приміщення, а також тісні провідні приміщення (підземні

тунелі, резервуари) вимагають спеціального розгляду в порівнянні з приміщеннями з нормальним навколишнім середовищем. Також враховуються такі чинники як величина фазної напруги і безперебійність електропостачання. Прикладом можуть служити розподільні мережі з напругою щодо землі, що не перевищує 120 В, які до сьогоднішнього дня використовуються в США і Японії. У даних мережах необхідність захисних заходів менш критична, чим для мереж з напругою по відношенню до землі 220 В. При напрузі щодо землі 120 В широко застосовуються переносні прилади класу 0 (що мають тільки основну ізоляцію і що не мають клем для підключення заземлюючого провідника). У таких мережах можуть бути використані штепсельні розетки без заземлюючих контактів тих же типів, які можна зустріти у великій кількості в житлових будинках в Україні та Росії [2].

Аналіз останніх досліджень. Р.Н. Карякин пропонує наступну «філософію» захисту для трифазних мереж напругою 220/380В [2]. Ця філософія передбачає три рівні захисту:

- основний захист;
- захист при пошкодженні (ізоляції);
- додатковий захист.

Основний захист визначається як застосування заходів проти прямого дотику за допомогою виключення контакту між людиною і небезпечними струмоведучими частинами. Як основний захист від ненавмисного прямого дотику до небезпечних струмоведучих частин в електроустановках до 1 кВ можуть бути використані [3, 4]:

- ізоляція, відповідна мінімальній випробувальній напрузі; посилена ізоляція, подвійна ізоляція (обладнання класу II);
- бар'єри, огорожі і оболонки, розміщення поза зоною досяжності.

Деякі струмоведучі частини повністю покриті ізоляцією, яка може бути видалена тільки в результаті її руйнування або пошкодження виробу, що захищається. У інших випадках основна ізоляція може бути видалена тільки з використанням спеціальних інструментів.

Формулювання цілей статті. Проведення аналізу способів і засобів підвищення надійності захисту та попередження появи небезпечних струмів в мережах 0,38 кВ.

Основна частина. Слід відмітити, що бар'єри і розміщення струмоведучих частин дозволяють забезпечити захист тільки від ненавмисних контактів. Вони не виключають можливості навмисного дотику за межами бар'єру або подолання відстані, передбаченої межами досяжності. Пошкодження основного захисту відбувається двома шляхами:

1 В результаті пошкодження оболонки, або її частини стають доступними для прямого дотику небезпечні струмоведучі частини. Захист від таких видимих пошкоджень забезпечується негайним ремонтом пошкодженого устаткування.

2 Пошкодження ізоляції між небезпечними струмоведучими частинами і відкритими провідними частинами. При пошкодженні основної ізоляції доступні дотику відкриті провідні частини набувають небезпечного потенціалу, що, як правило, може не супроводжуватися появою яких би то не було видимих для

споживача ознак. У даному випадку повинен забезпечуватися захист від поразки електричним струмом при непрямому дотику.

Захист у разі пошкодження ізоляції між небезпечними струмоведучими частинами і доступними дотику відкритими провідними частинами (ВПЧ) електроустановки забезпечується за допомогою пристрою автоматичного відключення або за допомогою інших заходів захисту при пошкодженні ізоляції.

Захист при пошкодженнях в електричних мережах до 1 кВ з глухозаземленою нейтраллю може включати одне або більше класичних захисних заходів [2, 3, 4]:

- автоматичне відключення, зокрема з використанням пристроїв захисту від надструмів;
- захисне заземлення (Рис. 1), де показана залежність напруги на заземлювачі U від відстані L між заземлювачем і зоною нульового потенціалу);
- посилена і подвійна ізоляція;
- занулення.
- використання провідних частин (в т.ч. екранів, оболонок) в якості PEN-провідників;
- захисний моніторинг ізоляції (вимірювання опору ізоляції, контроль цілісності ізоляції);
- безпечна наднизька напруга (устаткування класу III).

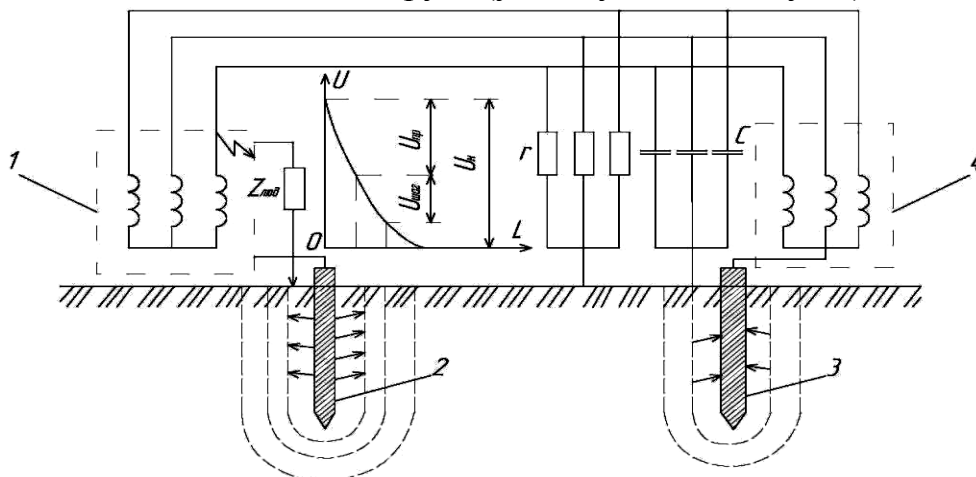


Рис.1. Принципова схема захисного заземлення

1 - електроприймач; 2,3- заземлювачі; 4 - джерело електроенергії

Відповідно до ПУЕ захист людей від поразки електричним струмом при пошкодженні ізоляції може бути забезпечена шляхом занулення елементів електроустановки без додаткового заземлення (Рис. 2).

Додатковий захист від поразки електричним струмом при випадковому ненавмисному прямому дотику застосовується як третя і остання захисна міра для розподільних мереж 0,38 кВ. Цей рівень забезпечується шляхом застосування пристроїв захисту, що реагують на диференціальний струм (ПЗВ-Д), із уставкою не більше 30 мА. Додатковий захист повинен застосовуватися для переносних приладів і в електричних мережах, прокладених в приміщеннях з підвищеною небезпекою [2].

Головне завдання додаткового захисту - забезпечення захисту від випадкового ненавмисного прямого дотику до струмоведучих частин. Принцип роботи ПЗВ-Д проілюстрований на рисунку 3. Більш того, додатковий захист запобігатиме смертельному враженню електрострумом і в тих випадках, коли захисний провідник обірваний (Рис. 4) або невірно приєднаний (Рис. 5), а також при пошкодженні подвійної ізоляції (Рис. 6)

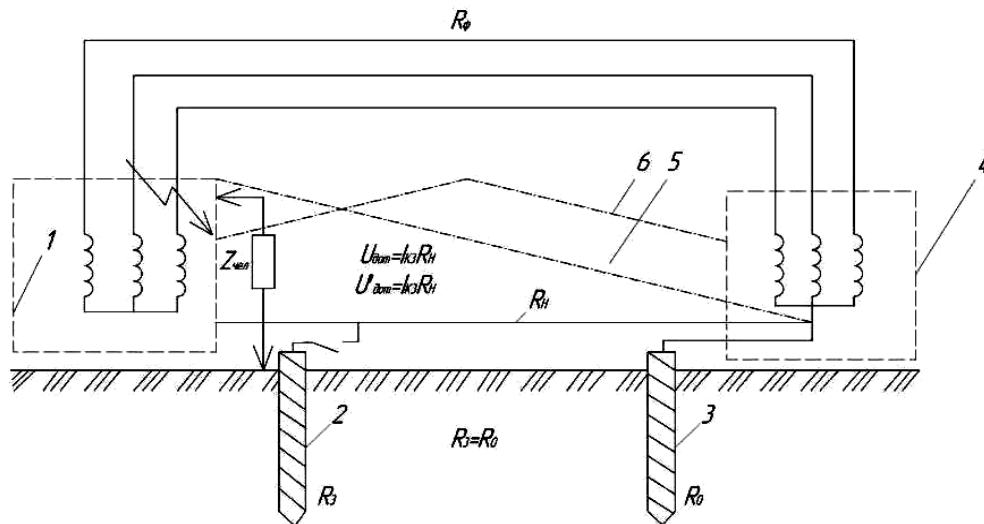


Рис. 2. Принципова схема занулення

1 - електроприймач; 2, 3 - заземлювачі; 4 - джерело електроенергії; 5 - розподіл $U_{\text{ном}}$ за відсутності повторного заземлення; 6 - розподіл $U_{\text{ном}}$ за наявності повторного заземлення.

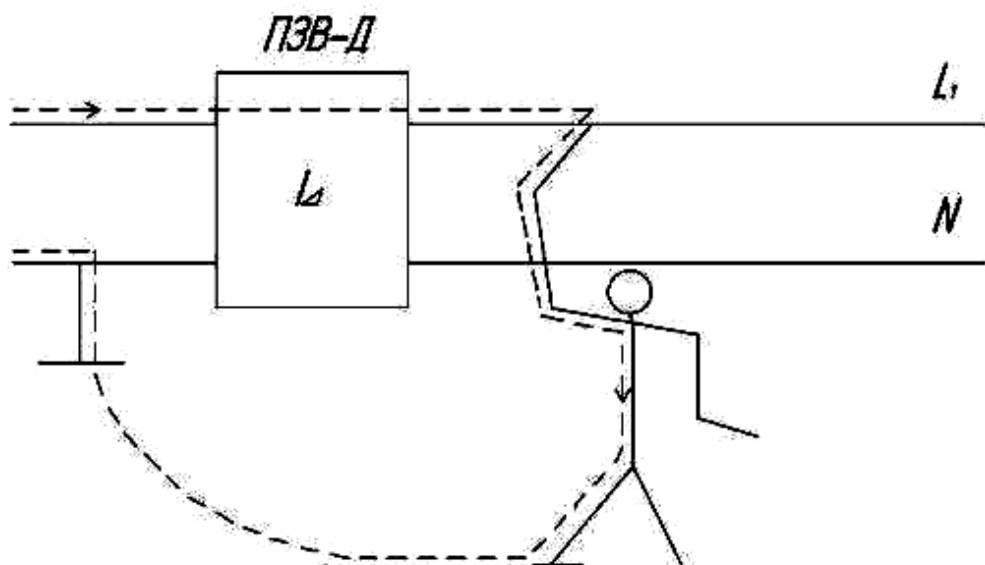


Рис. 3. Принцип роботи ПЗВ-Д

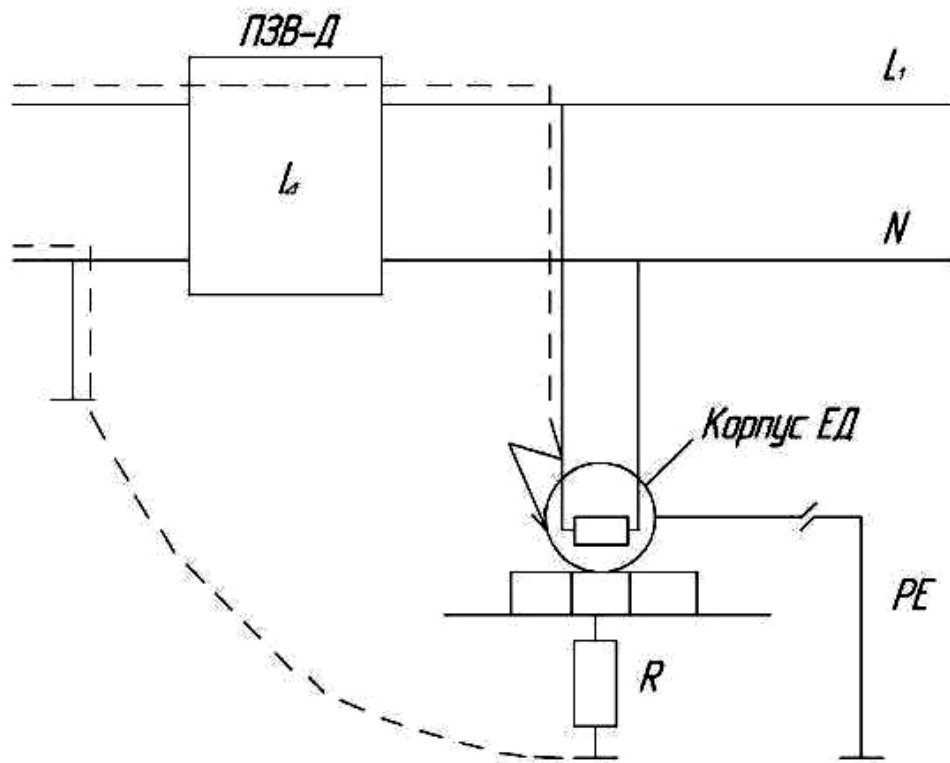


Рис.4. Обрыв захисного провідника

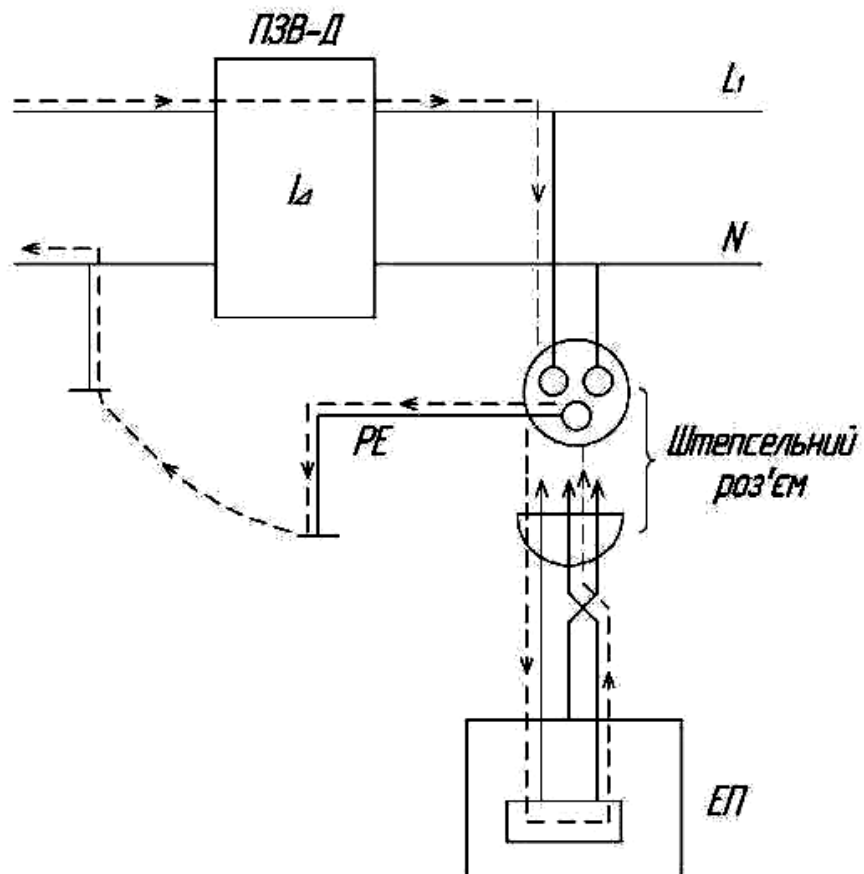


Рис. 5. Невірне підключення струмоприймача

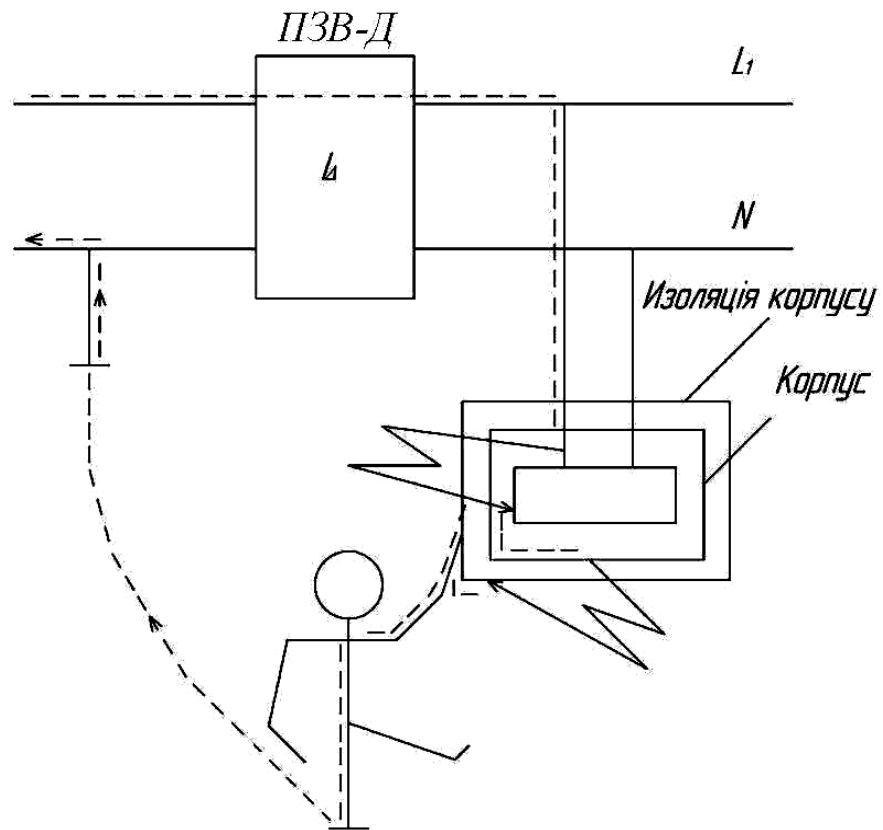


Рис. 6. Пошкодження ізоляції фази з одночасним пошкодженням ізоляції корпусу

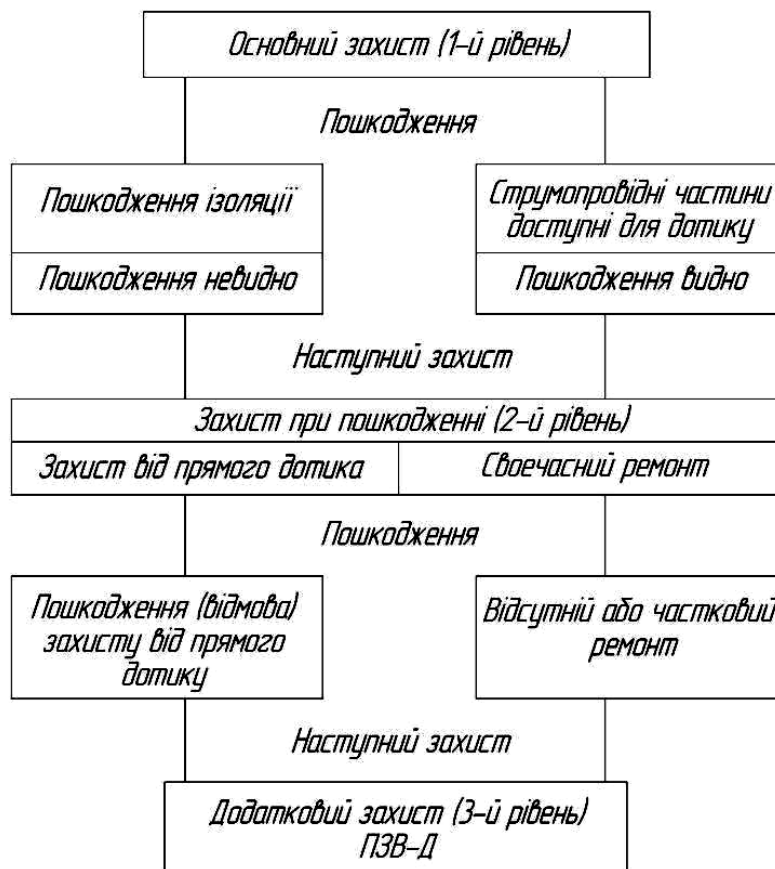


Рис. 7. Треступінчата система захисту струмоприймачів

Висновки. В цілому ж, згідно сучасної філософії електробезпеки, повна система захисту може бути представлена у вигляді триступінчатої системи заходів, кожна з яких забезпечує захист споживача в певних умовах захисту електроустановки споживача.

Література

- 1 Правила улаштування електроустановок. – 2-ге вид. переробл., допов. – Х. : Форт, 2009. – 736 с.
- 2 Карякин Р.Н. Нормативные основы устройства электроустановок /Р.Н. Карякин. - М: изд. ЗАО "Энергосервис", 1998.
- 3 Карякин Р.Н. Основное правило электробезопасности / Р.Н Карякин // Промышленная энергетика. - 1999, №2.
- 4 Карякин Р.Н. Основное правило устройства электроустановок/ Р.Н Карякин // Промышленная энергетика. - 2000, №11.

СПОСОБЫ И СРЕДСТВА ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ЗАЩИТЫ И ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ПОЯВЛЕНИЯ ОПАСНЫХ ТОКОВ В СЕТЯХ 0,38 кВ

В.В. Козырский, В.П. Герасименко, А.В. Ковалев
Кіровоградський національний технічний університет

Аннотация - в работе проведен анализ способов и средств повышения надежности защиты и предупреждения появления опасных токов в сетях 0,38 кВ.

METHODS AND FACILITIES OF INCREASE OF RELIABILITY OF DEFENCE AND WARNING OF APPEARANCE OF DANGEROUS CURRENTS ARE IN THE 0,38 kV NETWORKS

V Kozirskiy, V. Gerasimenko, A. Kovalyov

Summary

The analysis of methods and increased facilities of reliability of defence and warning of appearance of dangerous currents is conducted in the 0,38 kV networks .

ТЕНДЕНЦІЇ СТАЛОГО РОЗВИТКУ СУЧАСНОГО СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО МАШИНОБУДУВАННЯ В УКРАЇНІ І ЗА КОРДОНОМ

В.М. Сало, проф., доктор. техн. наук,
С.І. Шмат, проф., канд. техн. наук,
П.Г. Лузан, доц., канд., техн. Наук

Анотація - в статті приведено аналіз ринку сільськогосподарської техніки зарубіжних фірм, представлених на виставці сільськогосподарської техніки «ІнтерАгро». Враховуючи наші ґрунтово-кліматичні умови, соціально-економічний стан села, необхідно розробляти перспективні напрямки розвитку механізації сільського господарства із застосуванням енергозберігаючих, екологічно безпечних технологій, на основі використання високопродуктивних сортів насіння, впровадження сучасних систем точного землеробства та розвитку власного сільськогосподарського машинобудування.

Ключові слова - сталий розвиток, сільськогосподарське машинобудування, точне землеробство, плуг, культиватор, сівалка, зернозбиральний комбайн, косарка

Постановка проблеми. Економічна криза промисловості і сільського господарства, яка охопила країни СНД, в тому числі і Україну, призвела до падіння продуктивності сільськогосподарського виробництва на рівень 60-х років минулого століття [1]. Відновлення попередніх об'єктів виробництва можна чекати не раніше 20-х років ХХІ століття, що неприпустимо ні з економічної, ні з соціальної точок зору. Потрібні, таким чином, альтернативні стратегії вирішення проблем, які виникли в сільському господарстві [2, 3, 4]. Як пишуть автори роботи [1], на фактори механізації при цьому припадає 50% всіх необхідних робіт. З іншого боку, використання інтенсивних технологій при виробництві сільськогосподарської продукції в кінці ХХ століття привело до руйнування та знищення родючості земель, яке досягло в Україні майже 45%. В цих умовах дуже загострилась проблема прогнозування напрямків розвитку сільськогосподарських машин та їх робочих органів.

Дослідження багатьох фахівців свідчать, що головними факторами рішення проблеми повинні бути: підвищення загальної продуктивності сільськогосподарських машин в 1,5-2 рази; впровадження системи точного землеробства, зниження питомої матеріалоємності машин; використання комбінованих і інтегрованих технологічних операцій; модульно-блочна побудова машино-тракторних агрегатів; гнучке пристосування їх до змінних енерго- та ресурсощадливих робочих органів, а також високоякісний посівний матеріал, точний вибір добрив та їх норм внесення з використанням системи точного землеробства, ефективного використання рослинних залишків та біологічних препаратів для відновлення родючості ґрунту.

Враховуючи ці напрямки перспективних робіт в землеробстві, подивимось, що сьогодні пропонують іноземні фірми, представляючи нову сільськогосподарську техніку на виставці «ІнтерАгро», яка відбулася недавно в м. Києві.

Судячи по широкому представленню іноземних фірм на сучасному ринку сільськогосподарських машин в Україні, ці фірми однозначно намагаються зайняти провідну роль в нашому сільському господарстві, враховуючи не тільки нашу технічну відсталість в розробці нової техніки, але й неспроможність вітчизняних заводів налагодити її виробництво. Для цього вони використовують привабливі аргументи: високу продуктивність машин, їх точність роботи, надійність, відповідність сучасним технологіям вирощування сільськогосподарських культур.

Що ж нового представили іноземні фірми на виставці?

Ґрунтообробні машини були представлені провідними фірмами західних країн: "John Deere", США, Ламатор, Кокерінг, Акорд, (Німеччина), "Poettinger", (Австрія), "Kunh", (Франція) та інші.

Увагу спеціалістів привертало в основному високопродуктивні, і в той же час громіздкі і багатотонні плуги, культиватори, комбіновані машини, які за зміну можуть обробити 80-100 га площі.

Цікаво, що зарубіжна і вітчизняна преси насичені публікаціями про мінімальний обробіток, прямий посів, про велику руйнацьку дію важких машин на ґрунт (в Україні через це вже еродоване більше половини земель) і в той же час фірми пропонують гігантські (за вагою) ґрунтообробні машини, які страшно пускати навіть на ґрунтові дороги (рис. 1).



Рис. 1. Ґрунтообробний агрегат з плугом фірми "Poettinger" (Австрія)

По-друге більшість цих машин потребує тракторів класу 3...8 т, яких в Україні налічується лише одиниці. Тут явно виглядає прихована угода фірм: «Купуйте наші високопродуктивні (і важкі) машини, а разом з ними і надпотужні трактори з двигунами 300...500 і більше к.с.. А через 2-3 роки звертайтеся до нас за запасними частинами до них». Треба зрозуміти, що такі машини і трактори коштують мільйони гривень, не біда, що такі агрегати потрібні для ферм з посівними площами більше 10 тисяч гектарів, не біда, що вітчизняні заводи в цей час будуть простоювати без замовлень фермерів.

Так, при робочій ширині захвату 5-8 м агрегати для поверхневого обробітку ґрунту фірми "Vederstad" (Швеція) мають масу від 4,5 до 9 тонн, тоді як наші аналогічні машини важать менше 3,0 тонн і в 4-5 разів дешевші імпортих. Та й тракторів потужністю 200-500 к.с. у нас майже нема. Зате у «тих» машин багато «переваг»: швидко розкладаються в робоче положення, легко регулюється глибина обробітку, мають високу надійність в роботі, менша питома енергоємність, оригінальні робочі органи.

Такі ж культиватори фірми «Kockerling» (Німеччина): ширина захвату – 4, 6, 8 м, маса – 4...9 тонн, необхідна потужність трактора – 270...400 к.с., (рис. 2).

Фірма "Rauch" (Німеччина) представила високопродуктивні машини для внесення мінеральних добрив. Вони мають бункери місткістю від 1м³ до 7.0 м³, автоматизований контроль внесення заданої норми добрив, гідравлічне керування робочими процесами, електронну та комп'ютерну систему управління тощо. Робоча ширина захвату – від 12 до 36 м, бункер та дозуючі елементи виконані з дорогої нержавіючої сталі.



Рис. 2. Культиватор-компактор фірми "Kockerling" (Німеччина)

Фірма «John Deere», (США) представила різноманітні машини – ґрунтообробні (рис. 3 а), посівні (рис. 3 б), косарки (рис. 4 а), комбайни (рис. 4 б), трактори (рис. 5 а). Машини мають багато інновацій, в тому числі: точна постійна глибина обробітку та посіву, швидке складання та розкладання рами, безступінчастий привід, супутникову систему паралельного керування (автопілот), систему комп'ютерного моніторингу врожайності, систему точного землеробства. Мобільний процесор обробляє та переносить великий об'єм інформації про поле, його місце знаходження, норми висіву та внесення добрив і отрутохімкатів, врожайність на окремих ділянках поля і багато інших показників. Зернозбиральні комбайни фірми мають класичні та ротаційні молотильні апарати продуктивністю від 10 до 18 т/год. Потужність двигуна – від 200 до 400 к.с., місткість паливного бака – 700 л, об'єм зернового бункера – від 7,5 м³ до 9 м³, маса – від 12,5 до 16 тонн.



a)



б)

Рис. 3. Грунтообробний (*a*) та посівний (*б*) агрегати фірми «John Deere» (США)



a)



б)

Рис. 4. Косарка (*a*) та зернозбиральний комбайн (*б*) фірми «John Deere» США

На виставці були представлені і зернові сівалки фірми (рис. 5 б). Сошники пристосовані для роботи на оброблених полях та на полях з нульовою технологією.



a)



б)

Рис. 5. Трактор 9630 (*a*), посівний агрегат із зерновою сівалкою (*б*) фірми «John Deere» (США)

Ширина захвату – 4,6-10,9 м, місткість бункера – від 2 до 4,2 м³, маса машини – від 4 до 8 тонн, необхідна потужність трактора – 150-300 к.с. Пневматична сівалка точного висіву при 8-рядній комплектації має масу біля 4 тонн, потребує потужність трактора 150 к.с.

Машини інших фірм мало чим відрізняються від вище приведених.

Загальне враження від виставки – виробництвом сільськогосподарських машин країни Заходу займаються цілеспрямовано, з сучасними підходами до високої продуктивності, надійності, автоматизації процесів, високої ергономічності машин та технологічних процесів.

Можна і потрібно вивчати технологічні досягнення західних фірм в галузі сільськогосподарського машинобудування, але враховуючи наші ґрунтово-кліматичні умови, наш соціально-економічний стан села, необхідно виробляти та намічати свої перспективні напрямки розвитку механізації сільського господарства, в тому числі такі, як використання енергозберігаючих технологій, екологічні (механічні та біологічні) засоби боротьби з бур'янами, шкідниками та хворобами сільськогосподарських культур, виробництво та використання високопродуктивних сортів насіння, впровадження систем точного землеробства.

Література

1. Погорельй Л. Научно-технические предпосылки прогнозирования направлений развития сельскохозяйственной техники XXI века / Л. Погорельй, С. Коваль, Н. Осипов // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: Зб. наук. пр. / Український науково-дослідний інститут прогнозування та випробування техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва імені Леоніда Погорілого (УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого).– Дослідницьке,– 2001.– Вип. 4(18).– С. 17-22.
2. Шикула М. Ґрунтообробна і посівна техніка для ґрунтозахисного землеробства / М. Шикула // Техніка АПК.–2005.– №9.– С. 14-16.
3. Обдула С. Чи довго Україна здаватиме свої позиції / С. Обдула // Техніка АПК.–2007.– №1-2.– С. 16-17.
4. Ясенєцький В. Сільськогосподарська техніка на міжнародній виставці / В. Ясенєцький, О. Митрофанов, Я. Сало // Техніка і технології АПК.– 2009.– №3.– С. 37-43.

УДК 631.171:338.36(476)

О НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ ПРОГРАММЫ «ВОЗРОЖДЕНИЕ СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЙ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ»

В.Г. Самосюк, к.э.н., доц.

Республиканское унитарное предприятие

«НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»

г. Минск, Республика Беларусь

Анотация

Ключевые слова

Постановка проблемы. В результате реализации трех предшествующих программ развития агропромышленного комплекса страны обеспечена

продовольственная безопасность государства, внутренние рынки по номенклатуре и ассортименту продовольственных товаров приблизились к европейским, получил развитие аграрный экспорт. В настоящее время по абсолютному большинству произведенной продукции аграрного сектора в расчете на душу населения Беларусь является лидером в СНГ. На должном уровне республика выглядит на европейском аграрном пространстве.

Ученые РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» приняли активное участие в научном обеспечении вышеуказанных программ в части разработки современных систем машин для реализации инновационных технологий.

Вместе с тем выбранные на этапе возрождения белорусского сельскохозяйственного производства методы не обеспечили в должной мере экономической эффективности аграрной отрасли. Поэтому назрела необходимость внести существенные коррективы в практику хозяйствования на земле.

В настоящее время в Республике Беларусь разрабатывается программа возрождения сельского товаропроизводителя. Задача «Научно-практического центра НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» – обеспечить научное обоснование и сопровождение раздела технического оснащения сельскохозяйственного производства. Нами разработана и правительством республики одобрена концепция перспективной системы машин.

Системный принцип развития механизации сельского хозяйства может быть реализован только путем формирования экономически целесообразной номенклатуры технологически взаимоувязанных технических средств, параметры и эксплуатационные характеристики которых обеспечат не только эффективность отдельных видов работ, но и технологий производства продукции в целом. В этом смысле научно обоснованная концепция системы перспективных машин на 2011–2015 годы представляется основополагающим документом, отражающим стратегию научно-технической политики в области сельского хозяйства и раскрывающим состояние и перспективы развития технологий и техники с целью принятия оптимальных решений по разработке и освоению образцов новой техники, реализации их на внутреннем и внешнем рынках.

Целью формирования концепции является определение комплекса технических средств качественно нового поколения, которые позволят оптимизировать капитальные вложения на переоснащение парка машин и оборудования, обеспечить существенный рост производительности труда, снизить энерго-ресурсопотребление при эксплуатации парка, создать благоприятные условия для производства сельскохозяйственной продукции и в конечном итоге повысить конкурентоспособность производимой продукции в растениеводстве и животноводстве.

В разработанную НАН Беларуси, Минпромом и Минсельхозпродом и согласованную в установленном порядке концепцию системы перспективных машин на 2011–2015 годы включено 435 наименований машин и оборудования, в том числе 327 позиций технических средств для производства продукции растениеводства и 108 – для производства продукции животноводства.

Система перспективных машин для растениеводства включает 37 наименований мобильных энергетических, транспортных и погрузочных средств, 26 – для обработки почвы и посева, 15 – для приготовления и внесения удобрений, ухода и защиты растений, 64 – для уборки, послеуборочной доработки зерна и семян, 51 – для заготовки кормов из трав и силосных культур, 5 – для приготовления консервированного плющеного зерна, 28 – для возделывания, уборки и послеуборочной доработки картофеля, 6 – для возделывания, уборки и послеуборочной доработки сахарной свеклы, 23 – для возделывания, уборки и послеуборочной доработки овощей, 4 – для орошения и полива сельскохозяйственных культур, 27 – для возделывания, уборки и первичной переработки льна и 41 – для возделывания и уборки плодово-ягодных культур. В ней предусмотрены разработка 112 наименований новых технических средств, освоение производства по 61 позиции, серийный выпуск 137 наименований машин и закупка зарубежных аналогов для последующего их воспроизводства по 53 позициям.

Система перспективных машин для животноводства включает 43 наименования оборудования для оснащения молочно-товарных ферм и откормочных комплексов, 20 – для птицеводческих комплексов, 12 – для переработки навоза, 4 – для оснащения комбикормовых цехов, 6 – для обеспечения водоснабжения, 14 – для обеспечения теплоснабжения и микроклимата, 9 – для проведения ветеринарно-санитарных мероприятий. Из перечисленного оборудования предлагается к разработке 59 позиций, освоение производства и серийный выпуск технических средств для механизации животноводства предусмотрены по 13 и 36 наименованиям соответственно.

Предлагаемая концепция, предполагающая создание новой сельскохозяйственной техники, машин и оборудования для производства и переработки сельскохозяйственной продукции, базируется на таких основополагающих принципах, как:

- системный подход к разработке и производству техники, обеспечивающий возможность полнокомплектной поставки технических средств для интенсивных технологий;
- сбалансированность создания и освоения производства машин и оборудования исходя из реальных финансовых возможностей, потенциала научно-исследовательских и конструкторских организаций, организаций-изготовителей сельскохозяйственной техники;
- максимальная эффективность в сфере производства и использования техники; рациональное ограничение номенклатуры технических средств, сокращение металло- и энергоемкости путем создания оптимальных типоразмерных рядов, агрегатной унификации и универсализации машин;
- автоматизация и компьютеризация технологических процессов, в первую очередь стационарных установок.

Перспективным направлением в области создания мобильных энергетических средств с учетом роста объемов выполняемых работ, укрупнения сельскохозяйственных организаций и общемировых тенденций должно стать дальнейшее повышение мощности их двигателей до 350 и более л.с. в целях высокопроизводительного использования машинно-тракторных агрегатов и

снижения удельного расхода горюче-смазочных материалов. По предварительным расчетам, при общей технологической потребности хозяйств в тракторах не более 54,5 тыс. физических единиц удельный вес энергонасыщенных тракторов с мощностью двигателя свыше 300 л.с. должен составить не менее 15% (8 000 ед.). Предусматривается также сосредоточить работу на совершенствовании конструкций отдельных узлов и агрегатов тракторов «Беларус», повышении их технической надежности, расширении возможностей агрегатирования современных комбинированных машин, улучшении условий труда механизаторов, уменьшении вредных выбросов в атмосферу.

Выполнение транспортных работ в хозяйствах республики обеспечивается грузовыми автомобилями типа МАЗ, тракторными агрегатами на основе специализированных прицепов и полуприцепов. Для снижения эксплуатационных расходов и повышения эффективности использования транспортных средств необходима разработка большегрузных прицепов грузоподъемностью не менее 25 т, позволяющих повысить производительность на соответствующих работах в 2–2,5 раза. Для увеличения объемов перевозимых грузов необходима модернизация автомобилей типа МАЗ сельскохозяйственного назначения, разработка типоразмерного ряда универсальных транспортных средств со сменными выгрузными устройствами.

Анализ новейшей зарубежной техники выявил тенденцию создания универсальных и многофункциональных машин для обработки почвы, способных работать в любых системах земледелия. В 2011–2015 годах необходимо разработать и освоить производство агрегатов почвообрабатывающих многофункциональных к тракторам класса 3–6. Блочномодульный принцип их построения позволит посредством перестановки отдельных узлов или их замены комплектовать агрегаты различными рабочими органами, способными выполнять практически любые технологические операции.

Рост энергооснащенности мобильной техники диктует необходимость создания посевного комплекса шириной захвата не менее 9 м, состоящего из сеялки и почвообрабатывающей машины. В качестве зарубежного аналога могут быть взяты агрегат Pronto DS фирмы Horsch (Германия) или лучшие технические решения других фирм.

В мировой практике получает все более широкое распространение технология прямого посева зерновых культур, по которой в настоящее время обрабатывают около 60 млн. га. В целях повышения производительности сева на крупноконтурных полях необходимо разработать специализированную сеялку шириной захвата 6 м к тракторам класса 3.

В настоящее время в республике недостаточно полно реализуется потенциал применяемых минеральных и органических удобрений, средств защиты растений. Причиной этого является несоответствие имеющегося парка технических средств требованиям, предъявляемым к качеству выполняемого технологического процесса и количественному объему работ, что приводит к систематическим нарушениям агротехнических сроков и, соответственно, значительным недоборам продукции.

Для решения этих проблем необходимо:

- увеличить объемы поставки селу ранее разработанных машин РУ-7000, МШХ-9, МХС-10, предназначенных для качественного внесения минеральных удобрений и известковых материалов, а также машин для внесения твердых органических удобрений;

- разработать и освоить производство машины штанговой МШВУ-18, которая обеспечит требуемую равномерность внесения основных и подкормочных доз минеральных удобрений;

- разработать машины для транспортировки и внесения полужидкого навоза в почву и в компосты;

- разработать крупнотоннажные машины для внесения жидких органических удобрений к энергонасыщенным тракторам класса 5.

В республике сформирован парк зерноуборочной техники, состоящий преимущественно из отечественных комбайнов с пропускной способностью 8–14 *кг/с*. В перспективе оптимальным по составу зерноуборочных комбайнов будет парк, состоящий из порядка 12 000 машин, в том числе класса до 8 *кг/с* – 3 000 *ед.* (25%), 8–10 *кг/с* – 4 800 *ед.* (40%), 10–12 *кг/с* – 2 400 *ед.* (20%) и свыше 12 *кг/с* – 1 800 *ед.* (15%), что позволит обеспечить уборку планируемых в перспективе 10 млн. тонн зерна в агротехнические сроки. Для отдельной уборки зернобобовых и крупяных культур необходимо разработать и освоить производство самоходной валковой жатки по типу MacDon 150. Обеспечение своевременной очистки и сушки зерна в хозяйствах с валовыми сборами более 15 тыс. тонн предполагает наличие зерноочистительно-сушильных комплексов производительностью 60–80 *мл.т/ч*, соответствующих зерноочистительных машин производительностью 120–150 *т/ч* на предварительной и 30–60 *т/ч* на первичной очистке. Особенно остро стоит проблема хранения зерна. Сельскохозяйственные предприятия требуется оснастить механизированными хранилищами силосного типа, емкость которых в целом по республике должна обеспечить хранение не менее 6 млн. *т.* зерна. Актуальной проблемой является приготовление качественного посевного материала зерновых и зернобобовых культур. Решение вопроса подразумевает строительство в Беларуси специализированных семенных заводов и линий производительностью 5–12 тыс. тонн семян в год.

В республике более 35% сельскохозяйственных угодий занимают сенокосы и пастбища. Их продуктивность сегодня составляет 20–25 центнеров в пересчете на сено при использовании потенциала плодородия не более 50%. Низкая отдача луговых угодий объясняется их неудовлетворительным культуртехническим и гидротехническим состоянием, низкими объемами залужения и перезалужения угодий. Без решения проблемы механизации возделывания трав и ухода за лугопастбищными угодьями для продления срока их продуктивной эксплуатации невозможно получение конкурентоспособной продукции. Вследствие этого необходимо разработать ресурсосберегающий комплекс машин для ускоренного перезалужения и ухода за лугопастбищными угодьями, включающий комбинированные агрегаты, сеялку для прямого подсева трав в дернину, косилку для ухода за пастбищами.

В основе получения высококачественных кормов с минимальными потерями питательной ценности исходного сырья лежит создание бесперебойного транспортного конвейера на всех стадиях процесса кормозаготовки. Для повышения производительности работ на косье трав планируются разработка и освоение в производстве навесных косилок блочно-модульной компоновки с шириной захвата 6 и 9 метров, состоящих из унифицированных модулей со сменными адаптерами для обработки бобовых и злаковых трав, а также выпуск прицепных косилок-плющилок, незаменимых при работе на кормовых угодьях со слабой несущей способностью почв или в неблагоприятных погодных условиях. Для ускоренного выполнения технологической операции ворошения валков или прокосов требуется модернизация ворошилки в целях увеличения ее ширины захвата до 13 м. Для заготовки высококачественного сенажа необходимо освоение производства рулонного пресс-подборщика с упаковкой рулонов в самоклеющуюся полимерную пленку. Существенного повышения производительности при прессовании и транспортировке прессованной массы, рационального использования складских помещений, снижения себестоимости кормов следует ожидать от применения пресс-подборщика прямоугольных крупногабаритных тюков, разработка которого также предусмотрена концепцией системы машин. Расширение сферы применения тюкового пресс-подборщика возможно за счет освоения производства обмотчика тюков полимерной пленкой, открывающего возможности заготовки высококачественного сенажа и травяного силоса по наиболее современной и экономически эффективной технологии.

Специфические особенности возделывания и уборки кукурузы обуславливают необходимость включения в концепцию разработки комплекса универсальных и специализированных машин для производства кормов из этой культуры. К ним относятся следующие технические средства:

- агрегат для измельчения и заделки пожнивных остатков кукурузы;
- агрегат для предпосевной подготовки почвы под кукурузу с формированием посевного ложа на глубине до 8 см и выравнивания поверхности почвы;
- сеялка точного высева с устройством для внесения стартовых доз минеральных удобрений, осуществляющая при посеве формирование гребней, что обеспечивает улучшение теплового и водно-воздушного режимов вегетации растений и более ранние сроки наступления уборочной спелости;
- агрегат бороновально-прополочный с устройством для внесения минеральной подкормки;
- культиватор-растениепитатель комбинированный, обеспечивающий возможность внесения твердых и жидких минеральных удобрений, рыхления междурядий и уничтожения сорняков в защитных зонах ленточным внесением гербицидов, позволяющий за счет совмещения операций сократить число проходов машин по полю, уменьшить расход гербицидов на 50%, снизить удельные затраты топлива и живого труда;
- комбайн кормоуборочный навесной с пропускной способностью 38–44 кг/с и комплекс кормоуборочный самоходный по типу Krone «BigX» с

комплект сменных адаптеров для ускорения темпов уборки кукурузы на силос и сокращения потерь при растягивании сроков уборки и закладки на хранение;

– комплект оборудования к мобильным энергетическим средствам большой мощности для закладки и трамбовки силосной массы с внесением консервантов и обогатительных добавок.

В республике создана основа технологического комплекса машин для производства картофеля. Вместе с тем, учитывая мировые тенденции развития механизации картофелеводства и новые технологические требования к производству этой культуры, ведется разработка комбинированного почвообрабатывающего картофелепосадочного агрегата, ботвоуборочной машины, культиватора-окучника-растениепитателя и сажалки для пророщенного картофеля. Актуальным вопросом остается необходимость разработки для республики новых однорядных и двухрядных картофелеуборочных комбайнов с боковым агрегатированием, а также самоходного картофелеуборочного комбайна.

Наиболее важными проблемами в области механизации овощеводства остаются посадка, уборка и режимное хранение продукции, а также разработка комплекса технических средств для работы в защищенном грунте. В связи с этим комплекс машин дополнен соответствующими позициями, куда включены закупка комбайна теребильного типа для уборки моркови и столовой свеклы, разработка модульной сушилки контейнерного многоярусного типа для сушки и хранения лука-севка, комплекта оборудования для создания микроклимата в овощехранилищах.

В связи с переходом современного сельскохозяйственного производства на орошаемое земледелие, с постоянным увеличением посевных площадей под овощные и кормовые культуры необходимы современные высокопроизводительные барабанно-шланговые дождевальные машины, имеющие длину захвата не менее 700 м и рабочую ширину захвата до 120 м, передвижные дождевальные машины кругового или фронтального перемещения дождевального крыла длиной до 500 м, способные работать как на низкорослых, так и на высокорослых культурах, обеспечивающие возможность автоматизировать поливной процесс.

Применяемая технология уборки льна предусматривает использование специальных льноуборочных машин: теребилки и подборщика-очесывателя при двухфазной уборке и комбайна при однофазной. В целях оптимизации парка этих машин необходима разработка самоходной двухпоточной модульной льноуборочной машины с набором сменных адаптеров для работы в режиме теребилки, комбайна и подборщика-очесывателя.

Для ускорения процесса вылежки необходимо оборачивание лент льна. Применяемые в республике прицепные и самоходные оборачиватели являются однопоточными машинами. Для снижения материалоемкости процесса, затрат труда, повышения производительности работ необходима разработка самоходного двухпоточного оборачивателя лент льна.

Техническое переоснащение хозяйств республики перспективным комплексом машин и оборудованием в растениеводстве позволит снизить затраты труда на производство зерна до 2,5–2,8 чел.-ч/т, картофеля – до 3–3,5

чел.-ч/т, кормов, сахарной свеклы, льнопродукции и овощей – на 50–60%. При этом будет обеспечено снижение потребления топливно-энергетических ресурсов на 20–25%.

Производство молока в сельскохозяйственных организациях республики сосредоточено более чем на 5000 молочно-товарных ферм и комплексов. Технология привязного содержания скота с доением в стойлах, являющаяся сегодня базовой и применяемая на 95% молочно-товарных ферм, ограничивает возможность снижения затрат ресурсов на производство молока, что обуславливает низкую конкурентоспособность продукции отечественных ферм. Наиболее эффективной по производительности, энергоемкости, качеству молочного сырья и сохранности дойного стада является технология беспривязного боксового содержания животных с доением на специальных площадках, реализуемая в комплексе с мероприятиями по повышению качества кормообеспечения и ухода за животными.

Для приготовления и нормированной раздачи высокоэнергетических кормов на современных фермах с применением привязной технологии и беспривязного содержания животных необходимо создание многофункционального роботизированного оборудования для приготовления кормосмесей, а также разработка стационарного раздатчика, позволяющего производить автоматизированную выдачу концентрированных кормов в зависимости от физиологического состояния коров и осуществлять контроль за их использованием посредством системы управления технологическим процессом фермы.

Помимо серийного производства автоматизированных доильных установок типа «Елочка» УДА-24Е; 16Е; 12Е; «Тандем» УДА-8Т и «Параллель» УДП-24, для оснащения молочно-товарных ферм и откормочных комплексов запланирована разработка перспективного оборудования для автоматизированного доения коров – доильных установок нового поколения «Елочка» с быстрым выходом, «Параллель» (2x10–2x24), «Карусель» и доильного робота.

Начато освоение производства установки высокого технического уровня для доения коров в стойлах АДС-А (на 100 голов) и УМД-200 (на 200 голов) с нержавеющей молокопроводом. Для автоматизированного доения коров с охлаждением молока в пастбищных условиях предусматривается разработка передвижной доильной установки и мобильной установки для охлаждения молока.

Для непосредственного охлаждения молока запланировано создание молокоохладительных установок на 5 и 8 тыс. л., а также высокоэффективной установки охлаждения молока емкостью более 10 тыс. л.

В связи с переоснащением и реконструкцией молочно-товарных ферм возникла необходимость создания более комфортных условий для содержания животных. Для этого осваивается производство комплекта оборудования для беспривязного боксового содержания 200 и 400 голов с системой водоснабжения.

Для удаления бесподстильного навоза на фермах с привязной технологией содержания применяются транспортеры типа ТСН-ЗБ, ТСН-160, а

на фермах с беспривязной (боксовой) технологией содержания – колесные тракторы с бульдозерами, что не позволяет автоматизировать этот процесс, «завязать» его в единую систему автоматизации технологических процессов фермы, требует больших затрат труда и топлива, способствует накоплению навоза, ухудшает качество содержания животных и молочного сырья. В этой связи необходима разработка оборудования для утилизации бесподстилочного навоза и переработки его в высококачественное органическое удобрение. Для удаления навоза на фермах КРС разрабатывается сепаратор для разделения его на твердую и жидкую фракции и насос-смеситель для перекачивания бесподстилочного навоза из навозосборников в навозохранилище с последующим удалением и транспортированием.

Производство свинины осуществляется на 400 комплексах по выращиванию и откорму свиней производительностью от 12 до 108 тыс. голов в год, в 7 гибридных центрах по выращиванию 54 тыс. свиней и на 27 свиноводческих фермах с промышленной технологией производства и откорма от 3 до 6 тыс. голов в год. Планируется провести реконструкцию и переоснащение еще 19 комплексов по выращиванию и откорму свиней.

Оснащение свиноводческих комплексов перспективным оборудованием при содержании технологических групп свиней в секторе опороса, осеменения и ремонтных маток предполагает применение станочного оборудования с коррозионно-стойким стеклоэмалевым покрытием, системы обогрева поросят на дорастивании, станочного оборудования с использованием ПВХ для содержания ремонтных маток и поросят на дорастивании. Для механизации процессов кормления свинопоголовья и удаления навоза будут разработаны и освоены производством комплект оборудования для автоматизированной раздачи сухих кормов при сложных трассах транспортирования и комплект оборудования для автоматизированного приготовления и нормированной раздачи жидких кормосмесей, оборудование для удаления навоза на свиноводческих фермах и комплексах с количеством свиноматок в станке от 800 до 1400 голов. Кроме того, предусмотрена разработка мобильного средства для внутривольевой перевозки свиней, системы диспетчеризации для автоматизации управления технологическими процессами раздачи кормов, теплоснабжения и микроклимата.

Реализация технологии производства яиц и мяса птицы (бройлеров) предусматривает разработку и производство комплекта клеточного оборудования для содержания родительского стада кур-несушек и ремонтного молодняка по аналогу оборудования фирмы «Zusati», комплекта клеточного оборудования для содержания родительского стада бройлеров и оборудования для сортировки яиц.

Анализ экономической эффективности реализации разработанной системы машин для комплексной механизации процессов в животноводстве и птицеводстве на 2009–2010 гг. показывает, что ее внедрение позволит по всем видам животноводческой продукции снизить удельные затраты труда в 1,5–2 раза, расход кормов на 30–50%, расход электроэнергии на 40–60%, топлива на 20–35%.

В результате научно обоснованного подхода к формированию машинно-тракторного парка в Республике Беларусь на основе концепции перспективной системы машин нами совместно с Министерством сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь предложен проект Постановления Совета Министров о программе создания и оснащения сельхозорганизаций республики перспективными машинами и оборудованием на 2011–2015 годы и проект Указа Президента Республики Беларусь «Об утверждении Республиканской программы оснащения сельскохозяйственного производства современной техникой на 2011–2015 годы и источниках ее финансирования в 2011 году».

УДК 631.171:338.36(476)

Самосюк, В.Г. **О научно-техническом обеспечении программы «Возрождение сельских территорий Республики Беларусь»** / В.Г. Самосюк // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Минск, 2010. – С.

В статье дан анализ планируемого научно-технического обеспечения программы «Возрождение сельских территорий Республики Беларусь». Рассмотрены перспективные системы машин для растениеводства и животноводства.

Samosyuk V.G.

On scientific and technical support of the program "Revival of Rural Areas of the Republic of Belarus"

The article analyzes the planned scientific and technical maintenance program "Revival of Rural Areas of the Republic of Belarus". Promising machine system for crop and livestock production.

УДК 631. 53.01

АНАЛИЗ ТЕНДЕНЦИЙ РАЗВИТИЯ СОВРЕМЕННЫХ ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНЫХ И СОРТИРОВАЛЬНЫХ МАШИН

В.П. Чеботарев, к.т.н.,

И.В. Барановский, к.т.н.,

А.А. Князев, к.т.н.,

П.М. Немцев

Республиканское унитарное предприятие

«НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»

г. Минск, Республика Беларусь

Аннотация

Ключевые слова

Постановка проблемы. Работа современного зерноочистительного оборудования основана на известных принципах сепарации зерновых смесей, успешно применяемых уже более 50 лет. Так, для разделения сепарируемого материала по размерам (ширине, толщине) применяют плоские или цилиндрические решета, по аэродинамическим свойствам – пневмосепарирующие каналы, по удельному весу – пневмосортировальные столы. Однако множество технических решений, реализованных в конструкциях представленных машин, отличается новизной и представляет интерес с позиции использования их при проектировании отечественных зерноочистительных машин.

В настоящее время в мире преобладает поточная технология послеуборочной обработки зерновых материалов. Она включает, как правило, четыре последовательные операции: предварительную очистку зернового материала, первичную, вторичную очистку, окончательную очистку (сортировку). В данной статье предпринята попытка отразить основные тенденции развития данного типа оборудования.

Машины предварительной очистки устанавливают в начале поточных линий обработки семенного материала или продовольственного зерна. Наиболее широкое применение для такой очистки получили машины, состоящие или только из пневмосепарирующих (Рис. 1), или только из решетных (Рис. 2) сепарирующих рабочих органов, или из обоих видов этих рабочих органов. Среди машин предварительной очистки в Западной Европе наибольшее распространение получили сепараторы, включающие цилиндрическое решето и пневмосепарирующую систему. Причем используются цилиндрические решета как с наружной рабочей поверхностью, так и с внутренней. В машинах предварительной очистки используют как разомкнутую, так и замкнутую пневмосистему либо с вертикальным пневмосепарирующим каналом, либо с наклонным. Также применяются как активные устройства ввода зернового материала в канал в виде питающего валика, так и пассивные в виде откидного клапана, скатной доски.

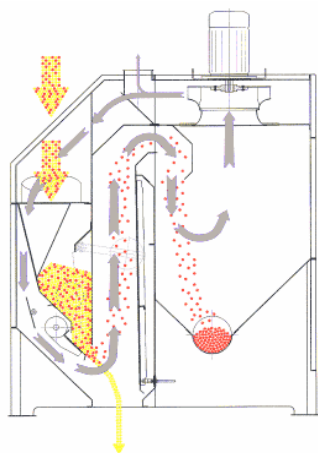


Рис. 1. Схема работы Schmid-Seeger ASU 200

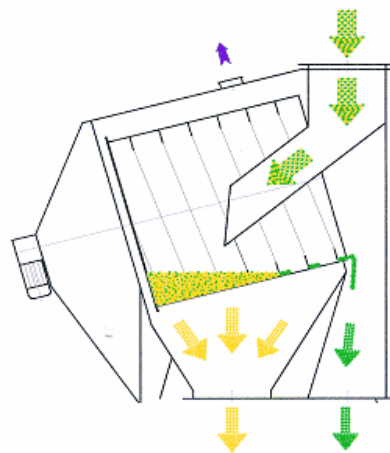


Рис. 2. Схема работы Schmid-Seeger SDS 1213

Во всех машинах предварительной очистки используется вертикальный или наклонный канал. Вводимый зерновой ворох продувается боковым воздушным потоком. Причем используют преимущественно наклонный канал с вводом вороха через откидной клапан. Сепараторы в большинстве своем имеют модульную конструкцию, любой модуль может работать как самостоятельная машина.

Определенной тенденции в последовательности очистки зерна сепарирующими рабочими органами этих машин не наблюдается: имеются машины, в которых пневмосепарирующие системы используются как в начале, так и в конце технологического процесса.

Сепараторы фирмы Zanin (модель PRA, Рис. 3) обладают производительностью от 15 до 200 $t/ч$ зернового материала, модель COMBI (Рис. 5) – от 30 до 50 $t/ч$. Сепараторы фирмы Law-Denis (модель EAC, Рис. 4) обладают производительностью от 5 до 400 $t/ч$. Сепараторы Denis Prive (модель NR, Рис. 6) обладают производительностью от 40 до 250 $t/ч$. Однако следует отметить, что все приведенные сепараторы могут обеспечить указанную производительность только при обработке пшеницы с удельным весом не менее $750 \text{ кг}/\text{м}^3$, влажностью не более 16% и с содержанием сорной примеси не более 2%.

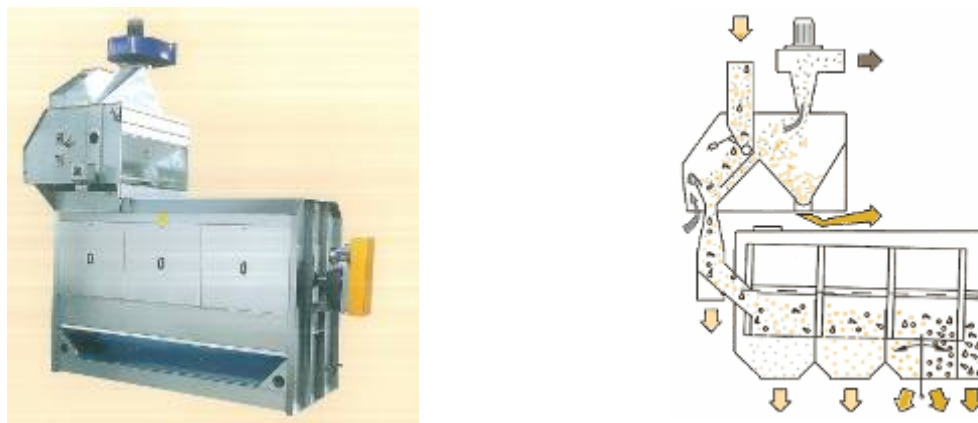


Рис. 3. Сепаратор Zanin PRA и схема его работы



Рис. 4. Сепаратор Law-Denis EAC



Рис. 5. Сепаратор Zanin COMBI

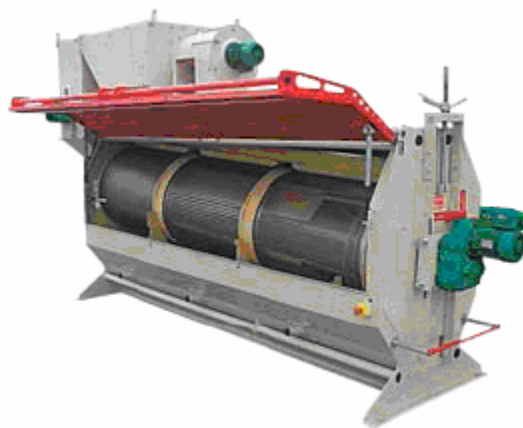


Рис. 6 .Сепаратор Denis Prive NR

Также в последнее время наметилась тенденция применения самотечных сепараторов для предварительной очистки (Рис. 7).

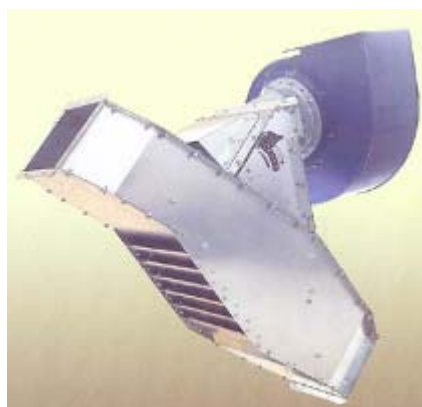


Рис. 7 .Пневмосепаратор Zanin PA-I и схема его работы

Корпус машин предварительной очистки выполняют на болтовых соединениях, как правило, из оцинкованного металла, при этом для изготовления решетной поверхности применяют металл без антикоррозионного покрытия, который после лазерной нарезки перфораций подвергают окраске.

Среди машин первичной очистки наиболее распространены воздушно-решетные сепараторы с вертикальными пневмосепарирующими каналами и плоскими качающимися решетками. Решетный стан машины состоит из колосового и подсевного решета, собранного в едином блоке, и предназначен для выделения сорной и зерновой примесей, отличающихся от зерна основной культуры по толщине и ширине. Машины таких конструкций представлены фирмами Riela и Neuego (рисунки 8 и 9).



Рис. 8. Машина первичной очистки Riela



Рис. 9. Машина первичной очистки Neupro UNI-SEED

Принципиального отличия между воздушно-решетными машинами первичной и вторичной очистки не существует. Можно лишь указать, что первые имеют один пневмосепарирующий канал, устанавливаемый в начале технологического процесса очистки, в то время как машины вторичной очистки снабжены двумя каналами – до и после решетных станков. Зарубежные производители не делают различий между машинами данных типов, указывая на их универсальность. Таким образом, машина вторичной очистки может быть использована для получения как продовольственного зерна, так и семенного материала. В отдельных случаях данный тип машин заявляют и для предварительной очистки зернового вороха (фирмы Westrup, Petkus).



Рис. 10. Westrup CC-2000



Рис. 11. Denis Prive NSD

Конструкция сепаратора модели NSD фирмы Denis Prive (Рис. 11) позволяет изменять функциональное назначение решет, используя их для выделения при необходимости крупных или мелких примесей.

Заслуживает также внимания конструкция центробежного вентилятора машины NSD, оснащенного фланцевым креплением и технологическим люком для очистки рабочего колеса от налипших примесей с целью устранения его дисбаланса.

Новая разработка фирмы Petkus – универсальная зерноочистительная машина А12 (Рис. 12), которая обеспечивает следующую производительность на различных режимах работы: на предварительной очистке – 40 *т/ч*, первичной очистке – 15 *т/ч*, вторичной очистке – 4 *т/ч*.

В отличие от универсальных машин предыдущего поколения (U-40, U-60) в данной разработке отсутствует сдвоенная облицовка пневмосепарационного блока, что упрощает конструкцию машины и снижает ее металлоемкость, кроме того, приводной вал установлен вблизи центра тяжести машины, обеспечивая снижение (в сравнении с аналогами) динамических нагрузок на опорные подшипники и раму. Решетный стан имеет антикоррозийное покрытие, обеспечивающее долговечность эксплуатации (Рис. 13).



Рис. 12. Универсальная зерноочистительная машина Petkus A12



Рис. 13. Решетный стан машины Petkus A12

Для окончательной обработки семян в поточных технологических линиях применяют пневмосортировальные столы, которые разделяют семенной материал по продуктивным признакам, а также обеспечивают выделение трудноотделимых примесей.

Пневмосортировальные столы, состоящие из деки с воздухопроницаемой поверхностью, аэродинамической системы, механизма вибропривода и приемника фракций, реализуют способ разделения зерна в псевдооживленном слое, образованном вибрациями и воздушным потоком.

На рисунке 14 представлен пневмосортировальный стол фирмы Акюрек нагнетательного действия G.MAC-010/PLC, на рисунке 15 – всасывающего действия T.MAC-009/PLC.



Рис. 14. Пневмосортировальный стол Акюрек G.MAC-010/PLC



Рис. 15. Пневмосортировальный стол Акюрек T.MAC-009/PLC

Технический уровень данных пневмосортировальных столов соответствует уровню лучших западноевропейских аналогов. В базовую комплектацию данного оборудования входят загрузочная нория, компенсационный бункер,

ленточный транспортер и система аспирации. По желанию заказчика машины могут комплектоваться блоком компьютерного управления, выполняющего настройку и контроль за параметрами оборудования с выводом информации о ходе технологического процесса на экран монитора. Следует отметить, что данное оборудование в 1,5–2 раза дешевле аналога фирмы Cimbrja.

Выводы

1. Послеуборочная обработка зерна и подготовка семенного материала в странах Западной Европы выполняются комплексом машин, включающим сепараторы следующего назначения: предварительной очистки, первичной очистки, универсальные машины, машины окончательной очистки.

В качестве основного сепарирующего рабочего органа машин предварительной очистки преимущественно применяют цилиндрическое решето, в машинах других типов – блок плоских решет, совершающих круговые или возвратно-поступательные движения.

2. При проектировании зерноочистительных машин используются преимущественно болтовые соединения узлов и деталей, что обеспечивает не только технологичность сборки, но и меньшую металлоемкость машин, а также привлекательный внешний вид. Решетные станы сепараторов изготавливают из металла с антикоррозийным покрытием.

3. Анализ конструкций представленных машин для послеуборочной обработки зерна показал, что наиболее высокий уровень автоматизации технологического процесса обеспечен у пневмосортировальных столов. Настройка воздушно-решетных машин на заданные режимы работы выполняется вручную.

4. При разработке универсальной зерноочистительной машины производительностью (в режиме первичной очистки) не менее 50 *т/ч* в качестве аналога может быть использована машина СС-2000 фирмы Westrup.

5. Разработке типоразмерного ряда пневмосортировальных столов для нужд Республики Беларусь на начальном этапе может способствовать организация совместного производства одной из моделей данного вида продукции. В качестве партнера может выступить фирма Akuyrek (Турция).

УДК 631. 53.01

Чеботарев, В.П. Анализ тенденций развития современных зерноочистительных и сортировальных машин / В.П. Чеботарев,

И.В. Барановский, А.А. Князев, П.М. Немцев // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Минск, 2010. – С.

В статье проанализированы основные направления развития средств механизации для послеуборочной обработки зерна и семян, а также приведены технологические схемы и технические решения, реализованные в конструкциях

современных зерноочистительных машин, не представленных на рынке Республики Беларусь. – *Рис. 15.*

ANALYSIS OF TRENDS IN MODERN GRAIN CLEANING AND SORTING MACHINES

Chebotarev V.P., Baranovski I.V., Kniazev A.A., Nemtsau P.M.

The paper analyzes the main trends of development of means for post-harvest handling of grains and seeds, as well as the technological scheme and the technical solutions implemented in the design of modern grain-cleaning machines that are not represented in the Belarusian market.

УДК

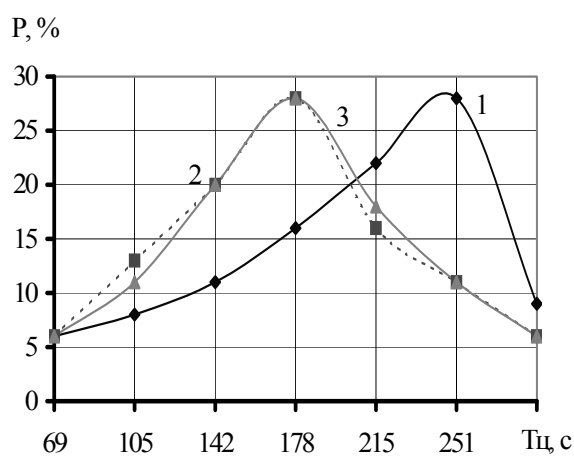
К РАСЧЕТУ СИСТЕМЫ ПОДГОТОВКИ ВЫМЕНИ КОРОВ К ДОЕНИЮ

Чепурина Е.Л., к.т.н., доцент
ФГОУ ВПО МГАУ

Аннотация

Ключевые слова

Постановка проблемы. Эффективность производства сельскохозяйственной продукции, и в частности молока, во многом зависит от качества выполнения технологических процессов, рационального использования труда обслуживающего персонала. Используемые средства механизации и организация работы оператора машинного доения не обеспечивают качественного подмывания вымени коров, имеют место дополнительные затраты ручного труда, нерациональный расход воды и ухудшение микроклимата в животноводческом помещении из-за чрезмерного увлажнения и загрязнения стойл.



Процесс подмывания вымени коров в стойлах характеризуется периодическим расходом воды заданной температуры. Знание режима расхода ее на подмывание вымени в течение процесса доения и структуры потоков, характеризующих работу системы, позволяет обосновать не только ее вместимость, но и параметры линий транспортировки воды. Структура потоков, характеризующая рабочий процесс подмывания вымени коров, может быть различной и зависит от числа исполнителей (операторов машинного доения). Процесс работы системы зависит от структуры входящих потоков, создаваемых оператором машинного доения,

которые можно характеризовать (рис. 1): временным интервалом работы системы – T ; величиной расхода воды – $q=a$; длительностью цикла – $T_{ц}$, которая зависит от времени подмывания вымени коровы – t_p и времени прерывания процесса подмывания – t_0 . Если предположить, что на интервале времени T укладывается m циклов с продолжительностью $T_{ц1}, T_{ц2}, \dots, T_{цm}$, то длительность этого интервала можно определить по формуле $T = T_{ц1} + T_{ц2} + \dots + T_{цm} = m T_{ц\text{ ср}}$,

где $T_{ц\text{ ср}}$ – средняя продолжительность одного цикла.

Рис. 1. Временные характеристики расхода воды в системе

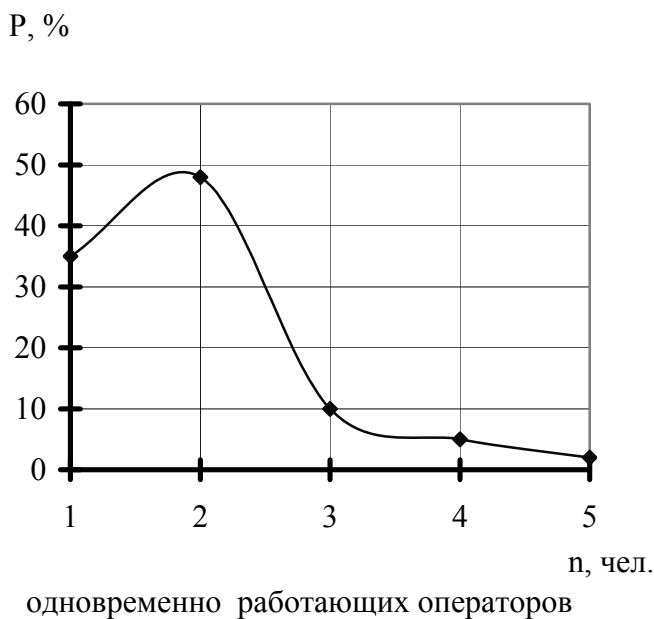
При работе одного оператора машинного доения вероятность отбора воды на нужды подмывания $P(q = a)$ определяется по формуле

$$P(q = a) = \sum \frac{t_p}{m T_{ц\text{ ср}}} = \frac{t_{\text{рсп}}}{T_{ц\text{ ср}}},$$

где $t_{\text{рсп}} = \sum \frac{t_p}{m}$ – средняя продолжительность подмывания вымени, с.

В случае работы нескольких операторов машинного доения процесс разбора воды на подмывание вымени коров усложнится. При работе группы операторов машинного доения создается суммарный поток, при котором число одновременно работающих операторов подчиняется биномиальному закону распределения с вероятностью 0,8–0,86 (рис. 2) со следующими временными характеристиками: среднее время одновременной работы двух операторов – 14 с,

трех операторов – 9 с, четырех операторов – 5 с.



Основным параметром системы по обеспечению технологического процесса водой является ее вместимость. Расход воды на мойку небольшой (1,5–2,0 л), поэтому для малых ферм весь запас нагретой воды целесообразнее хранить в баке, нежели подавать ее непосредственно из водопровода с использованием проточного нагревателя. Система должна вмещать не только объем воды на очистку вымени коров от загрязнений, но и на мойку

оборудования плюс некоторый запас на текущие хозяйственные расходы.

С целью повышения надежности работы системы при перебоях в работе водоснабжения животноводческих объектов расчетный объем бака необходимо увеличить с учетом кратности его использования в течение суток ($n_k = 2-3$).

При обслуживании 100 и более коров вместимость системы необходимо уменьшить за счет непрерывной подпитки бака из водопроводной сети. В этом случае подача теплой воды из бака к распылителям может осуществляться

напорным насосом или давлением воздуха, нагнетаемого в бак, который занимает часть объема бака V_v . (рис. 3).

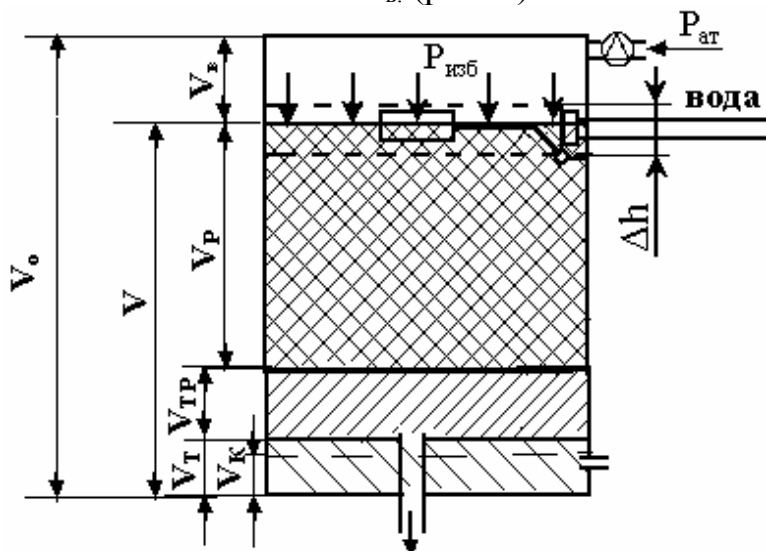


Рис. 3. Схема бака-накопителя при непрерывном заполнении и расходе воды

В первом случае приток воды в бак за время цикла должен быть больше расхода ее на подмытие.

Для создания пульсирующего потока подмывочной жидкости использован мембранный насос с пневмоприводом. Напор в системе должен быть равным

$$H = p + h_l + h_m,$$

где p – давление воды у выхода из распылителей подмывочного устройства, кПа; h_l, h_m – потери напора по длине питающего трубопровода и в местных сопротивлениях его, кПа.

Линия подачи воды может работать в двух режимах: при воздействии на поверхность воды атмосферного давления (стационарный режим) и повышенного давления, создаваемого сжатым воздухом или мембранным насосом (рис. 3). В линии всасывания воды в насос потери напора компенсируются за счет геодезического напора воды в баке.

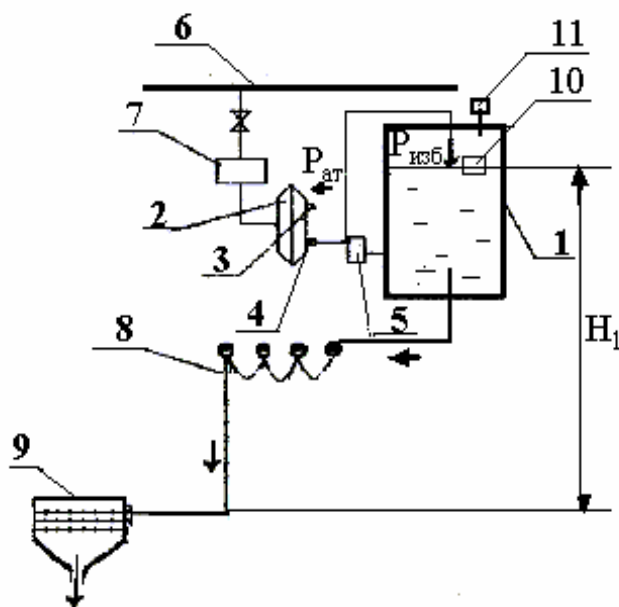


Рис. 3. Схемы подачи воды при повышенном давлении в системе:

1 – бак-накопитель воды; 2 – мембранный насос; 3 – всасывающий клапан; 4 – нагнетательный клапан; 5 – перепускной клапан; 6 – вакуумпровод доильной установки; 7 – пульсатор; 8 – питающий трубопровод; 9 – чаша обмыва вымени; 10 – клапанно-поплавковое устройство; 11 – регулятор давления воздуха

Для модульной группы животных (25 коров) целесообразно иметь бак вместимостью 50 л. При увеличении числа обслуживаемых животных объем бака соответственно увеличивается (рис. 4) или постоянно подпитывается из магистрального водопровода.

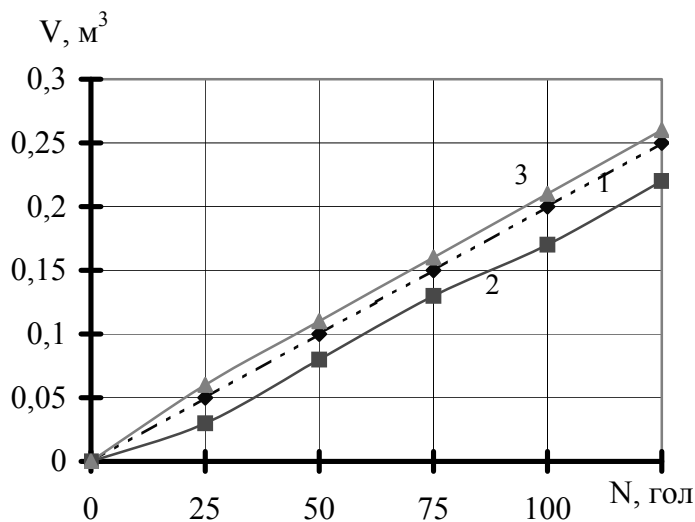


Рис. 4. Зависимость вместимости предлагаемой системы от количества обслуживаемых животных: 1 – с периодическим пополнением воды, 2 – с непрерывным пополнением воды, 3 – бак для сбора отработанной воды

П
одача
насоса
в
первом
варианте
создани
я

напора воды в системе и давления воздуха в баке во втором варианте

зависят от расхода воды за один цикл подмывания вымени животного перед доением (30–35 с). При работе одного оператора частота пульсов насоса должна быть в пределах 20–23 в минуту. При подаче воды в зону подмывания вымени коровы в системе возникают гидравлические сопротивления (рис. 5), которые увеличиваются по мере растяжения трубопровода вдоль стойл.

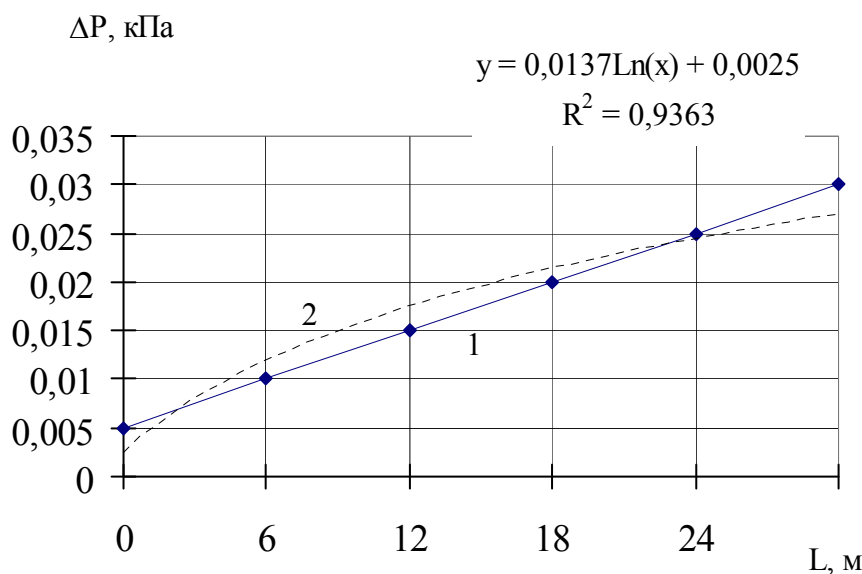


Рис. 5. Зависимость суммарных потерь напора от размещения чаши подмывания вымени по длине расположения стойл: 1 – экспериментальная; 2 – теоретическая

Характер механического воздействия на вымя

при подмывании зависит от силы удара струи, скорости истечения воды и диаметра водовыпускного отверстия. Необходимое количество водовыпускных отверстий и их площадь определяем по следующим зависимостям:

$$n_{отв} = \frac{F_{отв}}{f_{\phi}} = \frac{4F_{отв}}{\pi \cdot d_{отв}^2 \cdot k'}$$

где $F_{отв}$ – общая площадь обмываемой поверхности, m^2 ; f_{ϕ} – площадь обмыва отнесенная к одному отверстию, m^2 ; $d_{отв}$ – диаметр отверстия (насадка), м;

k' – коэффициент, учитывающий параметры факела распыла воды; $n_{отв}$ – количество отверстий в чаше подмывания вымени, шт.

В процессе подмывания вымени важное значение имеет не только степень очистки, но и эффект массажа давлением струй воды, что должно способствовать созданию рефлекса молокоотдачи у коровы к моменту надевания доильных стаканов, что обеспечивается силой удара струи с поверхностью вымени, зависящей от давления струи на выходе из сопла и расстояния.

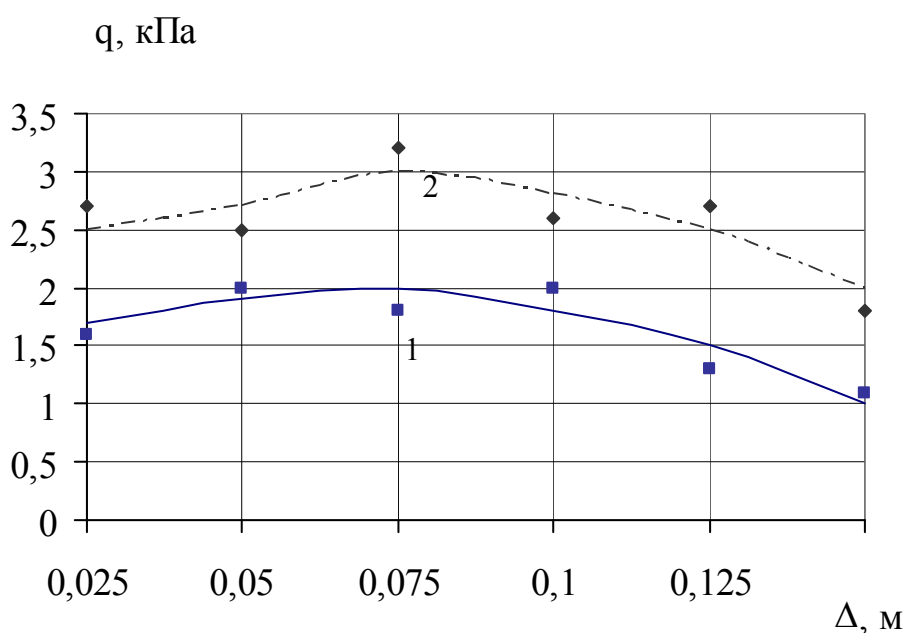


Рис. 6.
Зависимость давления струи воды о поверхность вымени от зазора между разбрызгивателем и поверхностью вымени:
1 – при $P = 100$ кПа,
2 – при $P = 150$ кПа

Проверка качества очистки вымени на бактериальную обсемененность показала достаточную чистоту при использовании исследуемой системы – на 1 см^2 поверхности вымени было менее 2,5 тыс. бактерий, что соответствует допустимому пределу этого показателя зоотребованиям.

Систему подмывания вымени (рис. 7) выполняют в мобильном варианте с расположением устройства подвески вдоль стойл коровника, по натянутому тросу которого передвигается подмывочное устройство со шлангами. Баки для

нагрева воды и сбора ее после подмывания установлены неподвижно. Подмывочное устройство оборудовано воронкой для сбора загрязненной воды.

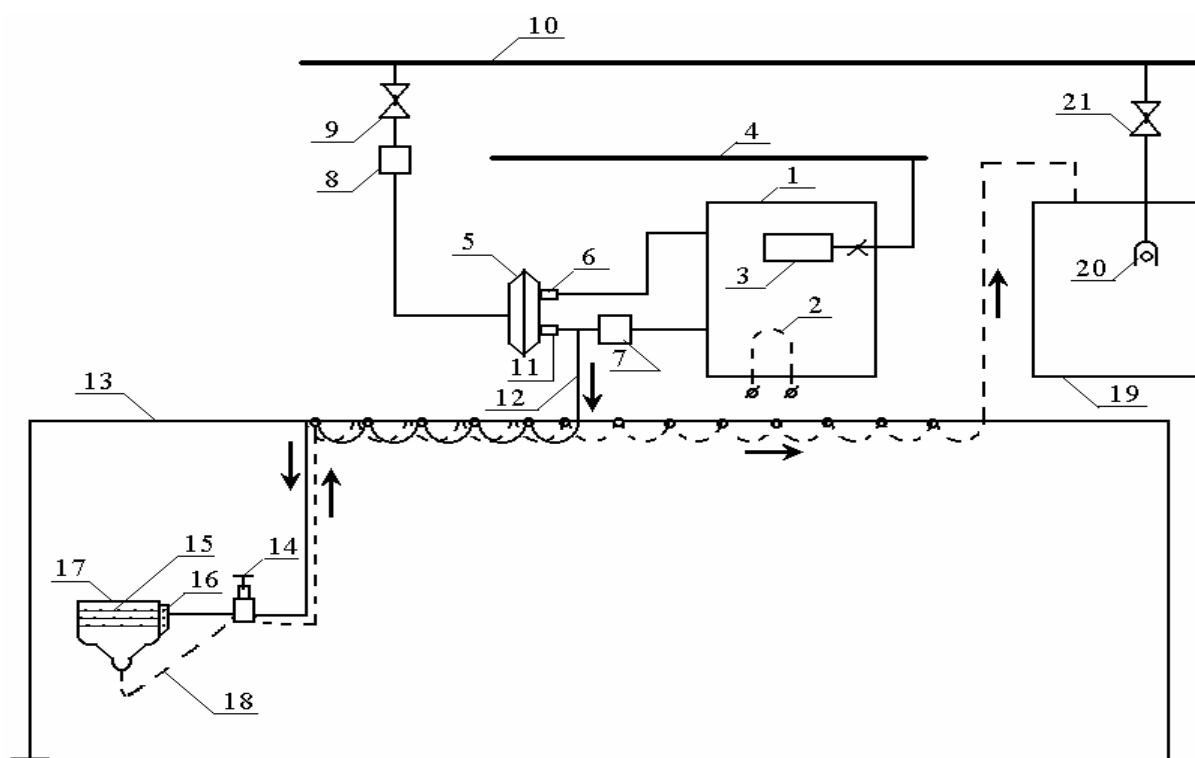


Рис. 7. Мобильная система подмывания вымени животных в стойлах:

1 – бак подогрева воды, 2 – нагревательное устройство, 3 – клапанно-поплавковое устройство, 4 – магистральный трубопровод, 5 – мембранный насос, 6 – впускной клапан, 7 – перепускной клапан, 8 – пульсатор, 9 – кран, 10 – вакуумпровод доильной установки, 11 – выпускной клапан, 12 – питающий трубопровод, 13 – несущий элемент (трос подвески), 14 – переключатель потоков, 15 – чаша обмыва вымени, 16 – распределительный трубопровод, 17 – распыливающие насадки, 18 – отводной трубопровод, 19 – бак-накопитель загрязненной воды, 20 – предохранительный клапан, 21 – кран

Таким образом, установлены рациональные режимные и конструктивные параметры мобильной системы подмывания вымени коров в стойлах коровников:

- время расхода воды за цикл одним оператором – 18...24 с, группой операторов – 14...18 с;
- напор воды в системе 150...200 кПа при скорости истечения 0,8...1,0 м/с, что обеспечивает силу давления струи на поверхность вымени 2...3 кПа;
- суммарная площадь водовыпускных отверстий распылителя – $6,3 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2$ при диаметре одного отверстия 1,5 мм;
- суммарные потери напора воды в системе – 0,011...0,023 кПа;
- мощность нагревателя для поддержания заданного температурного режима в системе при обслуживании 25 коров – 0,8 кВт/ч;
- вместимость системы в расчете на 25 коров – 50 л..

Использование усовершенствованной системы подмывания вымени коров сокращает затраты труда оператора машинного доения на операциях подготовки вымени коров к доению на 25 % за счет сокращения времени на улучшение условий труда операторов и уменьшение загрязненности стойл из-за уменьшения количества подмывочной воды, попадающей на пол стойл, что способствует повышению качества сдаваемого молока 1 сортом на 2 %.

Все это позволяет получить годовой экономический эффект в размере более 20,0 тыс. руб. на одну установку для модульной группы животных (25 коров).

УДК

К ОБОСНОВАНИЮ НАПРАВЛЕНИЙ МОДЕРНИЗАЦИИ РЕМОНТНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ ПРЕДПРИЯТИЙ ЭКСПЛУАТИРУЮЩИХ СЕЛЬХОЗТЕХНИКУ

Кушнарев Л.И., д.т.н., профессор
ФГОУ ВПО МГАУ

Аннотация - в работе проведено обоснование основных направлений модернизации ремонтно-технической базы предприятий эксплуатирующих сельскохозяйственную технику, в первую очередь, крупных сельскохозяйственных предприятий и машинно-технологических станций всех организационно-правовых форм. В качестве основных направлений модернизации базы определены расширение и реконструкция действующих мастерских с заменой устаревшего ремонтно-технологического оборудования. Параметры модернизации должны определяться на основе организационно-технологического проектирования и технико-экономического обоснования объектов базы.

Ключевые слова - машинно-тракторный парк (МТП), технический сервис, техническое обслуживание (ТО), ремонт, ремонтно-техническая база (РТБ), модернизация, развитие, расширение, реконструкция.

Постановка проблемы. Система средств технического сервиса машин и оборудования предприятий эксплуатирующих сельскохозяйственную технику включает:

на первом уровне – объекты ремонтно-технических баз подразделений хозяйства (мастерские РТБ (с теплыми стоянками), машинные дворы с площадками межсменного и длительного хранения машин, их разгрузки-погрузки, объектами для хранения съемных узлов и агрегатов, ангары для хранения комбайнов и сельхозмашин и др.);

на втором уровне – объекты ремонтно-обслуживающей базы центральной усадьбы хозяйства (ЦРМ, ЦМД с ангарами и цехом для ремонта комбайнов и др. сложных сельхозмашин, автогараж с профилакторием и др.).

Каждый уровень ремонтно-технической базы хозяйств – представляет собой комплекс стационарных и передвижных средств для технического обслуживания машин растениеводства и животноводства. Стационарные объекты базы позволяют выполнять техническое обслуживание и ремонт машин в любое время года с соблюдением всех технических требований на проведение технологических операций, а также санитарно-гигиенических условий для обслуживающего персонала. В соответствии с уровнями системы технического обслуживания машинно-тракторного парка разработана система передвижных и стационарных средств. Передвижные средства включают механизированные заправочные агрегаты, агрегаты технического обслуживания, передвижные ремонтные мастерские, передвижные диагностические установки.

За последние годы ремонтно-обслуживающая база АПК не только не получила должного развития, связанного с применением новых технологий технического сервиса, улучшением труда и быта ремонтно-обслуживающего персонала, но и утратила свой технологический уровень. Если в 1990 г. уровень обеспеченности хозяйств центральными ремонтными мастерскими составлял около 87 %, а мастерскими ремонтно-технической базы около 70 %, то в настоящее время он снизился соответственно до 60 и 55 %. Только около половины объектов изначально были построены по типовым проектам, теперь уже устаревшим и не отвечающим требованиям к объектам базы, предназначенной для ремонта крупногабаритной и энергонасыщенной техники, как по высоте так и по площади ремонтно-монтажных участков мастерских.

За последние 15 лет в хозяйствах не построено ни одной новой ремонтной мастерской, а имеющиеся приходят в негодность по мере их физического износа. Практически полностью требует замены технологическое оборудование, оснастка и приспособления. Наиболее тяжелая ситуация с обеспеченностью сельскохозяйственных предприятий, их подразделений квалифицированными кадрами специалистов по техническому сервису современных и энергонасыщенных тракторов и комбайнов, особенно импортного производства. В ближайшие, примерно 5–10 лет будет продолжаться широкое использование тракторов и комбайнов производимых длительное время отечественными заводами-изготовителями. В тоже время в этот период будут разрабатываться и начнут выпускаться машины по своему техническому уровню и параметрам надежности близкие к зарубежным аналогам (этого требует жесткая рыночная конкуренция), но имеющие цены значительно ниже зарубежных аналогов [1].

С одной стороны, это потребует, в первую очередь, переоснащения объектов ремонтно-обслуживающей базы основным технологическим оборудованием и оснасткой; с другой – приведет к снижению объемов работ по техническому сервису, что в любом случае положительно скажется на уровне и эффективности использования сельскохозяйственной техники. В тоже время это потребует подготовки и обеспечения рабочих мест и постов объектов технического сервиса квалифицированными специалистами-ремонтниками.

Усложнение конструкции ответственных узлов и агрегатов тракторов и комбайнов при повышении их надежности потребует разработки и применения специального оборудования для их технического обслуживания и ремонта. Связанное с этим уменьшение трудоемкости и объемов работ по техническому

сервису, а также требование эффективной загрузки дорогостоящего ремонтно-технологического оборудования потребуют перераспределения ремонтно-обслуживающих работ между объектами и уровнями ремонтно-обслуживающей базы АПК. Это в свою очередь приведет к повышению уровня специализации производства на предприятиях технического сервиса.

Проведенные исследования по обоснованию рационального распределения ремонтно-обслуживающих работ показывают высокую эффективность проведения таких обоснований особенно для конкретных условий функционирования региональных и районных АПК, т. к. такой подход позволяет максимально учитывать фактическое состояние объектов технического сервиса, уровень их технической оснащенности основным ремонтно-технологическим оборудованием, обеспеченность квалифицированными кадрами механизаторов и специалистами по техническому сервису [2].

Необходимость скорейшего проведения модернизации объектов ремонтно-технической базы подтверждается следующими факторами:

- состоянием организации технического сервиса машин и оборудования АПК и кадровым обеспечением сферы технического сервиса;
- неудовлетворительным состоянием объектов ремонтно-технической базы АПК и уровнем оснащенности основным ремонтно-технологическим оборудованием, оснасткой и приспособлениями;
- развитием сельскохозяйственной техники, усложнением ее конструкции за счет применения современных технических и информационно-технологических разработок, повышающих надежность функционирования технических систем;
- повышением надежности сложных и ответственных узлов и агрегатов машин и расширением применения их агрегатного ремонта;
- необходимостью повышения уровня специализации работ по техническому сервису с целью повышения его качества и эффективности;
- постепенным снижением трудоемкости и объемов работ по техническому сервису МТП за счет повышения технического уровня и показателей надежности современных энергомашин;
- применением рационального распределения видов и объемов работ по техническому сервису между различными объектами ремонтно-обслуживающей базы АПК и развития на этой основе ее научно-обоснованной специализации;
- необходимостью технологически и экономически обоснованного обеспечения объектов ремонтно-обслуживающей базы специализированным современным ремонтно-технологическим оборудованием, оснасткой и приспособлениями;
- становлением и развитием дилерских предприятий районного и регионального уровней в системе технического сервиса АПК.

Технический уровень отечественных машин (в отличие от зарубежной техники) мало соответствует требованиям повышения производительности труда работников, занятых их эксплуатацией. Нарботка на отказ зерноуборочных и кормоуборочных комбайнов не превышает 6–8 часов. Почвообрабатывающие машины имеют в смену 2–3 отказа. Высока продолжительность и стоимость устранения последствий отказов и технологической подготовки машин к работе.

Нестабильность регулировок не только ухудшает качество работ и ведет к потерям продукции, но и увеличивает тяговое сопротивление машин, что на 15–20 % снижает производительность агрегатов и на 20–25 % увеличивает расход топлива.

Основными организационно-экономическими причинами необходимости модернизации объектов технического сервиса всех уровней являются:

сравнительно низкий уровень показателей надежности и эффективности отечественной сельхозтехники;

несовершенство форм и методов организации выполнения механизированных работ и услуг технического сервиса;

отсутствие кооперации и специализации в использовании техники и ремонтно-обслуживающей базы;

низкий уровень организации технического сервиса в АПК, недостаточная обоснованность производственных параметров и технической оснащенности структур технического сервиса, их ремонтно-технической базы;

несовершенство экономического механизма, регулирующего взаимоотношения в системе технического сервиса АПК.

Развитие техники, усложнение ее конструкции требует разделения и специализации труда механизаторов и ремонтно-обслуживающего персонала. Механизатор должен специализироваться преимущественно на выполнении механизированных работ. Участие его в обслуживании и ремонте техники должно быть только в свободные от механизированных работ периоды. Выполнение же основных объемов работ по подготовке и обслуживанию техники, в том числе и в период выполнения механизированных работ, должно быть возложено на специализированных работников инженерной службы. Это позволяет значительно повысить производительность труда, сократить потребность хозяйств в технике, трудовых ресурсах, в итоге снизить трудоемкость и себестоимость механизированных работ.

В основе определения производственных мощностей объектов ремонтно-обслуживающей базы как сельскохозяйственных, так и ремонтно-обслуживающих предприятий лежит трудоемкость технического обслуживания и ремонта с.-х. техники. Оценка обеспеченности агропромышленного комплекса Ростовской области объектами ремонтно-обслуживающей базы определена путем обследования хозяйств и районных РТП Зерноградского и Песчанокопского районов (рис. 5).

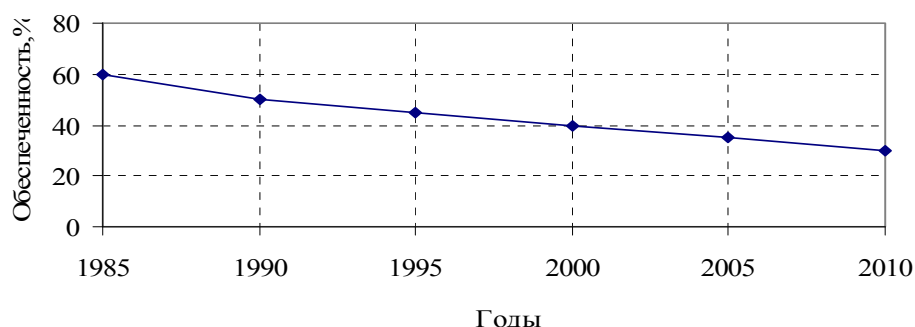


Рис. 5. Обеспеченность АПК ремонтно-обслуживающей базой

Обеспеченность АПК области, в первую очередь с.-х. предприятий типовыми мастерскими по техническому обслуживанию и ремонту сельскохозяйственной техники ниже уровня общей обеспеченности на 9–12 %. Более половины крупных с.-х. предприятий (56 %) не имеют типовых центральных ремонтных мастерских, одна типовая мастерская ремонтно-технической базы подразделения приходится в среднем на две бригады или отделения. С 1985 по 2005 год обеспеченность АПК Ростовской области ремонтно-обслуживающей базой снизилась с 60 % до 35 % и эта тенденция сохраняется, так как сельскохозяйственные предприятия не имеют финансовых возможностей для нового строительства мастерских.

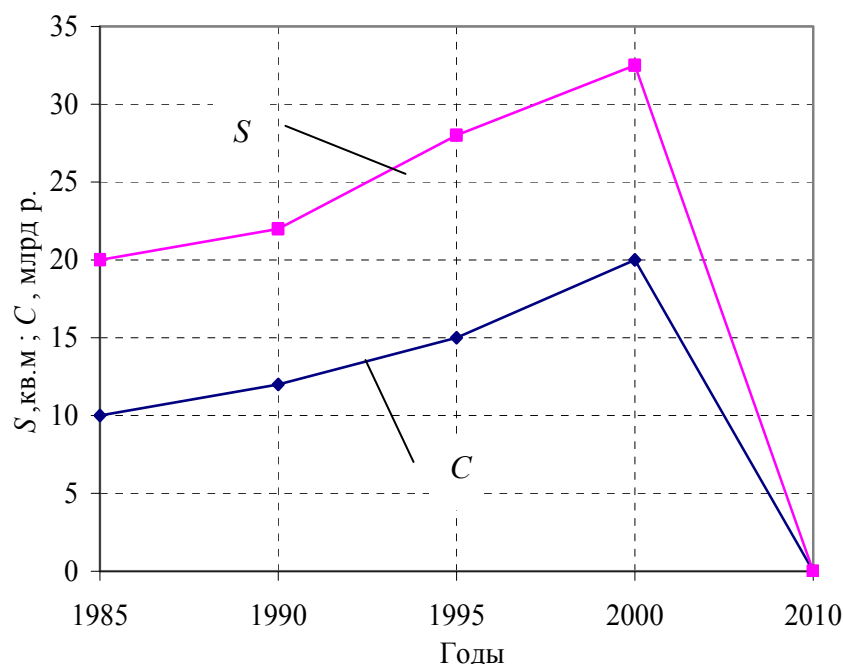


Рис. 6. Потребность в производственных площадях S и инвестициях C районной ремонтно-технической базы

Дополнительная потребность с.-х. предприятий среднестатистического административного района Ростовской области в производственных мощностях ремонтных мастерских без применения фирменного метода технического сервиса превышает 400 тыс. чел.-ч или 20 000 квадратных метров общей стоимостью более 5,0 млрд. руб. (рис. 6). Суммарная потребность в капиталовложениях на эти цели по такому региону как Ростовская область превышает 186 млрд. руб.

Расчеты и анализ состояния производственно-технической базы технического сервиса за рубежом показывают, что дополнительная потребность в производственных мощностях при внедрении фирменного метода технического сервиса может быть полностью обеспечена имеющимися, за счет снижения объемов ремонтно-обслуживающих работ.

2.

| | |
|-----------------------------------|--|
| Фамилия | Кушнарев |
| Имя | Леонид |
| Отчество | Иванович |
| Год рождения | 1956 |
| Адрес E-mail | kushnarev@msau.ru |
| Мобильный телефон | 89160553141 |
| Контактный телефон с кодом города | – |
| Факс с кодом города | – |
| Почтовый адрес с индексом | 127550, Москва, Лиственничная аллея, 16а, корп.4 |
| Ученая степень | Доктор технических наук |
| Ученое звание | Профессор |
| Полное название места работы | ФГОУ ВПО МГАУ |
| Адрес места работы | 127550, Москва, улица Тимирязевская, 58 |
| Подразделение | Кафедра «Информационные системы в экономике» |

Таким образом, современная модернизация объектов технического сервиса сельскохозяйственных предприятий должна осуществляться по следующим направлениям:

– расширение и реконструкция действующих объектов технического сервиса, и в первую очередь мастерских РТБ подразделений хозяйств и ЦРМ хозяйств, в направлении увеличения размеров монтажно-демонтажных участков по их высоте и производственной площади до требований утвержденных типовых проектов мастерских;

– строительство недостающих объектов ремонтно-технических баз подразделений технического сервиса сельскохозяйственных предприятий для проведения моечных, диагностических операций, консервации и расконсервации машин и т.д.;

– строительство новых мастерских РТБ подразделений и ЦРМ хозяйств по действующим типовым проектам, но с учетом рационального распределения работ по техническому сервису между мастерскими различных уровней ремонтно-обслуживающей базы АПК;

– организация работ и специализация рабочих мест и участков мастерских хозяйств максимально должны быть ориентированы на проведение специализированного технического обслуживания и применение агрегатного метода ремонта;

– оснащение основным ремонтно-технологическим оборудованием должно осуществляться с учетом рационального распределения работ по техническому сервису между мастерскими различных уровней ремонтно-обслуживающей базы АПК и специализации рабочих мест и участков мастерских на применение агрегатного метода ремонта.

З.Орсик Л.С. Рекомендации по улучшению производственно-технологической деятельности МТС / Л.С. Орсик, В.М. Михлин, Л.И. Кушнарев, Н.М. Хмелевой // Машинно-технологическая станция. - 2001. - Вып. 12. - С. 5-14.

УДК

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АПК

Кушнарев Л.И., д.т.н., профессор
ФГОУ ВПО МГАУ

Аннотация

Ключевые слова

Постановка проблемы. Организация системы технического сервиса в настоящее время характеризуется крайней степенью дезинтеграции. Тысячи мелких предприятий предоставлены практически сами себе, они не имеют возможностей осуществлять осмысленную техническую политику, не способны проводить эффективные маркетинговые исследования, организовать достаточно широкую рекламную деятельность, готовить кадры и оказывать эффективные услуги производителям сельскохозяйственной продукции в освоении прогрессивных технологий, приобретении технологических комплексов машин и оборудования, монтаже, наладке, техобслуживании и ремонте их в продолжение всего срока эксплуатации.

Объединение сервисных предприятий в локальные системы под патронажем изготовителей техники или региональных управленческих структур пока не получило такого развития, которое могло бы существенно изменить ситуацию. Дело в том, что отечественные заводы-изготовители сложных машин массового производства сократили объем выпуска техники в десять и более раз и находятся в тяжелейшем экономическом состоянии. Они не могут оказать существенную помощь сервисным предприятиям в ближайшие годы для обеспечения исправности даже своих ранее изготовленных машин, находящихся в эксплуатации.

На данный момент сложно судить об эффективности той или иной схемы системы технического сервиса. Несмотря на кажущуюся простоту организационных преобразований, они требуют должного научного обоснования по следующим направлениям:

– технико-экономическая оценка возможных вариантов организации производства высококачественной техники и обоснование концепции перспективного развития технического сервиса машин и оборудования в АПК Российской Федерации;

– разработка экономико-правового механизма стимулирующего производство высококачественной техники, ее высокоэффективное сервисное сопровождение в сфере использования по назначению;

- разработка экономического механизма взаимоотношений между производителями, сервисными структурами и потребителями сельхозтехники;
- обоснование оптимального (рационального) распределения функций и работ в системе технического сервиса между исполнителями всех уровней и направлений деятельности и выбор высокоэффективных форм и методов организации производственных и вспомогательных процессов с учетом правового статуса предприятий-участников.

И машиностроители, и производители услуг должны быть экономически заинтересованы в повышении эффективности с.-х. производства, т.к. именно сельские товаропроизводители – основные потребители их продукции и услуг, гаранты их экономического благополучия. Из прибыли сельского товаропроизводителя оплачиваются машины и услуги, что и определяет его приоритет. Инженерно-техническое обеспечение включает обоснование разрабатываемых средств механизации, их проектирование, производство и доведение до потребителя, использование по назначению и поддержание их в работоспособном состоянии (техническое обслуживание и ремонт).

В условиях рыночных отношений система технического сервиса должна быть саморегулируемой, нацеленной на повышение качества, надежности и эффективности машин и оказываемых услуг технического сервиса, увеличение производства с.-х. продукции, если на деле обеспечен приоритет сельского товаропроизводителя.

В основу эффективной деятельности системы технического сервиса АПК региона должны быть положены следующие принципы:

1. Система технического сервиса строится исходя из признания приоритета производителя сельскохозяйственной продукции - потребителя машин и услуг. Все элементы системы: машиностроение, ремонтно-обслуживающее производство и производитель с.-х. продукции ориентированы на получение наибольшего ее количества, с высоким качеством при наименьших издержках производства.

2. Производственно-техническую базу предприятий и подразделений технического сервиса составляют объекты ремонтно-обслуживающих производств областных и районных предприятий технического и технологического сервиса, реорганизуемых и действующих колхозов, совхозов и других предприятий.

3. Разнообразие форм, методов и исполнителей технического и технологического сервиса сельских товаропроизводителей, включая участие заводов-изготовителей, в том числе и зарубежных машиностроительных фирм в поставках селу техники, при условии ее фирменного технического сервиса.

4. Деятельность предприятий системы технического сервиса должна регулироваться с помощью законодательных актов, основным из которых должен быть Закон «О защите прав потребителей сельхозтехники и другой продукции производственно-технического назначения».

5. Экономический механизм регулирования взаимоотношений в системе технического сервиса должен основываться на взаимовыгодном сотрудничестве всех элементов системы при условии обеспечения приоритета производителя сельхозпродукции.

6. Для инвестирования деятельности системы технического сервиса целесообразно использовать кредиты банков, лизинговых компаний и других, создавая условия привлекательности инвестиций в АПК.

Таким образом, целью вертикально-интегрированной системы технического сервиса является создание условий для подъема сельскохозяйственного производства, обеспечения конкурентоспособности его продукции путем внедрения высокоэффективных технологий, технических средств, форм и методов организации производственных процессов, разумного государственного управления АПК в условиях рыночных отношений.

Принимая во внимание продолжающееся снижение технического потенциала АПК, сокращение и старение количественного и марочного состава его машинного парка, необходимо техническую политику в сельскохозяйственном производстве строить, опираясь на ускоренное развитие машинно-технологических станций (МТС) различных уровней (межрайонных, районных, межхозяйственных и внутрихозяйственных).

Общей задачей системы является инженерно-техническое обеспечение процессов производства, хранения, переработки и реализации сельхозпродукции и продовольственных товаров. В зависимости от решаемых задач, территориального расположения и административной подчиненности систему технического сервиса Российской Федерации следует рассматривать как 4-х уровневую, каждый из которых будет иметь свой комплекс конкретизированных задач.

1. На уровне сельхозпредприятий и агрофирм (1 уровень):

планирование и организация выполнения всего комплекса механизированных и других работ по своевременному и качественному обеспечению процессов производства сельхозпродукции;

обеспечение и поддержание работоспособности машин и оборудования непосредственно в процессе их использования по назначению с наименьшими затратами времени и других производственно-технических ресурсов;

внедрение мероприятий по повышению эффективности сельскохозяйственного производства, технического обслуживания и ремонта машин за счет внедрения современных технологий, технических средств, форм и методов организации использования сельскохозяйственной техники;

оперативное планирование, ведение учетно-отчетной документации и анализа использования техники, топливно-смазочных материалов и др. ресурсов, обеспечение роста производительности труда и снижения производственных затрат.

2. На уровне районов области:

практическая реализация единой технической политики комплексной механизации сельхозпроизводства и технического сервиса процессов с учетом рациональных специализации, концентрации и кооперирования производства;

формирование рациональной структуры, обоснование мощности и размещения обслуживающих предприятий и подразделений в соответствии с программой технического развития района;

планирование машинного парка и его эффективного использования в соответствии с объемами производства и энерговооруженностью хозяйств;

совершенствование взаимоотношений между сельскохозяйственными и обслуживающими предприятиями, изготовителями и поставщиками сельхозтехники и других материальных ресурсов, проведение мероприятий по снижению стоимости выполняемых работ и оказываемых услуг;

внедрение высокоэффективных технологий, технических средств, форм и методов организации производственных и вспомогательных процессов;

контроль состояния производственной и технической эксплуатации МТП, транспорта, тепло- и энергооборудования, обеспечивающий охрану окружающей среды, безопасность работ и ресурсосбережение;

совершенствование учета и отчетности предприятий по использованию, техническому обслуживанию и ремонту сельхозтехники, машин и оборудования переработки, тепло- и энергооборудования;

организация подготовки и повышения квалификации кадров механизаторов и инженерно-технических работников;

участие в планировании и финансировании программ технического развития района за счет привлечения средств районного бюджета, коммерческих структур, обслуживающих и сельскохозяйственных предприятий.

3. На региональном уровне:

разработка и проведение единой технической политики в рамках административных районов по комплексной механизации и автоматизации технологических процессов с.-х. производства с учетом достижений научно-технического прогресса, эффективному использованию техники и ее техническому сервису, обеспечению производственно-техническими ресурсами;

долгосрочное планирование инженерно-технического развития районов, их технического потенциала, реализация мероприятий по реструктуризации с.-х. производства, созданию предприятий и подразделений, обеспечивающих высокоэффективное использование с.-х. техники, производственно-технической базы, трудовых и материальных ресурсов;

координация усилий и совершенствование взаимоотношений в системе технического сервиса, а также с изготовителями и поставщиками с.-х. техники и другой продукции производственно-технического назначения и сельхозтоваропроизводителями;

с целью гарантированного обеспечения приоритета сельхозтоваропроизводителя разработать и издать региональный закон по «Защите прав потребителя с.-х. техники и другой продукции производственно-технического назначения»;

проведение единой кадровой политики в регионе в соответствии с требованиями и потребностями эффективного хозяйствования на всех производственных уровнях;

обеспечение ресурсосбережения и повышение конкурентоспособности с.-х. продукции региона за счет внедрения высокоэффективных технологий, технических средств, форм и методов организации производственных и вспомогательных процессов, рекомендованных наукой;

разработка и проведение кредитно-финансовой политики региона, обеспечивающей привлечение финансовых средств в с.-х. производство и реализацию программы технического развития;

информационное и научное обеспечение, мониторинг всех направлений и этапов разработки и реализации программы технического развития региона.

Региональные управленческие структуры могут объединить разрозненные сервисные структуры и производителей сельхозпродукции, но не административно, а на кооперативной основе. Сделать это не просто, потому что одна из важных причин, способствовавших кризису АПК, заключается в углублении разобщенности интересов сельских товаропроизводителей и предприятий производственно-технического обслуживания, которую внесла приватизация.

Создание сельскохозяйственных производственных и потребительских кооперативов совместно с сервисными предприятиями уменьшит влияние и значение этой причины. Наибольший эффект может быть достигнут путем интеграции производителей сельскохозяйственной продукции и производителей услуг в рамках единого предприятия - сельскохозяйственного производственного кооператива на районном уровне, а на уровнях региона, соответственно, региональной корпорации «Агропромтехсервис».

Задача корпорации состоит в координации и централизации работ по наращиванию и эффективному для заказчика и рентабельному для исполнителей использованию существующего потенциала технической инфраструктуры сельскохозяйственного производства, реализации технической политики в части организационно-экономических, технико-технологических, нормативно-правовых и социальных мер по стабилизации и развитию технического сервиса сельскохозяйственного производства.

Основное содержание этих мер:

- *организационно-экономических*: реструктуризация инженерно-технического сервиса в АПК; государственная поддержка сельского товаропроизводителя; максимальное удовлетворение потребностей и приоритет сельского товаропроизводителя в услугах технического сервиса; защита сельского товаропроизводителя от внутренней и внешней монополии изготовителей технических средств, произвольно устанавливаемых цен и накладных расходов поставщиков и посредников, многократно увеличивающих диспаритет цен на промышленную продукцию и услуги; наличие долевой формы собственности сельского товаропроизводителя в обслуживающих его предприятиях; создание системы маркетинга с целью выбора приоритетов развития и определения спроса на производственный и технический сервис по регионам России и типам сельскохозяйственных предприятий; возможность свободного выбора сельскими товаропроизводителями продавцов и исполнителей услуг; освоение новых форм производственно-технического сервиса;

- *технико-технологических*: повышение надежности машин и оборудования, ресурсосбережение; энергосбережение; освоение системы технического обслуживания машин с учетом прогнозирования их технического состояния и региональных особенностей эксплуатации; обоснованный переход от капитального ремонта машин к текущему и капитальному ремонтам их агрегатов; разработка и освоение методов безразборного восстановления работоспособности деталей и соединений; разработка и освоение принципиально

новых методов и технологий технического обслуживания и ремонта машин, восстановления деталей, позволяющих при издержках в 2-3 раза меньших стоимости новых деталей добиться 100% и более ресурса после восстановления; разработка и постанова на производство более совершенного ремонтно-технологического оборудования нового поколения и реализация его на лизинговой основе;

- *нормативно-правовых*: установление на основные технические средства лимитированных или предельных цен для сельских товаропроизводителей; обязательная сертификация работ, от выполнения которых зависят показатели безопасности эксплуатации машин, труда механизаторов, экологической безопасности; добровольная сертификация обслуживающих предприятий для гарантированного обеспечения качества их продукции и услуг; разработка механизма экономических взаимоотношений МТС и других обслуживающих предприятий с сельскими товаропроизводителями - заказчиками работ и услуг; разработка нормативно-правовой базы технического сервиса в АПК;

- *социальных*: подготовка и переподготовка кадров; организация единого информационного пространства для сельских товаропроизводителей и участников технического и технологического сервиса и др.

Деятельность региональной корпорации «Агропромтехсервис» как маркетинговой сервисной системы, позволит регулярно обеспечивать Минсельхозпрод Ростовской области, районные Управления сельского хозяйства, их отделы механизации, а также предприятия технического и технологического сервиса текущей информацией, прогнозами, результатами оптимизационных расчетов и вариантами решений для выбора приоритетов развития сельскохозяйственного производства и технического сервиса сельских товаропроизводителей. А главное, сможет подготавливать по заказам предприятий или организаций конкретные предложения и осуществлять их реализацию по использованию наиболее выгодных для них рыночных возможностей, включая подготовку производства, рекламу, материально-техническое и информационное обеспечение, консалтинг, подготовку кадров.

Деятельность Корпорации носит многоплановый характер. Она позволит повысить эффективность вложения финансов в сферу технического сервиса и эффективность его услуг, а также повысить готовность, годовую (сезонную) наработку техники. При этом будут учтены производственно-экономические условия и особенности районов.

Взаимодействие районного объединения «Агропромтехсервис» и районного управления сельского хозяйства, как и областной корпорации «Агропромтехсервис» с Министерством сельского хозяйства и продовольствия региона (при Администрации), будут определяться и регулироваться соответствующими соглашениями сторон.

Организационная структура каждого уровня системы технического сервиса региона (рис. 1) формируется на основании тех задач и функций, которые должны быть обеспечены ими. Но в зависимости от условий организации производства в АПК районов, их производственно-экономических параметров, наличия и ведомственной принадлежности обслуживающих структур: ТО и ремонта, материально-технического снабжения, эксплуатации

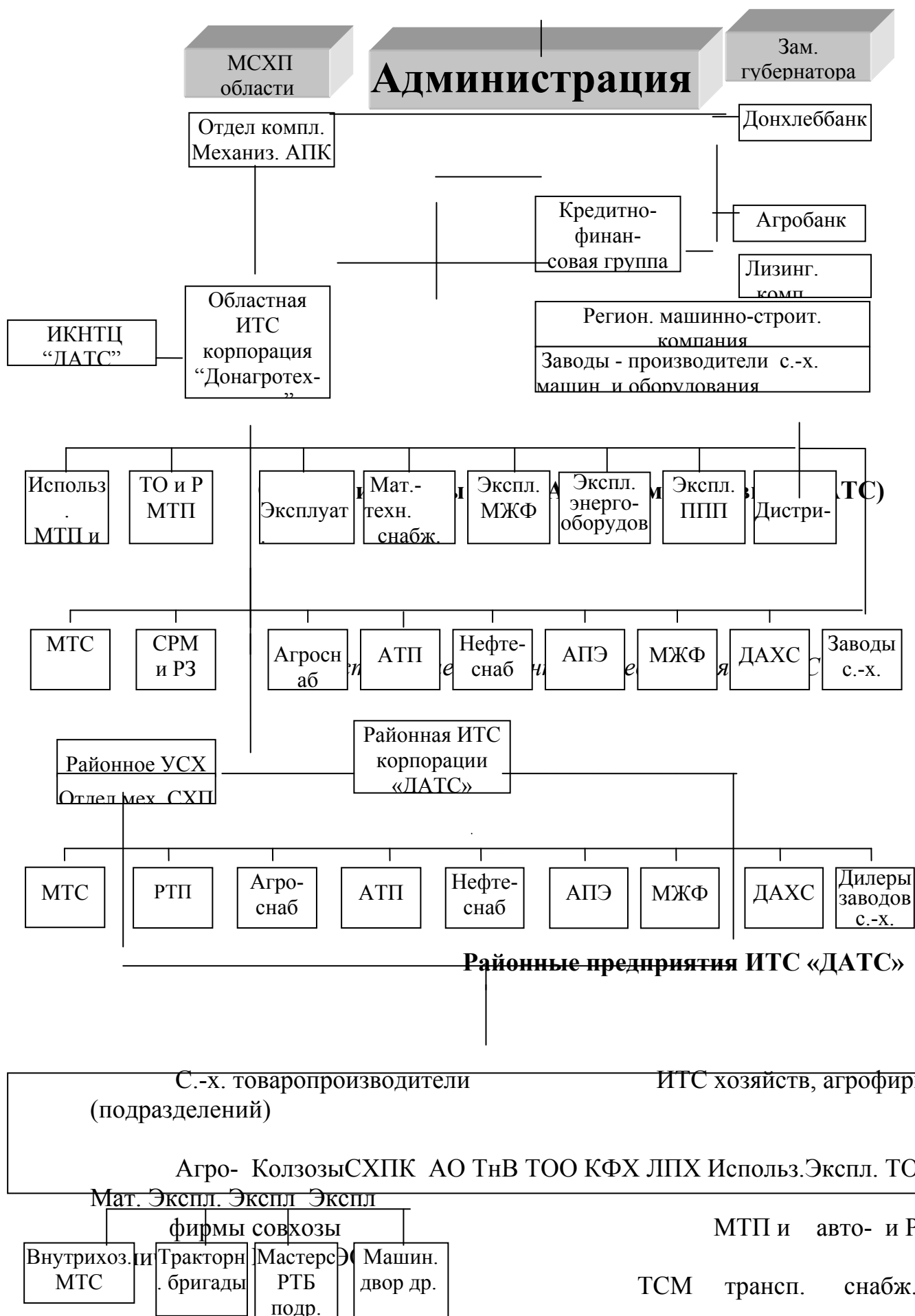


Рис. 1. Организационная структура инженерного обеспечения региона

автотранспорта, энергооборудования, животноводческого и перерабатывающего оборудования и др.; условий функционирования: самостоятельно или в составе агропромышленных объединений, областных или районных фирм и многих других факторов, организационная структура районных подсистем технического сервиса будет иметь свои особенности. Первый опыт налаживания вертикальных связей управления в системе технического сервиса АПК регионов показывает целесообразность распределения его на другие функции и службы. При этом четко просматриваются две вертикали управления.

Первая – государственная административного управления, вторая – функционального управления, участники которой строят свои отношения как равноправные партнеры, объединяющие свои усилия на решение конкретных задач производственно-технического обеспечения. Первую вертикаль представляют Министерство сельского хозяйства Российской Федерации в лице Департамента технической политики, Министерство сельского хозяйства и продовольствия региона в лице отделов комплексной механизации и технической политики, районные управления сельского хозяйства в лице отделов механизации.

Вторую – региональная корпорация «Агропромтехсервис», районные объединения «Агропромтехсервис», их отделы и службы, областные и районные предприятия по использованию (МТС), ТО и ремонту машинно-тракторного парка (РТП), материально-техническому снабжению (Агроснабы), эксплуатации автотранспорта (АТП), эксплуатации машин животноводства, переработки и энергооборудования (СТОЖ, СТОЭ и др.), которые взаимодействуют между собой и направляют свои усилия на выполнение заказов сельскохозяйственных товаропроизводителей через их инженерно-технические службы, вспомогательные и обслуживающие подразделения.

Создание такой вертикально-интегрированной системы технического сервиса АПК позволит МСХ РФ и региональным органам проводить государственную техническую политику в своих регионах и ее административных районах. Значительная часть функций технического сервиса делегируется районным корпорациям (объединениям) «Агропромтехсервис». Основные связи региональных Минсельхозов осуществляются через отделы механизации (технической политики), которые до настоящего времени поддерживает ее с отделами механизации районных управлений сельского хозяйства, ремонтно-обслуживающими и другими структурами регионального и районного подчинения, сельскими товаропроизводителями.

К ОРГАНИЗАЦИИ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА КОМБАЙНОВ ОАО «РОСТСЕЛЬМАШ»

Кушнарев С.Л., к.т.н., доцент
ФГОУ ВПО МГАУ

Аннотация

Ключевые слова

Постановка проблемы. В настоящее время сельское хозяйство находится в тяжелейшем состоянии. Общая численность машинно-тракторного парка по сравнению с 1991 годом снизилась до 65 %, зерноуборочных комбайнов – до 50, кормоуборочных – до 32 %. Средний возраст комбайнов находящихся в эксплуатации превышает нормативный (рис.1).

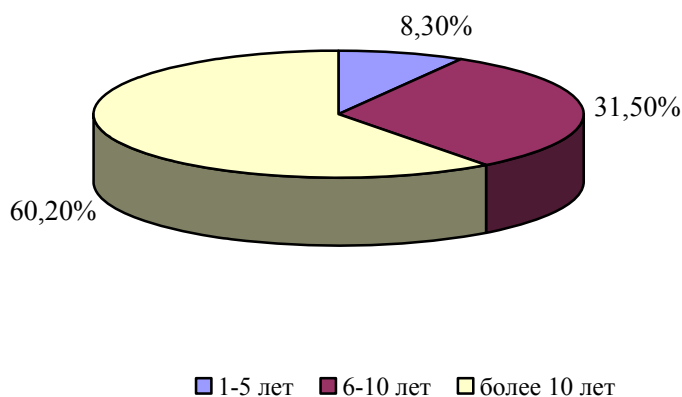


Рис.1. Возрастной состав зерноуборочных комбайнов

В связи с уменьшением поставки техники из-за отсутствия средств у сельских товаропроизводителей резко увеличилась нагрузка на машины (рис.2).

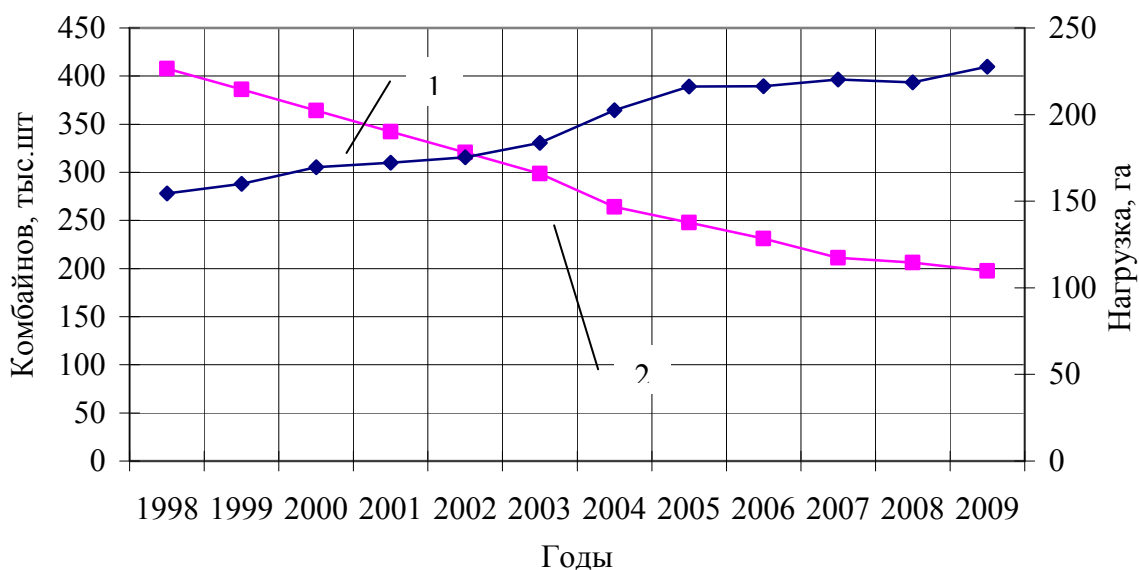


Рис.2. Динамика годовой наработки комбайнов

1 – количество зерноуборочных комбайнов, тыс. шт.,
2 – годовая нагрузка на один зерноуборочный комбайн, га

За период 1990–2009 г.г. количество зерноуборочных комбайнов снизилось с 400 тыс. единиц в 1990 г. до 160 тыс. единиц. Каждый год парк комбайнов уменьшался в среднем за год – 20–25 тыс. единиц. Следовательно, чтобы сохранить численность парка комбайнов на уровне 2001 г. нужно увеличивать ежегодное производство и поставки комбайнов на такую же величину.

Крупнейшим заводом-производителем комбайнов является ОАО «Ростсельмаш», который занимает ведущие позиции в области разработки конструкции и промышленного производства зерно- и кормоуборочных комбайнов и другой техники, предназначенной для комплексной механизации работ в растениеводстве и животноводстве. «Ростсельмаш» был основан в 1931 г., в 1992 предприятие было преобразовано в акционерное общество открытого типа. Основным видом деятельности данного предприятия является производство и сбыт зерно- и кормоуборочных комбайнов).

В состав акционерного общества «Ростсельмаш» входят:

15 заводов по основным технологическим переделам, в том числе: завод специнструмента и технической оснастки и некоторых узлов для комбайнов;

головное специализированное конструкторское бюро по комплексам зерноуборочных машин;

проектно–конструкторский технологический институт комбайно-строения.

Выпуск зерно– и кормоуборочных комбайнов в период с 1931 по 2009 год составил около 3,0 млн. шт. За последние пять лет производство и отгрузка комбайнов существенно сократились (рис. 3).

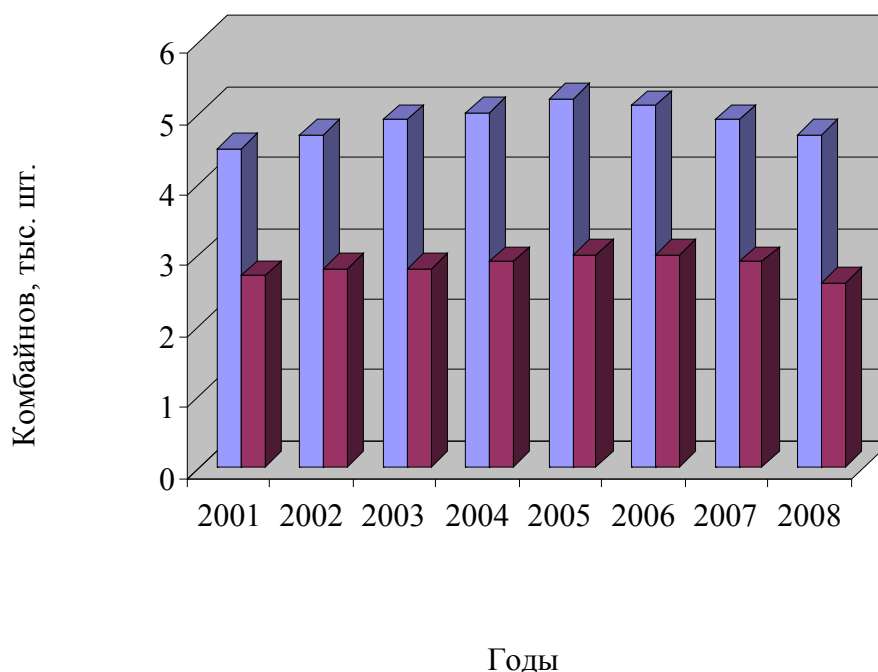


Рис. 3. Производство комбайнов на ОАО «Ростсельмаш»

Для увеличения объемов реализации комбайнов и повышения заинтересованности дилерских предприятий ОАО «Ростсельмаш»

предусматривает в своей дилерской программе ценовые скидки и льготы в случае приобретения машин, оборудования и их составных частей с предоплатой по сезонам, а также оптовыми партиями.

Ежегодные поставки в Россию импортных зерно- и кормоуборочных комбайнов в количестве 1200 штук ведут к снижению выпуска ОАО «Ростсельмаш». Это вызывает повышение себестоимости зерноуборочных комбайнов, снижение рентабельности и соответственно уровня развития предприятия и фирменного технического сервиса. По опыту высокоразвитых стран видно, что нельзя создать высоко эффективную, надежную и комфортабельную машину без организации ее фирменного технического сервиса. Только при этом методе обслуживания производитель техники может реально оценить потребительские качества своей техники, ее надежность и эффективность.

Надежность техники, производимой ОАО «Ростсельмаш» остается очень низкой, что существенно уменьшает ее конкурентоспособность (табл. 1,2). Низкое качество изготовления ряда узлов и деталей комбайнов, некомплектность и т.д. значительно увеличивают время, необходимое для досборки, регулировки, обкатки и пуска в эксплуатацию комбайна, вместо 50-70 чел.-ч по нормативам) затрачивается 100-210 чел.-ч. Даже в первый год эксплуатации из-за неисправностей, поломок почти каждый комбайн ежедневно простаивает 3 ч.

Несмотря на это, ОАО «Ростсельмаш», считает своей главной задачей, как и ранее, производство и сбыт ненадежных комбайнов без какого либо технического сопровождения.

В основных зерносеющих регионах Российской Федерации организована дилерская сеть предприятий. Действующие торгово-сервисные центры обеспечивают на местах решение многих вопросов, связанных с реализацией комбайнов. Технические центры предпродажного и гарантийного обслуживания машин, в частности, комбайнов ОАО «Ростсельмаш» обслуживают машины только в процессе продвижения их от изготовителя к потребителю (погрузка-разгрузка, досборка, предэксплуатационная обкатка и, максимум, ремонт в первый год работы или первый сезон уборки урожая).

ОАО «Ростсельмаш», имея 42 дилерских договора на 2008 год со многими региональными предприятиями ОАО «Росагроснаб», перекладывает всю ответственность за предпродажный и гарантийный технический сервис на дилеров, оплачивая их работу запасными частями и скидками на продукцию. Вместо развития фирменного технического сервиса «Ростсельмаш» стоит на позиции обслуживания своей продукции с помощью посредника, вынужденного выполнять несвойственные функции, не имея ни ремонтно-технической базы, ни специалистов, ни опыта.

В соответствии с требованиями нормативно-технической и организационно-технологической документации, для обеспечения качественного и своевременного технического обслуживания комбайнов технический центр должен выполнять следующие функции:

изучать в зоне деятельности потребности рынка в продукции ОАО «Ростсельмаш»;

Таблица 1- Сравнительная оценка надежности зерноуборочных комбайнов

| Показатели | Марки комбайнов | | | | | |
|-----------------------------|------------------------------------|----------------|-----------|---------|-------|-------|
| | мод. 9500 (средн.по 8 комб.) | CTS (1 шт.) | Дон-1500Б | | | |
| Наработка на 1 комбайн ,т | 928,7...2100,8 | 2254,7 | 1614,0 | 1653,8 | 1150 | 760 |
| Среднее количество отказов | 0,6 | 0 | 31 | 12 | 20 | 12 |
| в т.ч. по группе сложности: | | | | | | |
| I | 0,1 | 0 | 10 | 7 | 5 | 5 |
| II | 0,5 | 0 | 21 | 5 | 15 | 6 |
| III | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| Наработка на отказ, т | 2139 | >2254,7 | 52,1 | 137,8 | 57,5 | 63,3 |
| в т.ч. по группе сложности: | | | | | | |
| I | 10696 | >2254,7 | 161,4 | 236,3 | 230,0 | 152,0 |
| II | 2674 | >2254,7 | 76,8 | 330,8 | 76,6 | 127,0 |
| III | >1337 | >2254,7 | >1614,0 | >1653,8 | 1150 | 760 |

Таблица 2 - Отказы комбайнов в гарантийный период эксплуатации

| Марка машины | Среднее число отказов на 100 машин | в том числе: | | | | | Продолжительность простоя на 1 отказ, дн. |
|--------------|------------------------------------|--------------|------------------|-------------------|----------------------------|---|---|
| | | ДВС % | Трансмиссия % | Гидросистема % | Электророборудование. % | Режущий аппарат, молотилка раб. органы % | |
| Дон-1500 | 69 | 7,9 | 27,8 | 16,4 | 17,4 | 28,2 | 1,26 |
| СК-5 «Нива» | 28 | 11,8 | 31,5 | 10,0 | 3,1 | 11,8 | 2,91 |

информировать потенциальных потребителей продукции ОАО «Ростсельмаш» о предлагаемых машинах и услугах по доставке и эксплуатации их, условиях оплаты, утилизации, обновления, обеспечения запасными частями;

осуществлять досборку, предпродажное обслуживание и доставку потребителей изделий, произведенных ОАО «Ростсельмаш»;

выполнять регламентное техническое обслуживание комбайнов и устранять неисправности;

восстанавливать работоспособность изделий, вышедших из строя по вине ОАО «Ростсельмаш» в период гарантийного срока эксплуатации независимо от организации, реализующей их в регионе действия ТЦ;

восстанавливать исправность изделий, вышедших из строя в послегарантийный период эксплуатации по заказам потребителя;

накапливать и обрабатывать информацию о качестве и функционировании изделий (виды работ, производительность, расход топлива (масла), изучение режимов работы, занятость по видам работ;

рекламировать продукцию ОАО «Ростсельмаш» и услуги, предоставляемые по ней.

Для выполнения перечисленных функций технический центр должен иметь производственные объекты и оборудование. Руководитель и работники технического центра сервиса должны иметь необходимую квалификацию, регулярно повышать ее, получая соответствующую аттестацию кадрового подразделения ОАО «Ростсельмаш».

Необходимо использовать в структуре фирменного технического сервиса комбайнов ОАО «Ростсельмаш» ныне существующие подразделения ремонтно-технические предприятия и предприятия материально-технического обеспечения, подчинив их деятельность целям фирменного технического сервиса жесткой договорной системой. По сути, эти структуры являются коммерческими и производственными техническими центрами, которые могут и должны обеспечить себя и дилера (или всех дилеров) обслуживаемого ими района (области, зоны) бесперебойной надежной связью с заводами (фирмами)-изготовителями, что позволит им быстро реагировать на появляющиеся отказы, устранять их последствия и причины возникновения, работать над их полным исключением. Принципиальная схема системы фирменного технического сервиса представлена на рис. 4.

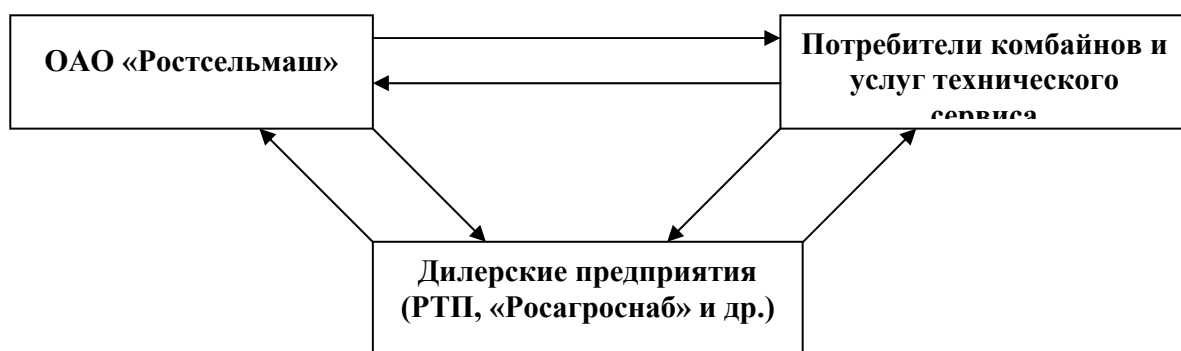


Рис. 4. Принципиальная схема организации фирменного технического сервиса

В системе фирменного технического сервиса передовых капиталистических стран дилер является единственным посредником между изготовителем и потребителем машин. Он, прежде всего, является непосредственным представителем фирмы-изготовителя машин. Между дилером и изготовителем заключается договор на фирменное гарантийное и послегарантийное техническое обслуживания и ремонт машин фирмы. В то же время дилер является экономически и юридическим самостоятельным лицом, владельцем сооружений и других средств для ТО и ремонта машин, которые он приобретает у фирмы со скидкой для реализации и обслуживания ее техники.

О целесообразности и необходимости фирменного технического сервиса говорится очень много, но реальных шагов в этом направлении нет. В высокоразвитых странах (США, Англии, Германии, Франции, Италии и др.) права потребителей с.-х. техники защищены не только жесткой рыночной конкуренцией между производителями техники, но и законами, запрещающими производство и реализацию техники без организации ее последующего технического сервиса. В Российской Федерации почти десятилетие обсуждается вопрос о распространении действия закона о защите прав потребителей на юридических лиц. Отсутствие законодательной базы при монополизме производителей позволяет последним нарушать права потребителей – сельских товаропроизводителей, поставляя некачественную и ненадежную с.-х. технику.

УДК

ТЕХНОЛОГИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН ТЕРМОПЛАСТИЧЕСКИМ ДЕФОРМИРОВАНИЕМ

И.Н. Кравченко, доктор технических наук, доцент,
А.В. Чепурин кандидат технических наук, доцент
(МГАУ им. В.П. Горячкина)

Аннотация - в статье приведены результаты экспериментальных исследований, направленных на повышение эффективности ремонтных работ дорожно-строительной и сельскохозяйственной техники методами резания с нагревом с последующим поверхностно-пластическим деформированием нагретого металла.

Ключевые слова

Постановка проблемы. Экспериментальные исследования проведены на образцах наиболее используемых марок сталей в конструкции ходовой части машин, подверженных максимальному износу в реальных условиях эксплуатации. Это, прежде всего, конструкционные марки сплавов ст.40, ст. 40Х, ст. 45, а также износостойкие и легированные стали типа 20Х13, 15ХН и др.

С целью проверки возможностей ремонта в экстремальных условиях эксплуатации было проведено исследование: резание с нагревом наплавленных

поверхностей, поскольку наплавка металла является наиболее труднообрабатываемой, в результате чего сроки ремонта и восстановление деталей наплавкой сильно затягиваются, а порой становятся невозможными.

Одним из результатов работы является техническое решение, которое позволяет резать с большими припусками (глубиной резания), а шероховатость поверхности, требуемая для данного сопряжения (например, подшипник скольжения $R_a = 0,8...1,2$ мкм) достигается обкаткой водоохлаждающим роликом.

При сходе с режущего инструмента раскаленной добела стружки срезанного металла (Рис. 1), ее цвет свидетельствует о том, что в зоне резания металла создается температура $1000...1150^\circ\text{C}$.



Рис. 1. Сход стружки с режущего инструмента

При этих температурах пластическая деформация при образовании стружки резко отличается от холодного резания. Практически резание сопоставимо с процессом «намазывания сливочного масла на хлеб», т.е. сопротивления резанию нет. В результате не возникают отжимающие усилия, вследствие чего точность обработки возрастает на 1...2 квалитета (при черновом холодном точении $R_a = 10$ мкм, при обработке с нагревом – $R_a = 2,5...3$ мкм). В результате обработки резанием с нагревом возникает «воронение металла» (Рис. 2), которое препятствует проникновению кислорода в поверхностные слои и возникновению коррозии (ржавчины), что способствует повышению коррозионной стойкости при резком перепаде $t^\circ \rightarrow > 800^\circ\text{C}$.

Данная шероховатость при резании с нагревом снижается в результате снижения вибраций как результат резкого уменьшения усилий резания.

Поверхностно-пластическое деформирование нагретого металла сопоставимо с кузнечно-штамповочными закономерностями изменения структуры металла.

При обкатывании роликом холодного металла удельное давление ролика незначительно, и не достигает предельных значений текучести металла. В результате сминаются лишь вершины шероховатости, образуя регулярный микрорельеф, аналогично выглаживанию поверхности $R_a = 0,04$ мкм.



Рис. 2. Образец после «воронения»

При деформировании нагретого металла поверхностные кристаллы перемещаются в глубину металла за счет дислокаций и, благодаря трению друг о друга, дополнительно разогреваются и размельчаются (Рис. 3).

В результате обрабатываемая деталь приобретает шероховатость, равную $R_a = 0,02 \dots 0,04$ мкм, сопоставимую с отделочным этапом шлифования.



Рис. 3. Процесс обкатки.

При холодной обработке металла для достижения данной шероховатости и точности необходимо выполнение трех этапов (черновой, получистовой и чистовой), двух этапов отделочных операций (шлифование) при использовании двух марок станков (нормально и повышенной точности).

Поверхностно-пластическое деформирование практически лишено недостатка шлифования, а именно *огранки*, возникающей из-за вибрации камня на предварительном и окончательном этапе шлифования, что ведет к дополнительной обработке (снятия огранки на готовых деталях).

В результате поверхностно-пластического деформирования металла в детали создается своеобразный сэндвич из нормальных и измельченных в поверхностном слое кристаллов.

Такое распределение структуры металла резко повышает эксплуатационную износостойкость изделия.

Охлаждение ролика водой создает перепад температур, при котором выпадает игольчатый мартенсит. Другими словами, данный образец обладает всеми свойствами закаленной детали.

Процесс закаливания обусловлен переходом из перлитно-ферритной структуры (t °С до 723°С) в аустенитно-троститную с нагревом до 800 °С, а при резком охлаждении водой или маслом до 20 °С – в игольчатый мартенсит.

При этом в обычной термической обработке для получения подобной структуры требуется длительный прогрев всей детали, затем резкое охлаждение и не менее длительный период низкого температурного отпуска.

В результате проведенной обработки получается деталь, имеющая вязкую сердцевину с перлитно-ферритной структурой и поверхность, закаленную на мартенсит. Другими словами, деталь способна выдержать изгибающие, ударные и скручивающие нагрузки в 1,5 раза превышающие нагрузки выдерживаемыми деталями при обычной обработке.

ВЫВОДЫ:

1. При разработке технологии обоснованы не только технологические параметры и рациональные режимы обработки, но и предложены новые конструктивные решения технологической оснастки. Эффективность разработанной малогабаритной конструкции обусловлена проведением своевременного и скоростного восстановления и ремонта техники в полевых условиях, используя передвижные средства.

2. Для целей длительного сохранения стойкости инструмента наиболее эффективен процесс резания с нагревом снимаемого слоя до температуры 400...550°С, при которой стойкость режущего инструмента обусловлена не адгезионным, а диффузионным разрушением. В данном температурном интервале стойкость резца наивысшая. Преобладание диффузионного разрушения значительно увеличивает период стойкости инструмента. Установленные режимы резания позволяют получать качество рабочих поверхностей, соизмеримых с обработкой традиционными методами без применения традиционного дорогостоящего технологического оборудования и режущих инструментов.

3. При совмещенном черновом и получистовом точении наплавленных цельных и сварных заготовок из конструкционных, износостойких и жаростойких сталей получено снижение в 1,6...2,2 раза сопротивления нагретого металла резанию, что является существенным резервом повышения точности размеров при механической обработке. При этом резание с нагревом позволяет увеличить величины подачи и глубины резания. Увеличение скорости обработки с параллельным уменьшением величины подачи улучшает качество поверхности обработанной детали и доводит параметры шероховатости до уровня тонкого

точения, что позволяет повысить производительность в 6...7 раз за счет совмещения этапности обработки поверхностей.

Кравченко Игорь Николаевич, докт. техн. наук, проф. кафедры «Ремонт и надежность машин»

Тел. 8-906-099-76-40

Чепурин Александр Васильевич, техн. наук, доцент кафедры «Ремонт и надежность машин»

Чепурин Александр Васильевич – 2 мая 1977 г.,
Паспорт 6003 525261 Выдан Зерноградским ОВД Ростовской области от 20.01.2003 г.

ИНН № 611104216680, п/св. 041-351-248-07

Адрес: МО г. Химки, мкр. Сходня, ул. Чапаева, д. 5, кв. 34.

Телефон: моб. 8-916-161-07-96, раб. т.: 8 (495) 977-24-10 доб. 284,

Кравченко Игорь Николаевич – 9 октября 1971 г.,
Паспорт 4601 293993 Выдан 2 отд. Милиции Балашихинского УВД МО от 29.05.2001 г.

ИНН № 500107383350, п/св. 107-148-787-59

Адрес: МО г. Балашиха, ул. Карабышева, д. 8, кв. 205.

Телефон: моб. 8-962-907-21-30

УДК 621.8

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ МАШИН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГРАФИЧЕСКОГО РЕДАКТОРА КОМПАС–3D

Е.Л. Чепурина, кандидат технических наук, доцент

Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина»

Аннотация – в статье рассмотрено использование компьютерной программы КОМПАС-3D при автоматизированном проектировании деталей машин в графическом редакторе КОМПАС–3D, а так же использование библиотек КОМПАС-Shaft 2D при конструировании валов.

Ключевые слова - компьютерная графика, вал, конструкторская и технологическая документация.

Постановка проблемы. В настоящее время трудно представить себе современное промышленное предприятие или конструкторское бюро без компьютеров и специальных программ, предназначенных для разработки конструкторской документации или проектирования различных изделий. Применение вычислительной техники в данной области стало свершившимся фактом и доказало свою высокую эффективность.

Переход на машинное проектирование позволяет существенно сократить сроки разработки конструкторской и технологической документации и тем самым ускорить начало производства новых изделий. Одновременно повышается качество как самих конструкторских разработок, так и выпускаемой документации. Чертежи самой конкурентоспособной продукции, выполненные вручную на кульмане, сегодня производят отрицательное впечатление на партнеров, ставя под вопрос заключение выгодных контрактов.

Падение цен на вычислительную технику сделало современный компьютер доступным для домашнего использования. Это позволяет учащимся работать с системами автоматизированного проектирования не только в рамках аудиторных часов, но и на персональных компьютерах. В этом случае можно говорить не о поверхностном знакомстве с предметом, а о его реальном освоении.

Для выполнения всех видов чертежей в соответствии с требованиями единой системы конструкторской документации (ЕСКД) может быть использован графический редактор КОМПАС.

Библиотека КОМПАС-Shaft 2D, входящая в его состав, предназначена для проектирования: валов и втулок; цилиндрических и конических шестерен; червячных колес и червяков; шкивов ременных передач; звездочек цепных передач.

Модели сохраняются непосредственно в чертеже и доступны для последующего редактирования средствами КОМПАС-Shaft 2D. При создании и редактировании может быть изменен как порядок ступеней модели, так и любой параметр ступени, либо выполнено удаление ступени.

По результатам расчетов элементов механических передач могут быть автоматически созданы таблицы параметров зубчатых колес и выносные элементы с профилями зубьев. При изменении расчетных параметров передач таблицы и выносные элементы автоматически переформируются.

Для ряда элементов модели можно выполнить автоматическую простановку их размеров в чертеже.

Интуитивно понятный интерфейс и развитая система помощи обеспечивают быстрое освоение библиотеки.

КОМПАС-Shaft 2D позволяет в десятки раз увеличить скорость проектирования деталей этого класса и выпуска документации на них.

Рассмотрим применение библиотек КОМПАС-Shaft 2D при создании и редактировании валов.

Для запуска библиотеки КОМПАС-Shaft 2D необходимо выполнить команду КОМПАС-SHAFT 2D в меню Библиотеки. Для начала построения вала следует дважды щёлкнуть левой кнопкой мыши на строке **построение вала**. Если нужно выполнить расчёт передачи без построения чертежей следует дважды щёлкнуть левой кнопкой мыши на строке **расчёты механических передач**.

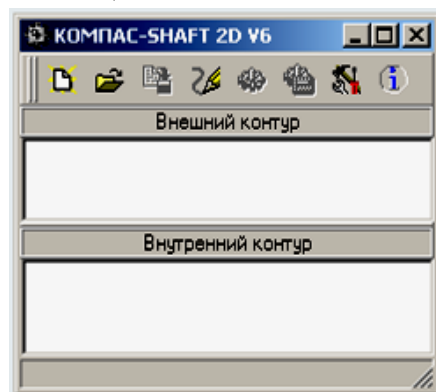


Рис. 1. Окно модуля построения

КОМПАС-Shaft 2D – это стандартное приложение Windows. Поэтому главное рабочее окно библиотеки содержит стандартные атрибуты приложений Windows – заголовок окна с системным меню и пиктограммами минимизации, максимизации и закрытия окна, рамку для изменения размеров окна.

Окно модуля построения библиотеки КОМПАС-Shaft 2D состоит из заголовка, панели управления и двух

рабочих областей (Рис. 1). Верхняя область предназначена для отображения дерева ступеней и элементов внешнего контура, нижняя – для элементов внутреннего контура проектируемой модели. Для изменения размера областей следует подвести курсор к линии, разделяющей области (он

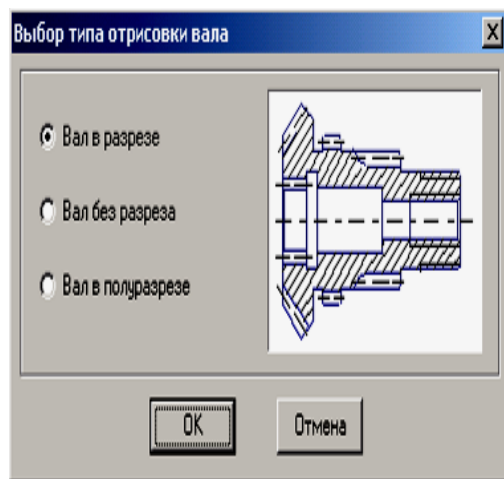


Рис. 2. Окно выбора типа отрисовки вала

примет форму двойной стрелки), нажать левую клавишу мыши и, не отпуская клавишу, переместить линию, устанавливая нужное соотношение размеров областей.

Для начала построения вала нужно сделать следующее:

1. Нажать кнопку  **новый вал** на панели управления.

2. В открывшемся окне **Выбор типа отрисовки вала** (Рис. 2) указать, с каким типом отрисовки следует работать. Выбранный тип отрисовки вала впоследствии можно изменить путём вызова команды **отредактировать** контекстно-зависимого меню вала.

3. Затем в поле чертежа щелчком левой кнопки мыши следует указать точку начала построения вала.

После начала построения в левой части окна диалога отобразятся инструментальные панели внешнего и внутреннего контуров с расположенными на них кнопками, позволяющими выбрать тип ступеней вала, дополнительные элементы ступеней, произвести необходимые расчеты и т.д.

Следует помнить, что при выборе типа отрисовки **вал без разреза** рабочая область построения внутреннего контура не отображается.

После того как отрисовки вала появятся на экране можно приступить к его редактированию.

Запустить редактирование вала можно следующими способами:

* Дважды щелкнуть на валу левой кнопкой мыши (после этого на экране появится окно диалога КОМПАС-Shaft 2D).

* Запустить КОМПАС-Shaft 2D, левой кнопкой мыши щёлкнуть на кнопке **выбрать другой вал**, после чего курсором указать вал, который следует редактировать.

Вне зависимости от способа запуска редактирования вала в окне модуля построения библиотеки будет открыта структура указанного вала.

В процессе работы можно отредактировать любой элемент вала. При этом после задания новых параметров все связи внутри вала сохраняются.

Вызвать окно редактирования элемента вала можно одним из следующих

способов:

* Активизировать в окне диалога КОМПАС-Shaft 2D элемент вала (щелкнуть левой кнопкой мыши на его наименовании). При этом на чертеже редактируемая часть объекта будет подсвечена красным цветом. Щелчком правой кнопки мыши вызвать контекстно-зависимое меню, в котором выбрать опцию “Отредактировать”.

* Дважды щелкнуть левой кнопкой мыши на элементе вала, который необходимо редактировать.

В процессе построения можно менять взаимное расположение созданных ступеней. Для этого нужно выполнить следующие действия.


1.левой кнопкой мыши указать в дереве ту ступень, которую нужно переместить.

2. Не отпуская клавишу переместить курсор так, чтобы выделилась подсветкой ступень, перед которой следует поместить перемещаемую ступень.

3. Отпустить клавишу мыши. При этом переместятся и все дополнительные элементы, которые принадлежат данной ступени.

4. Для того чтобы увидеть на чертеже результаты перемещения, вызовите команду **перестроить**, находящуюся в группе команд **обновить, показать, перестроить** на панели управления.

Изменить расположение ступени внутреннего контура относительно базового торца можно двумя способами:

1. Переместить разделитель: подвести курсор к пиктограмме  **разделитель между ступенями**, нажать левую клавишу мыши и, не отпуская кнопки, переместить курсор до выделения того элемента, перед которым следует поставить разделитель. Затем отпустить клавишу мыши.

2. Переместить элемент: подвести курсор к наименованию элемента, который нужно переместить, нажать левую клавишу мыши и, не отпуская кнопки, переместить курсор до выделения того элемента, перед которым следует поставить перемещаемый элемент. Затем отпустить клавишу мыши.

3. После построения вала необходимо на чертеже указать размеры, допуски и посадки, а также шероховатость каждой поверхности детали.

4. Заполнить основную надпись.

5. По необходимости вывести на печать.

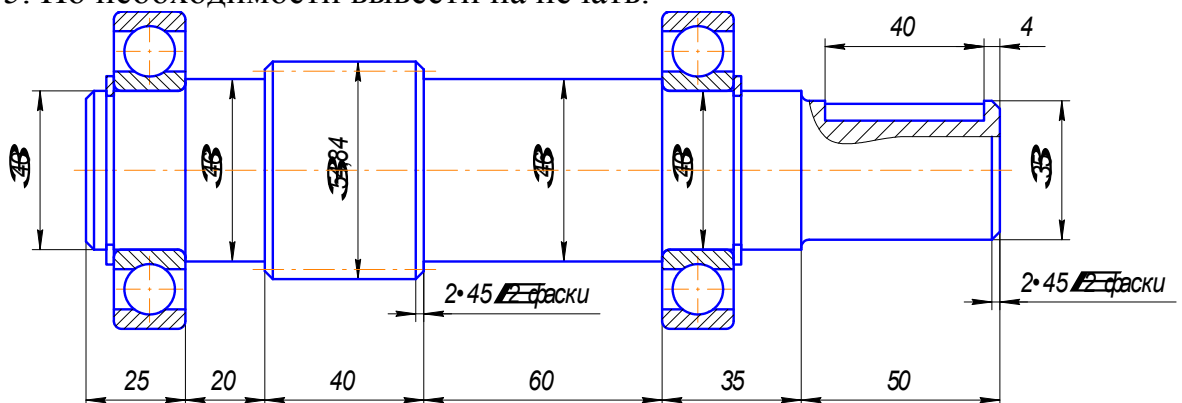


Рис. 3. Эскиз вала

Графический редактор КОМПАС–3D позволяет выполнять чертежи деталей, но и производить их расчет с помощью модуля расчета валов и подшипников КОМПАС-ShaftCalc.

Зная следующие исходные данные: число зубьев шестерни z_1 , колеса z_2 ; модуль m ; угол наклона зубьев; ширину зубчатого венца шестерни b_1 , колеса b_2 ; материал шестерни и колеса; расчетную нагрузку M ; частоту вращения вала можно произвести геометрический расчёт цилиндрической прямозубой передачи по межосевому расстоянию и расчёт ее на прочность.

Литература

1. ЗАО АСКОН. КОМПАС-3D V6. Практическое руководство пользователя. Том I, II. – М.: ЗАО АСКОН, 2003. – 224 с.
2. Зыков О.А. САПР для автопрома России. ААИ Образование, подготовка специалистов №6. 2003. С. 58 – 60.
3. Расчет и проектирование деталей машин: Учебное пособие / К.П. Жуков, А.К. Кузнецова, С. И. Масленникова и др.; Под ред. Г. Б. Столбина, К. П. Жукова. – М.: Высшая школа, 1978.– 247 с.
4. Серёгин А.А., Забродин В.П., Портаков А.Б., Бутенко А.Ф., Пономаренко И.Г. Проектирование деталей машин в Компас-3D. Лабораторный практикум. – зерноград: ФГОУ ВПО АЧГАА, 2007. – 130 с.

Чепурина Екатерина Леонидовна – 5 февраля 1977 г.,
Паспорт 6003 525260 Выдан зерноградским ОВД Ростовской области от
20.01.2003 г.

ИНН № 611100795323, п/св. 041-351-246-05

Адрес: МО г. Химки, мкр. Сходня, ул. Чапаева, д. 5, кв. 34.

Телефон: моб. 8-916-463-45-25, раб. т.: 8 (495) 977-24-10 доб. 280,
976-73-96 доб. 334

УДК 515.2:681.3

ВИКОРИСТАННЯ ТЕОРІЇ СПРЯЖЕНИХ ПОВЕРХОНЬ У ЗЕМЛЕРОБСЬКІЙ МЕХАНІЦІ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН

В.П. Юрчук, д.т.н., професор

НТУУ „Київський політехнічний інститут”

Постановка проблеми. Одним із найновіших методів, які використовуються у машинобудуванні, є метод спряження поверхонь. В сільськогосподарському машинобудуванні він також раціонально став використовуватись для проектування робочих поверхонь ґрунтообробних знарядь, а саме при аналітичному конструюванні вильчатих та дискових копачів коренезбиральних машин.

Це пояснюється тим, що одним із найважливіших недоліків сучасних методів конструювання робочих органів ґрунтообробних машин є певне традиційне мислення науковців та інженерів-конструкторів, яке пов'язане з використанням раніше відомих методів. При цьому нові методи конструювання та відповідні до них форми робочих органів будуються на базі експериментального підбирання, виготовлення великої кількості дослідних зразків та подальшого їх випробовування в різних технологічних режимах. Із всієї кількості методів існує незначна кількість таких методів проектування, які базуються на графоаналітичних та аналітичних залежностях робочих поверхонь від агротехнічних вимог, (методи Гячева Л.В., Буромського В.І. та ін.), і які є основою алгоритмів конструювання даних поверхонь в графічному та аналітичному виглядах.

Постановка задачі

В зв'язку з цим виникає гостра необхідність створення таких методів конструювання, в апарат побудови яких входили б основні вимоги з переміщення та деформації ґрунту, які стали б основою для використання ЕОМ при моделюванні дії робочої поверхні на ґрунт, тобто важливим фактором прискорення пошуку та проектування нових типів робочих поверхонь.

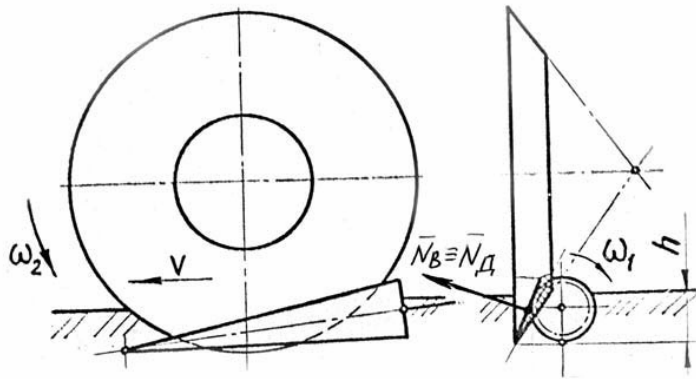
Обґрунтування можливості використання теорії спряження

При проектуванні коренезбиральних машин важливе значення мають геометричні параметри та орієнтація викопувальних робочих органів (ВРО). Перш за все, це стосується величини кутів установки робочих поверхонь відносно площини поля та осі рядка коренеплодів, взаємного розміщення спарених між собою витискних копачів а також їх кінематичних характеристик. Так вильчаті копачі осями конічних роторів займають загальне положення відносно таких геометричних елементів як площина поля, вертикальна площина вздовж осі рядка коренеплодів та ін.

Для вильчатих роторних копачів обов'язковою вимогою є наявність в конструкції ВРО коренезабірників, які характеризуються такими ж кутами установки, в горизонтальній та вертикальній площинах, як і дискові копачі. При цьому площини, в яких обертаються прутки коренезабірника, проходять через вісь обертання конічного ротора і утворюють двогранний кут. Тобто, вісь обертання коренезабірника, як і осі дискових ВРО, практично перпендикулярна до осі ротора [1]. При своєму обертанні робоча поверхня коренезабірника синхронно зустрічно діє на викопані коренеплоди одночасно з робочою поверхнею вильчатого ротора з метою подальшої подачі коренеплодів на сепаруючі та транспортуючі робочі органи.

Якщо ж розглянути дисковий копач, то функціонально дві його спарені робочі поверхні розміщені аналогічно поверхням коренезабірника, створюючи такий же двогранний кут відносно рядка коренеплодів. Ребро двогранного кута, який утворює русло вижимання, розміщено в вертикальній площині осі рядка. Принцип витискання вильчатого і дискового копачів, а також аналогія геометричної орієнтації їх робочих поверхонь говорить про наявність спільних факторів зустрічно-синхронної дії копачів на коренеплід. А це означає, що в цьому випадку можна говорити і про взаємодію, тобто про процес спряження даних конструктивних типів робочих поверхонь [2].

Так, дійсно, дисковий копач, маючи орієнтацію, подібну орієнтації коренезабірника, робоча поверхня якого знаходиться на тій же глибині викопування, що і поверхня вильчатого копача, одночасно виконує функції вильчатого копача і коренезабірника.



Відкидаючи умовно конструктивну прив'язку коренезабірника, можна реально побачити спряжену взаємодію вильчатого та дискового копачів, яке міститься в збігу напрямків сил дії на ґрунтовий моноліт з коренеплодами (рис. 1).

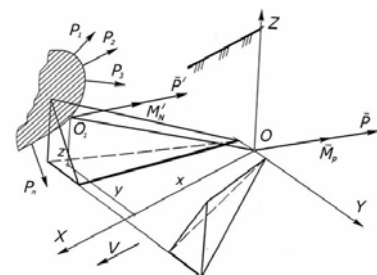
Рис.1. Схема спряженої взаємодії поверхонь вильчатого та дискового копачів.

Таким чином, робочі поверхні витискних копачів однозначної взаємодії, які теоретично в одній зоні і в одному напрямку діють на ґрунтовий моноліт з розміщеними в ньому коренеплодом, є спряженими між собою. Спряження даних поверхонь однозначної дії впливає також із рекомендацій науковців-дослідників відносно необхідності синхронізації кутової швидкості вильчатого та дискового копачів зі швидкістю поступального переміщення коренезбиральної машини [1].

Очевидно також, що пошук нових геометричних моделей робочих поверхонь вильчатих та дискових копачів необхідно шукати не тільки при синхронізації кутової та лінійної швидкостей, але і при синхронізації параметрів форми робочої поверхні копача з траєкторною характеристикою точок, які належать робочій поверхні.

Не дивлячись на незначне заглиблення в ґрунт, активні витискні копачі забезпечують більш значне рихлення ґрунту навколо коренеплоду за рахунок обертання навколо своєї осі, тобто за рахунок роторної дії як вильчатих копачів, так і дискових. Така роторна дія при заглибленні копачів в ґрунтовий моноліт, розділяє останній на дві глиби, які, завдяки появі глибоких тріщин, розвалюються вздовж осі рядка коренеплодів. Після розділення глиби на дві половини — ліву і праву, кожна з них піддається дії робочої поверхні з системою сил, які створюють крутний момент. Відомо, що динамічним або силовим гвинтом називається сукупність сили і пари сил, момент якої колінеарний силі. Розглянемо створення силового гвинта при функціонуванні поверхонь активних ВРО витискного типу.

Так, нехай на тіло діє система $\{F_1, F_2, \dots, F_n\}$. Знайдемо аналітичний центр O , при приведенні якого задану систему сил можна замінити більш простою системою. З теоретичної механіки відомо, що в цьому



випадку більш простою системою буде динамічний гвинт [3]. Обов'язковим для даного центра приведення є виконання умови колінеарності приведенного і головного векторів $F_{0l} = F_0$, та векторів зведеного і проєкції головного моментів $M_{0l} = M_0$, тобто:

$$M_0/F_0 = (F_0 M_{0l})/F_0^2 = h, \text{ де } h \text{ — постійна}$$

величина яка називається параметром динамічного головного моменту сил.

З теоретичної механіки також відомо, що при переміщенні центру приведення головний момент змінюється на величину, яка дорівнює моменту головного вектора, прикладеного до старого центру приведення — відносно нового центра приведення.

Рис. 2. Схема виникнення гвинта.

Тоді, враховуючи формули теоретичної механіки, можна записати:

$$\begin{aligned} \vec{M}_0 - \vec{OO}_1 \times \vec{F}/\vec{F} - P; \\ (\vec{F} = \vec{F}_0 = \vec{F}_{01}). \end{aligned} \quad (1)$$

Це рівняння задовольняє нескінченну множину точок, які лежать на спільному напрямку прямої приведення векторів сили (\vec{F}_{01}) и моментів (\vec{M}_{01}) осі системи сил в векторній формі. А друга частина рівняння (1) є рівнянням центральної осі системи сил, де вектор OO_1 є поточною координатою (рис. 2).

Якщо для кожної робочої поверхні **вибрати відносну систему** координат, то рівняння центральної осі системи прикладених сил до ґрунтового моноліту в проєкціях на координатні осі буде мати вигляд:

$$\frac{M_x - (yF_z - zF_y)}{F_x} = \frac{M_y - (zF_x - xF_z)}{F_y} = \frac{M_z - (xF_y - yF_x)}{F_z} = h; \quad (2)$$

де M_x, M_y, M_z — координати головного моменту сил; F_x, F_y, F_z — координати головного вектора сил; x, y, z — поточні координати.

З наведених формул видно, що для всіх векторів приведення, які лежать на центральній осі системи сил, головний момент за напрямком збігається з головним вектором. При цьому головний момент має мінімальне значення, а сама система сил приводиться до динамічного гвинта.

Якщо розглядати процес викопування коренеплодів дисковими копачами, то, по аналогії з роторними вильчатими копачами, в цьому випадку також виникає динамічний гвинт. Його виникнення, в свою чергу, пояснюється виникненням фактора різності між функціональними параметрами активного і пасивного дисків, які симетрично встановлені на стійці копача. Також цьому сприяє дія концентричних тріщин, найбільші із яких розміщені вздовж осі рядка коренеплодів. Така дія спарених дисків при їх заглибленні в ґрунтовий моноліт розділяє його з розміщеними в ньому коренеплодами на дві глиби, частинки ґрунту яких сепаруються через вікна дисків.

Наведені формули показують, що для дискового копача, як і для вильчатого, для всіх центрів приведення, які лежать на центральній осі системи сил, головний момент за напрямом збігається з головним вектором. При цьому

головний момент має мінімальне значення, а сама система сил зводиться до динамічного гвинта.

Враховуючи основні аналоги між статистичними інваріантами і кінематичними, а також переростання при роботі витискних ВРО динамічного гвинта в кінематичний, проведені дослідження вказують на раціональність використання теорії спряження при проектуванні активних робочих поверхонь коренезбиральних машин [3].

Побудова спряжених поверхонь ВРО на ЕОМ

Для побудови спряжених поверхонь вильчатих та дискових ВРО за допомогою діаграми кінематичного гвинта визначимо початкові параметри переміщення поверхонь. Нам відомі міжосьова відстань між вильчатими і дисковими копачами, яка визначається параметрами серійних базових конструкцій коренезбиральної машини. Нехай вона дорівнює AB . Також нам відома швидкість початкової поверхні вильчатого копача ω_A . Конструктивно визначаємо точку контакту K і звідси маємо:

$AK + KB = AB$, а також, враховуючи відомі залежності, пов'язані з міжосьовою відстанню: $AK = a$; $KB = b$. Відомим також є величина кута установки осі вильчатого копача α .

Знаємо, що для результуючого кінематичного гвинта існує залежність: $b = p \cdot ctg\alpha$, визначаємо гвинтовий параметр p , а також параметри дискового копача: ω_B , β , напрямок осі результуючого руху та ще до десяти інших параметрів [4].

Алгоритм побудови дозволяє також виконати обернену задачу, тобто, маючи параметри робочої поверхні дискового копача, отримати поверхню вильчатого копача.

З наведених досліджень можна зробити висновок, що діаграма кінематичного гвинта при конструюванні ВРО коренезбиральних машин дозволяє наглядно показати накладання (пряма задача) і розкладання (обернена задача) руху твердого тіла. Одночасно при цьому можна визначити кінематичні характеристики спряжених поверхонь ВРО у гвинтовому русі, геометричні параметри їх орієнтації, будувати спряжені поверхні з лінійним дотиком, а також графічно визначити до тринадцяти кінематичних параметрів.

Використовуючи запропоноване графічне рішення задачі, визначення параметрів поверхонь спряжених ВРО у вигляді конволютних гелікоїдів з використанням метода діаграми кінематичного гвинта, можна побудувати трьохвимірні геометричні моделі спряжених конволютних гелікоїдів ВРО при відносному русі коливання з ковзанням.

Найбільш ефективними і оригінальними методами комп'ютерної побудови спряжених робочих поверхонь є методи, розроблені проф. А.М. Підкоритовим та його учнями [3,4]. Ці методи дозволяють значно підвищити продуктивність розрахунково-графічних робіт і отримати на сучасних ЕОМ наочне зображення робочих поверхонь за задалегідь заданим вимогами.

Розв'язання даної задачі можна виконати з використанням команд: ОТРЕЗОК (LINE), СПЛАЙН (SPLINE), П-СОЕД (RULESURF) або П-КРАЙ (EDGESURF) САПР AutoCAD 2000i.

Дано: Визначити $\Sigma_1 (c_1, h_1, \omega_{C1})$ робочої поверхні конволютного гелікоїда дискового копача, де c_1 — вісь обертання гелікоїда; $h_1 = u_1 / \omega_{C1}$ — параметр

гвинтової поверхні; ω_{c1} — кутова швидкість твірної лінії c , яка утворює гвинтову поверхню; u_1 — швидкість поступального руху твірної c вздовж осі гвинта.

Визначити: а) Σ_2 (c_2, h_2, ω_{c2}) робочої поверхні конволютного гелікоїда вильчатого копача, де c_2 — вісь обертання гелікоїда; $h_2 = u_2 / \omega_{c2}$ — параметр гвинтової поверхні; ω_{c2} — кутова швидкість твірної лінії c , яка утворює гвинтову поверхню; u_2 — швидкість поступального руху твірної c вздовж осі гвинта.

б) Φ (c, h, ω_c) поверхні ґрунтового посередника, який відповідає параметрам миттєвого гвинтового відносного руху спряжених поверхонь, де c — вісь миттєвого відносного гвинтового руху; $h = u / \omega_c$ — параметр миттєвого відносного гвинтового руху; ω_c — кутова швидкість миттєвого відносного гвинтового руху; u — швидкість поступального руху ковзання твірної вздовж осі миттєвого гвинтового руху; кут θ_1 — кут між віссю c_1 конволютного гелікоїда дискового копача і віссю c ґрунтового посередника, який відповідає гелікоїду миттєвого відносного гвинтового руху Φ ; кутового θ між осями OC_1 і OC_2 спряжених поверхонь Σ_1 і Σ_2 відповідно дискового і вильчатого копачів; кут θ_2 — кут між віссю c_1 конволютного гелікоїда вильчатого копача Σ_2 і віссю c миттєвого відносного гвинтового руху, який відповідає гелікоїду ґрунтового посередника; $K_1 K_2$ — відстань між осями дискового копача Σ_1 і вилкового Σ_2 ; KK_1 — відстань між віссю c_1 конволютного гелікоїда Σ_1 і віссю c миттєвого відносного гвинтового руху Φ — ґрунтового посередника; KK_2 — відстань між віссю c_2 вилки Σ_2 і віссю ґрунтового посередника — миттєвого відносного гвинтового руху Φ .



Алгоритм побудови поверхонь наступний:

- 1) за допомогою команди ОТРЕЗОК (LINE), із заданим типом Рис осьової лінії - center, будується вісь конволютного гелікоїда диска Σ_1 (рис. 3);
- 2) за допомогою команди СПЛАЙН (SPLINE) будується внутрішня гвинтова напрямна, яка лежить на основному циліндрі конволютного гелікоїда диска Σ_1 робочої поверхні вилки;
- 3) за допомогою команди СПЛАЙН (SPLINE) будується зовнішня гвинтова напрямна конволютного гелікоїда Σ_1 ;
- 4) за допомогою системної змінної SURFTAB1 будується число ліній відображення поверхні конволютного гелікоїда Σ_1 дискового копача;
- 5) командою П-СОЕД будуємо поверхню конволютного гелікоїда Σ_1 дискового копача;
- 6) за допомогою команди ОТРЕЗОК (LINE), із заданим типом осьової лінії - center, будуємо вісь конволютного гелікоїда Σ_2 вильчатого копача;
- 7) за допомогою команди СПЛАЙН (SPLINE) будуємо внутрішню гвинтову напрямну, яка лежить на основному циліндрі конволютного гелікоїда диска Σ_2 вильчатого копача;

- 8) за допомогою команди СПЛАЙН (SPLINE) будуємо зовнішню гвинтову напрямну конволютного гелікоїда Σ_2 вильчатого копача;
- 9) за допомогою системної змінної SURFTAB1 задаємо число ліній відображення поверхні конволютного гелікоїда Σ_2 вильчатого ВРО;
- 10) командою П-СОЕД будуємо поверхню конволютного гелікоїда Σ_2 вильчатого копача;
- 11) за допомогою команди ОТРЕЗОК (LINE), із заданим типом лінії осьова - center, будуємо вісь миттєвого відносного гвинтового руху — ґрунтового посередника;
- 12) за допомогою команди СПЛАЙН (SPLINE) будуємо внутрішню гвинтову напрямну, яка лежить на основному циліндрі миттєвого відносного гвинтового руху — ґрунтового посередника;
- 13) за допомогою команди СПЛАЙН (SPLINE) будуємо зовнішню гвинтову напрямну миттєвого відносного гвинтового руху;
- 14) за допомогою системної змінної SURFTAB1 будуємо лінії відображення поверхні миттєвого відносного гвинтового руху;
- 15) за допомогою команди П-СОЕД будуємо поверхню миттєвого відносного гвинтового руху.

Висновки

1. Таким чином, в результаті вирішення поставленої задачі, побудована трьохвимірна комп'ютерна модель поверхні нового вильчатого ВРО, яка відповідає спряженим лінійчастим конволютним гелікоїдам при відносному коченні зі сковзанням [5].

2. Новизна проведених досліджень підтверджена патентом України [6] на новий спосіб визначення форми профілю робочої поверхні ґрунтообробних знарядь.

Перспективи

1. Для дослідників та інженерів-конструкторів ґрунтообробних машин та знарядь така інформація може служити вихідною для проведення пошуку при побудові нових поверхонь чи при корегуванні існуючих викопувальних робочих органів коренезбиральних машин.

2. Одночасно з цим одержані геометричні моделі поверхонь ВРО дозволяють вийти на параметри дії на ґрунтовий посередник, що є дуже важливим фактором у землеробській механіці.

Література:

1. *Погорельй Л.В., Татьянко Н.В., Брей В.В. и др.* Свеклоуборочные машины (Конструирование и расчет).- Киев: Техніка, 1989.- 163 с.
2. *Підкоритов А.М., Юрчук В.П.* Конструювання спряжених поверхонь вильчатого і дискового копачів шляхом застосування діаграми гвинта // Прикладна геометрія та інженерна графіка.- 1994.- Вип.56 - С. 28-29.
3. *Юрчук В.П.* Спряжені поверхні в геометричних моделях формотворення робочих органів коренезбиральних машин: Автореф. дис. ...докт. техн. наук, - К., 2002.- 36 с.
4. *Тігарев В.М.* Автоматизоване формування спряжених поверхонь вищих кінематичних пар: Автореф. дис...канд. техн. наук.- К- 2000.- 18 с.

5. *Завгородний А.Ф., Кравчук В.И., Юрчук В.П.* Геометрическое конструирование рабочих органов корнеуборочных машин.- Киев: Аграрна наука, 2004.- 240 с.
6. Патент України, №33212 МПК 6 А 01 В15/00. Спосіб визначення форми профілю робочої поверхні ґрунтообробних знарядь/ *А.В.Павлов, А.М.Підкоритов, В.П.Юрчук* (Україна).-№99010273; Заявлено 19.01.1999; Опубл. 05.05.1999р.- 3 с.

УДК

РАЗРАБОТКА КОМБИНИРОВАННОГО АГРЕГАТА ДЛЯ ОБЪЕМНОГО МЕЛИОРИРОВАНИЯ ПАХОТНОГО СЛОЯ КИСЛЫХ ПОЧВ

В.А. Стрижов, к.т.н., доцент ЧГАА
М.М.Мухаматнуров, инженер, ЧГАА

Аннотация

Ключевые слова

Постановка проблемы. Перемешивание мелиорантов с почвой обрабатываемого слоя, важнейшее условие эффективности химической мелиорации. Высокой степени перемешивания мелиорантов с почвой можно получить при подаче пылевидных мелиорантов непосредственно в зону обработки почвообрабатывающего орудия с активными рабочими органами. Для этого необходимо создать комбинированный агрегат (КА), состоящий из энергетического средства, почвообрабатывающего орудия и пневмотранспортной системы. При ускорении процесса раскисления почвы равномерным распределением мелиоранта в пахотном слое, оптимальной для сельскохозяйственных культур реакции почвенного раствора можно достичь при значительном снижении дозы мелиоранта [1-3].

Комбинированный агрегат включает в себя: энергетическое средство ЭСВМ-7, полунавесной лемешно-роторный плуг ППК-6-35, емкость с аэроднищем на 5 м³, установленную на задней полураме ЭСВМ-7, центральный рукав и распределяющие трубопроводы, размещенные на раме плуга. При вспашке лемешно-роторным плугом отрыв пласта пассивным корпусом совмещается ударным воздействием на пласт лопаток ротора с вертикальной осью вращения. Применение машины с герметичной емкостью и аэроднищем для внесения пылевидных мелиорантов способствуют повышению производительности, улучшению условий труда, расширению функциональных возможностей, благодаря самозагрузке и разгрузке. Производительность пневмосистемы агрегата зависит от ширины захвата, рабочей скорости и дозы внесения мелиоранта. Первые два параметра пахотного агрегата ограничены, а технология объемного мелиорирования позволяет снижение дозы, поэтому более востребована работа пневмосистемы КА при ее пониженной производительности.

Среди существующих пневматических машин для внесения пылевидных мелиорантов отсутствуют конструктивные решения позволяющие обеспечивать

необходимые для работы КА пределы регулирования дозы известкового мелиоранта. В усовершенствованной пневмотранспортной системе, взамен сужения сечения, предлагается регулирование количества транспортируемого мелиоранта путем подачи дополнительного воздуха через распределитель-дозатор специальной конструкции. Когда сечением «критической скорости» транспортирования является начало распределяющих трубопроводов, подача дополнительного воздуха через распределитель повышает работоспособность системы.

Расчеты, с использованием предложенной авторами формулы и разработок отраслевых институтов химической, строительной и автотранспортной промышленности показывают, что при регулировании производительности пневмотранспортной системы: установкой центрального трубопровода различного диаметра, давления в емкости и дополнительной подачей воздуха; достигается более широкий предел изменения: 0,5...12,8 кг/с, при необходимых 1...10,7. Установлена адекватность расчетных и экспериментальных результатов при расхождении от 3 до 8 %. Неравномерность распределения мелиоранта по рабочим органам составляет 5...19 % [4-6].

Анализ исследований по оценке качества внутрисочвенного внесения удобрений и мелиорантов показывает, что из-за несовершенства методики, низкой степени достоверности, часты случаи получения противоречивых результатов. Для повышения точности и достоверности сравнения качества распределения мелиорантов в объеме пахотного слоя при различных способах внутрисочвенного внесения необходимо использовать соответствующую методику.

Разработанная методика определения качества объемного мелиорирования имеет следующие особенности: применяется отбор мелиорированного объема почвы соответствующего размерам пласта обрабатываемого рабочим органом; производится разбивка отобранного объема на контрольные кубики для сплошного обследования этого объема; используется простой в приборном оснащении и выполнении анализа, высокоточный химический метод определения содержания известкового мелиоранта в контрольном кубике; вводится способ дополнительной проверки достоверности результатов; устанавливаются законы распределения числовых величин выборки при различных способах внутрисочвенного внесения известковых мелиорантов, предлагается модель показателя качества объемного мелиорирования, отражающая в упрощенном виде физическую сущность процесса [7].

Качество объемного мелиорирования определено при заделке извести лемешно-отвальным, лемешно-роторным плугами и внесении комбинированным агрегатом. В первую очередь, согласно ГОСТ 28714-2007 подсчитывается среднее значение, средне - квадратическое отклонение и коэффициент вариации. Опыты при заделке лемешно-роторным плугом состоят из 2-х серий, включающих по 5 пробных объемов, общее количество пробных объемов-10, контрольных кубиков 1050. Необходимое число измерений n для получения достоверных результатов в зависимости от заданной точности Δ , вероятности α и коэффициенте вариации равным около 150% : при $\Delta = \pm 10\%$ и $\alpha = 90\%$ $n = 600$, $\alpha = 95$ $n = 950$; при $\Delta = \pm 5\%$ и $\alpha = 90\%$ $n = 2230$, $\alpha = 95$ $n = 3620$ [8].

По серии опытов выполняется корреляционный анализ. По первой проверяется влияние на показатель качества изменение дозы внесения, по второй - рабочей скорости. Значения коэффициентов детерминации показывают что, между управляющими факторами и показателем качества, связь слабая ($R^2 = 0,05; 0,438$). Для проверки достоверности полученных результатов при тарировки заранее устанавливается зависимость среднего значения содержания мелиоранта в контрольных кубиках от дозы внесения мелиоранта. Для проведенных исследований увеличение дозы внесения на 1 т/га, вызывает увеличение среднего на 50 мг. Результаты тех опытов, в которых отклонение от этой зависимости превышает статистически допустимые пределы на уровне 5% значимости, выбраковываются. Достоверные значения среднего имеют 7 пробных объемов. Результат усреднения значений коэффициентов вариации по выборке из 10 проб 164 %, с погрешностью в 20%, после отсева „грубых промахов“ – 158 %, с погрешностью 7 %. Дополнительная проверка позволяет снизить погрешность определения показателя качества и количества измерений в 2-3 раза.

В результате определения законов распределения числовых выборок установлено: при заделке извести отвальным плугом с коэффициентом вариации объемного распределения мелиоранта 231%, выборка имеет степенной закон с уравнением $f(q) = 914,4 q^{-1,70}$, при $R^2=0,94$; при заделке роторным плугом в опыте с коэффициентом вариации равным 179% - степенной, с функцией плотности распределения $f(q) = 491,2 q^{-1,33}$, при $R^2=0,97$; а при внесении комбинированным агрегатом коэффициент вариации 97%, закон экспоненциальный $f(q) = 0,6393 e^{-0,0031q}$, при $R^2=0,98$.

Выражение качества объемного мелиорирования по правилам классической статистической обработки лишено информативной наглядности. Поэтому предлагается идеальная модель показателя качества объемного мелиорирования, которая позволяет условное представление сущности процесса. Если во всех кубиках содержится одинаковое количество мелиоранта, равномерность-100 %; значение минимальное, когда весь мелиорант содержится только в одном кубике; равномерность составляет 50 %, когда в половине кубиков содержится одинаковое количество мелиоранта, т.е.

$$\delta = m/n \cdot 100, \% \quad (2)$$

где δ - коэффициент равномерности объемного мелиорирования; m - количество кубиков, в которых содержится мелиорант с равным количеством в каждом; n -общее количество контрольных кубиков выборки. В реальных условиях содержание мелиоранта (q_i , мг) в кубиках различно. Расчеты по формулам (3) дают в идеальных случаях, когда мелиорант равномерно распределен в некоторых кубиках, те же значения, что и „идеальная модель“, а произвольное распределение можно отождествить с „идеальными“.

$$q_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n q_i}{n}, \text{ мг}; \quad \zeta = \frac{\sum_{i=1}^n |q_i - q_{cp}|}{n}, \text{ мг}; \quad \alpha = \frac{\zeta}{2q_{cp}}, \%; \quad \delta = (100 - \alpha), \% \quad (3)$$

где q_{cp} -среднее значение содержания мелиоранта в контрольных кубиках; ζ - среднеабсолютное отклонение; α - коэффициент неравномерности;

При заделке извести лемешно-отвальным плугом равномерность объемного мелиорирования - 34 %. При заделке лемешно-роторным плугом по выборке из 10 проб равномерность составила 52,8 %, при точности 10 %. После отсева „грубых промахов“ по 7 пробам равномерность - 50 %, при точности 5 %. Наилучшая равномерность объемного мелиорирования при работе комбинированного агрегата в 63 % достигается при направлении струи мелиоранта на пласт с тыльной стороны в зону действия активного рабочего органа.

Эффективность известкования при различных способах объемного мелиорирования представлена следующими результатами: при заделке мелиоранта лемешно-отвальным плугом прибавка урожайности в зерновых единицах за три года составила, по сравнению с контролем без известкования 0,61 т/га; при заделке лемешно-роторным плугом - 1,25; при внесении извести комбинированным агрегатом - 2,13 т/га.

Научное значение исследований заключается: в теоретической и экспериментальной разработке по определению параметров пневмотранспортной системы пылевидных мелиорантов при регулировании ее производительности подачей дополнительного воздуха в транспортную магистраль и в разработке методики определения качества объемного мелиорирования. Методика позволяет повысить точность и достоверность результатов при снижении погрешности и количества опытов. Предложенная модель позволяет достоверное сравнение качества объемного мелиорирования при различных способах внесения мелиорантов в почву, когда распределение чисел выборки подчиняются различным законам.

Практическое значение исследований заключается в предлагаемых для внедрения в производство двух способах внутрипочвенного внесения извести, способствующих значительному повышению эффективности химического мелиорирования: внесение комбинированным агрегатом и заделка лемешно-роторным плугом, предварительно рассеянного по поверхности поля мелиоранта.

Литература

1. Агрохимия./Под ред. Б.А.Ягодина. М.:1982.
2. Е.Л.Половцев, С.Ф.Маслов. Механизация работ по повышению плодородия почв.- М.: Росагропромиздат, 1988.
3. Моношков А.Н., Штейнерт И.Я., Мухаматнуров М.М. Некоторые пути совершенствования известкования почв // Почвообрабатывающие машины и динамика агрегатов: Сб. науч. тр. / ЧИМЭСХ, 1985, с. 97 - 99.
4. И.М.Разумов. Псевдооживление и пневматический транспорт сыпучих материалов. М.: „Химия“. 1964.
5. М.Г.Догановский, Е.В.Козловский. Машины для внесения удобрений. М.:1972.
6. Стрижов В.А., Мухаматнуров М.М. Обоснование параметров пневмотранспортной системы комбинированного агрегата // Материалы XLVII междунар. науч.-техн. конф. „Достижения науки - агропромышленному производству“. Ч. 3. Челябинск: ЧГАУ, 2008, с. 114 - 122.

7. Мухаматнуров М.М. Статистическая обработка результатов определения качества объемного мелиорирования // Материалы XLVIII междунар. науч.-техн. конф. Ч. 4. Челябинск: ЧГАУ, 2009, с. 152 - 156.

8. Методы эксплуатационно-технологической оценки. ГОСТ 24055-88.

УДК 631.316.002.001.4

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЯГОВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ДВУХЪЯРУСНОГО ПЛУГА С ПОЛУВИНТОВЫМИ ОТВАЛАМИ

Тищенко С.С. ,к.т.н., доцент.

Дніпропетровський державний аграрний університет

Анотація – наведені результати порівнювальних досліджень тягового опору двоярусних плугів. Доведено, що двоярусні плуги, які мають на верхньому ярусі напівгвинтові полиці мають нижчий тяговий опір.

Ключові слова – плуги, полиці, дослідження, тяговий опір.

Постановка проблеми. Двухъярусные плуги предназначены для заделки растительных остатков на такую глубину, из которой, при последующих обработках они не извлекаются. Наличие двух ярусов корпусов делает двухъярусные плуги очень энергоемкими, имеющими большое тяговое сопротивление, поэтому снижение тягового сопротивления при заданных агротехнических требованиях является важной задачей.

Анализ последних исследований. Работу плужного корпуса можно разделить на фазы рыхления и перемещения почвы. Сопротивление почвы рыхлению зависит от углов постановки лемеха и физико-механических свойств почвы, а сопротивление перемещению определяется, в основном, формой поверхности.

Двухъярусные плуги, существующие в производстве, имеют культурные корпуса верхнего и нижнего ярусов. Поверхности отвалов этих корпусов выполнены по методике [2], основанной на применении геометрических методов, в частности построения поверхности цилиндрида. Разработанные в настоящее время геометрические модели [1] позволяют расширить возможности проектирования, опираясь на геометрические методы. Однако, существующие модели поверхностей не позволяют при проектировании учитывать полную кривизну поверхности, которая оказывает существенное влияние на энергетику корпуса.

В этой связи, для обеспечения варьирования главной кривизны поверхности рабочего органа разработана модель поверхности, инцидентная одной кривой [3], у которой пространственное движение прямолинейной образующей позволяет проектировать поверхности с заданной главной кривизной.

Формулирование целей статьи. Целью настоящей статьи является оценка тягового сопротивления двухъярусного плуга с культурными и

полувинтовыми корпусами верхнего яруса, поверхность которых спроектирована по заданной главной кривизне.

Основная часть. Задачей корпусов двухъярусного плуга является перемещение слоев почвы, при этом верхний слой почвы сбрасывается корпусами верхнего яруса на место нижнего, занимающего место верхнего. Глубина заделки растительных остатков в этом случае определяется типом отвала корпуса верхнего яруса, поэтому.

Энергетическая оценка двухъярусных плугов проводилась по тяговому сопротивлению плуга ПНЯ-4-40, который имел культурные корпуса нижнего яруса. На верхний ярус культурные и полувинтовые корпуса. Главная кривизна поверхности полувинтового корпуса была значительно выше культурного, что позволило получить хорошо развитое крыло (рис.1).

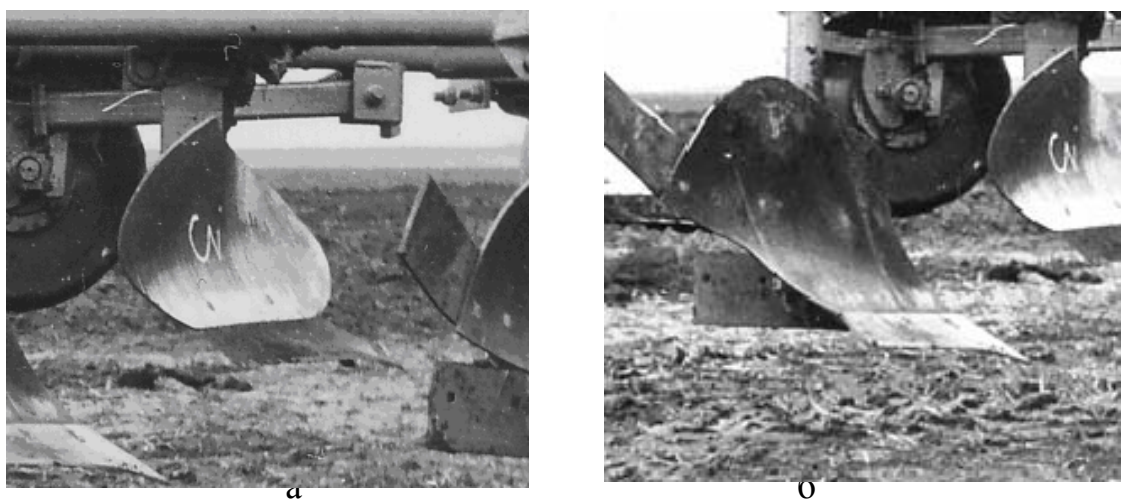


Рис.1. Корпуса двухъярусного плуга ПНЯ-4-40:

а - полувинтовые корпуса верхнего яруса; б - культурные корпуса нижнего яруса

Лабораторно-полевые исследования двухъярусных плугов проводились в условиях, типичных для основной обработки почвы, а именно: агрофон – стерня озимой пшеницы, количество растительных остатков 355 г/м^2 , тип почвы – чернозем, рельеф ровный, микрорельеф – выровненный. Значения влажности и твердости почвы в приведены в таблице 1.

Таблица 1- Влажность и твердость почвы при исследовании работы двухъярусных плугов

| Слой почвы, см | Влажность, % | Твердость, Н/см ² |
|-----------------------------|--------------|------------------------------|
| 0 – 10 | 18,3 | 5,2 |
| 10– 20 | 18,7 | 5,1 |
| 20 – 30 | 19,3 | 4,9 |
| Среднее значение показателя | 18,77 | 5,07 |

Для полевых исследований был принят трехфакторный симметричный план $3 \times 3 \times 3$. Уровни варьирования факторов представлены в таблице 2..

Таблица 2-Уровни варьирования факторов при полевых исследованиях

| № п/п | Фактор | Код | Уровни факторов | | |
|-------|---|-------|-----------------|-----|------|
| | | | -1 | 0 | +1 |
| 1 | Глубина обработки a , см. | X_1 | 24 | 28 | 33 |
| 2 | Рабочая скорость движения v , м/с. | X_2 | 2,37 | 2,8 | 3,16 |
| 3 | Твердость почвы P , Н/см ² . | X_3 | 4.5 | 5,1 | 5,4 |

В результате реализации полнофакторного эксперимента второго порядка получены данные, характеризующие тяговое сопротивление двухъярусного плуга.

Влияние глубины обработки, скорости движения и твердости почвы на тяговое усилие описывается следующими уравнениями модели:

- для двухъярусного плуга с культурными корпусами верхнего яруса:

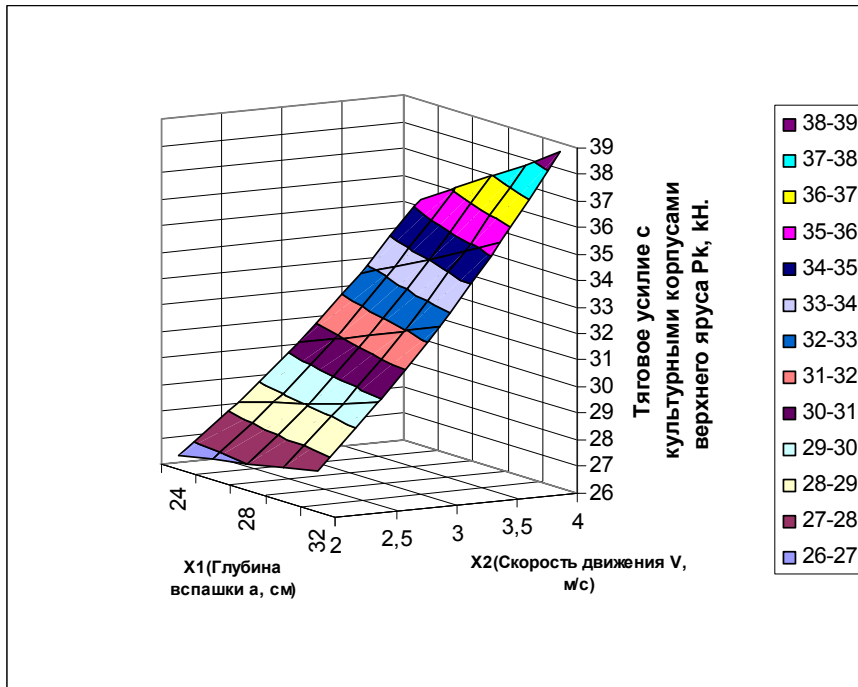
$$P_k = 31,8 + 4,97X_1 + 1,08X_2 + 0,568X_1^2 + 0,0318X_2^2 + 0,6X_1X_2, \quad (1)$$

- для двухъярусного плуга с полувинтовыми корпусами верхнего яруса:

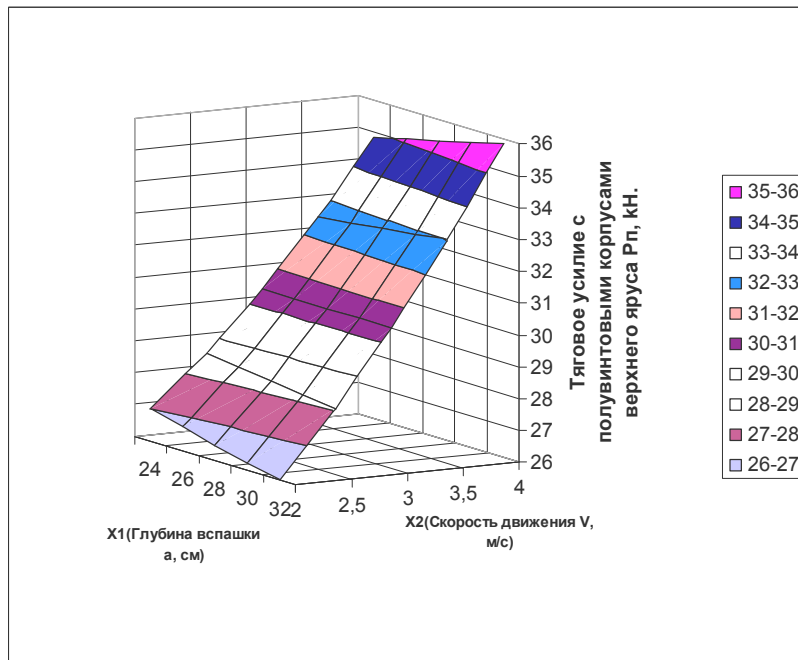
$$P_{\Pi} = 30,2 + 4,345X_1 + 1,0X_2 + 0,504X_1^2 + 0,01X_2^2 + 0,515X_1X_2. \quad (2)$$

Зависимости $P_k = (a, v, p)$ и $P_{\Pi} = (a, v, p)$ в графическом виде представлены на рисунке 2.

Анализ моделей (1) и (2) проведенный по коэффициентам показывает, что доминирующим фактором X_1 является глубина вспашки a , причем для полувинтовых корпусов значение коэффициента меньше, чем для культурных. Значение коэффициента при факторе X_2 , который соответствует скорости обработки v для полувинтовых корпусов меньше, чем у культурных. Комплексное влияние глубины обработки и скорости движения плуга, определяемое коэффициентом при произведении факторов в целом незначительно, однако для полувинтовых корпусов меньше. Такое положение связано с тем, что по поверхности полувинтового корпуса почва движется более упорядочено, так как кривизна поверхности в этом случае больше. Увеличение кривизны поверхности обеспечивает стабильность движения почвы, иными словами стабильность траекторий, которые в данном диапазоне скоростей меняются незначительно. Поверхность культурного корпуса имеет малую кривизну, из-за чего слои почвы беспорядочно перемешиваются между собой, на что затрачивается дополнительная энергия. Аналогично предыдущему для рабочей скорости движения плуга 2.8 м/с тяговое сопротивление плуга с полувинтовыми отвалами составляет 30,2 кН, а для плуга с культурными корпусами 31,8 кН.



а



б

Рис.2. Влияние глубины обработки, рабочей скорости движения и твердости почвы на удельное тяговое сопротивление двухъярусного плуга: а - с культурными корпусами верхнего яруса $P_K = (a, v, p)$; б - с полувинтовыми корпусами верхнего яруса $P_{П} = (a, v, p)$

Выводы. Установлено, что тяговое сопротивление двухъярусных плугов с полувинтовыми корпусами верхнего яруса на 5,9 % ниже, чем с культурными.

Литература.

1. Войтюк Д.Г., Пилипака С.Ф. Конструювання лінійчатої поверхні за розрахунковою траєкторією руху матеріальної частинки по ній. // Науковий вісник НАУ.–К. 2002. Вип.49, с.68–74.

2.Щучкин Н.В. Методика проектирования цилиндрических отвалов / Н.В. Щучкин // Теория, конструкция и производство сельскохозяйственных машин. – М. : Сельхозгиз, 1963. – С. 303–343.

3.Тищенко С.С. Проектирование культиваторного корпуса плуга на основе обобщенной геометрической модели адаптивной поверхности //Праці Таврійської державної агротехнічної академії. – Мелітополь, 2003. Вип. 10, с. 123-128.

УДК 631.313

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ И ПОЛЕВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИСКОВОГО ПЛУГА

Волик Б.А.,
Теслюк Г.В.,
Семенюта А.Н.

Днепропетровский государственный аграрный университет, Украина

Аннотация

Ключевые слова

Постановка проблемы. В последнее время почвообрабатывающие машины на основе рабочих органов дискового типа получают в Украине приоритетное распространение. Особое место в этой группе занимают машины, в которых дисковые рабочие органы имеют возможность изменять углы постановки к вертикали и к направлению движения – дискаторы и дисковые плуги.

Каждое из этих орудий занимает свою нишу в комплексе почвообрабатывающих машин. Отказаться от дискового плуга в пользу дискатора не представляется возможным, т.к. только плужная компоновка позволяет реализовать преимущества дискового рабочего органа при работе на глубинах, превышающих 18 см. В то же время, особенность компоновки дискового плуга приводит к возникновению значительных поперечных сил, которые дестабилизируют его ход. Проблема усугубляется еще и тем, что при перемене почвенных условий возникает необходимость корректировки углов постановки дисков по направлению движения и к вертикали, что автоматически приводит к изменению величины поперечных сил. Поэтому, проблема стабилизации хода дискового плуга является актуальной.

Анализ исследований. Исследование рабочих органов дискового типа и машин на их основе представляет собой довольно сложную задачу. Сложность аналитических исследований обуславливается прежде всего многофакторностью описываемых процессов. Анализ известных конструктивных решений

показывает, что практически все параметры машин такого типа обрабатывались экспериментально и имеют ограниченную аналитическую основу. Причина лежит в сложности описания перемещения пласта почвы по рабочей поверхности и после схода с нее. А без этого создать полноценную математическую модель не возможно.

Известны работы ряда авторов [1,4,5,6] в которых предприняты попытки аналитически обосновать параметры дискового плуга. Обобщив их опыт, мы предлагаем собственное решение проблемы компоновки плуга.

Цель исследований – аналитическое обоснование схемы расположения дисков на раме и практическая проверка полученных результатов.

Основной материал исследований. В процессе аналитических исследований в качестве критерия оптимизации было принято минимальное соотношение поперечной и продольной составляющих тягового сопротивления. В результате, нами были получены соотношения, определяющие параметры расстановки дисков на раме и угол наклона основной балки к направлению движения (рис.1.)

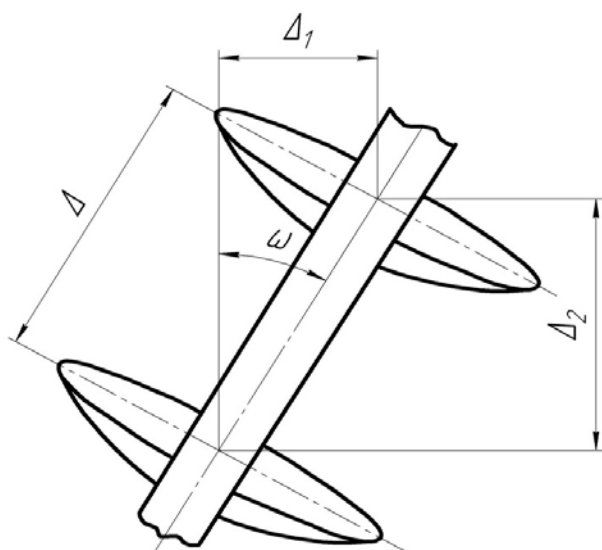


Рис.1. Расчетная схема к определению Δ_1 та Δ_2

$$\Delta_1 < 2 \cdot R \cdot \cos \left[\arcsin \left(1 - \frac{h}{R \cdot \cos \beta} \right) \right], \quad (1)$$

$$\Delta > 1,88 \cdot R \cdot \cos \alpha, \quad (2)$$

$$\theta = \arcsin \frac{\cos \left[\arcsin \left(1 - \frac{h}{R \cdot \cos \beta} \right) \right]}{0,94 \cdot \cos \alpha}, \quad (3)$$

где h – высота неразрушенных гребней на дне борозды;

R – радиус диска;

α – угол постановки диска к направлению движения;

β - угол постановки диска к вертикали.

Возникающая при этом поперечная составляющая компенсируется бороздным колесом (рис.2.).

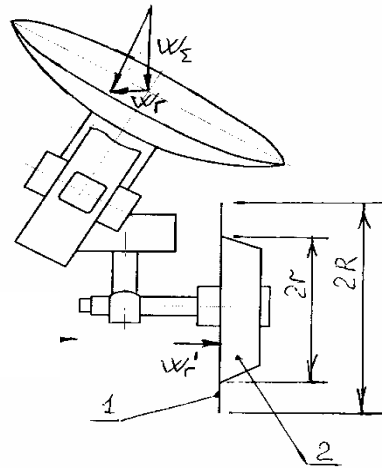


Рис.2. Расчетная схема борозного колеса

Параметры борозного колеса связаны уравнением

$$\frac{W_{\Gamma}}{q \cdot h} = R^2 \cdot \arccos \frac{r}{R} - r \cdot \sqrt{R^2 - r^2}.$$

где q – коэффициент объемного смятия почвы;

h – допустимая глубина смятия;

W_{Γ} – поперечная составляющая тягового сопротивления.

Бодем подробно ход рассуждений представлен нами в работе [3].

В соответствии с приведенной расчетной схемой Гуляйпольским механическим заводом ОАО «Мотор Сич» был изготовлен экспериментальный образец дискового плуга который был исследован на основные показатели надежности и качества крошения почвы.

Конструкция плуга имеет следующие отличия от серийного варианта:

- оригинальный механизм регулирования углов постановки диска в трех плоскостях (рис.3.), что позволяет проводить испытания в аналитически обоснованном диапазоне их изменения;
- смещена на 80 мм относительно серийной конструкции нависка, что отвечает усредненному положению продольной оси тяги;
- рама зготовлена из трубы круглого профиля, что снижает величину крутильных колебаний;
- профиль чистика повторяет профиль сечения диска в месте его установки;
- угол установки основной балки к направлению движения отвечает расчетному ($\theta = 48^{\circ}$);
- положение корпусов отвечает расчетному ($\Delta_1 = 255$ мм; $\Delta = 510$ мм)
- параметры борозного колеса выбраны в соответствии с расчетными ($R = 250$ мм; $r = 180$ мм).



Рис.3. Механизм крепления диска к стойке

Таблица 1 - Процентное содержание комков почвы во взятых пробах после прохода плуга при различных углах постановки диска

| Диаметр отверстия решета, мм | Углы постановки диска, град: $\alpha = 31,5$ $\beta = 26$ | | Углы постановки диска, град: $\alpha = 31,5$ $\beta = 17$ | | Углы постановки диска, град: $\alpha = 31,5$ $\beta = 8,0$ | | Углы постановки диска, град: $\alpha = 48,5$ $\beta = 8,0$ | |
|------------------------------|--|----------------------------------|--|----------------------------------|---|----------------------------------|---|----------------------------------|
| | Условный приведенный диаметр, мм | Процентное содержание фракции, % | Условный приведенный диаметр, мм | Процентное содержание фракции, % | Условный приведенный диаметр, мм | Процентное содержание фракции, % | Условный приведенный диаметр, мм | Процентное содержание фракции, % |
| 150 | 159 | 7,12 | 157 | 14,53 | 163 | 15,76 | 164 | 14,33 |
| 100 | 121 | 7,56 | 125 | 11,57 | 125 | 16,42 | 132 | 20,09 |
| 75 | 81 | 5,85 | 82 | 6,74 | 86 | 8,78 | 84 | 10,22 |
| 50 | 64 | 10,04 | 66 | 12,19 | 61 | 15,00 | 63 | 19,58 |
| 25 | 37 | 12,78 | 38 | 15,74 | 33 | 13,67 | 32 | 10,91 |
| 10 | 16 | 31,20 | 17 | 17,95 | 18 | 12,16 | 14 | 13,23 |
| < 10 | - | 25,45 | - | 21,26 | - | 18,21 | - | 11,64 |
| Всего | | 100 | | 100 | | 100 | | 100 |

По данным табл.1 строим огиву распределения фракционного состава, рис. 4.

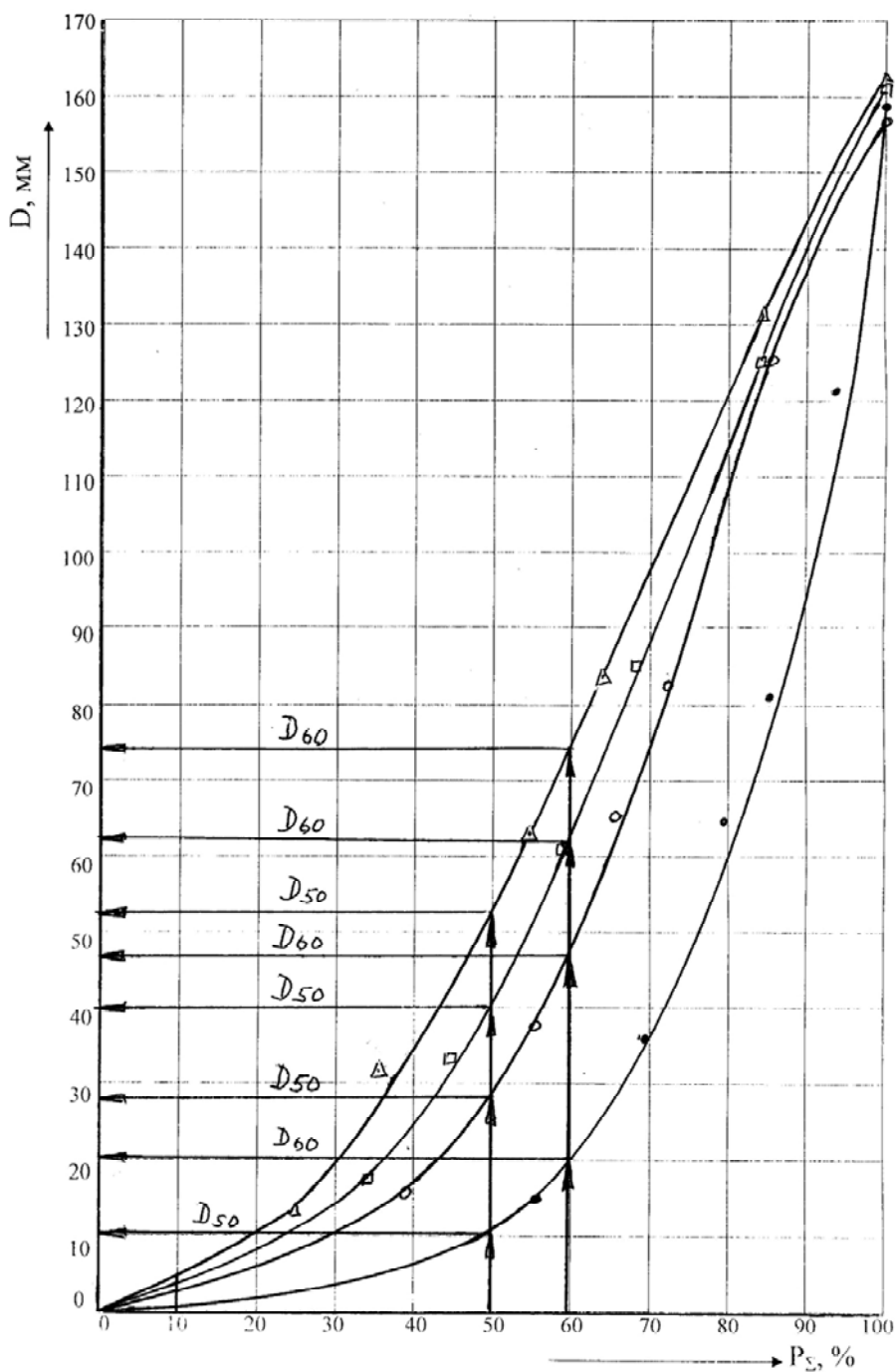


Рис.4.2. Огиба распределения фракционного состава

- - $\alpha = 31,5$ $\beta = 26$
- - $\alpha = 31,5$ $\beta = 17$
- - $\alpha = 31,5$ $\beta = 8,0$
- ▲ - $\alpha = 48,5$ $\beta = 8,0$

В процессе работы визуальным наблюдением установлено, что качество обработки почвы соответствует агротехническим требованиям. Поверхность поля ровная и однородная. Агрегат устойчиво выполняет технологический процесс в диапазоне III – V передач трактора МТЗ-82, но работа на IV передаче методом экспертной оценки признана оптимальной. На меньшей скорости не обеспечивается достаточная производительность, на большей – пласт отбрасывается на величину, которая превышает ширину захвата корпуса.

Путь заглубления – 0,7 м (у серийного – 1,2 м). Полностью отсутствует забивание межстоечного пространства при всех вариантах постановки углов диска, т.е. задача технологической надежности решена.

Тяговые испытания на данном этапе не проводились. Учитывая новые технологические возможности (смена углов постановки диска в трех плоскостях), основной упор был сделан на оценке качества крошения почвы

Качество крошения оценивалось при помощи решетного классификатора и, дополнительно, по методике предложенной А.Н.Панченко [2]. Результаты математической обработки результатов просеивания представлены в табл.1.

Используя полученные графики находим коэффициент (K_p) разнородности структурных агрегатов (табл.2) и на его основе анализируем качество работы модернизированного плуга.

Таблица 2-Качественные показатели крошения почвы по А.Н.Панченко [2]

| | $\alpha = 48,5^0$ $\beta = 8,0^0$ | $\alpha = 31,5^0$ $\beta = 8,0^0$ | $\alpha = 31,5^0$ $\beta = 26^0$ | $\alpha = 31,5^0$ $\beta = 17^0$ |
|---------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| D_{60} , мм | 20 | 48 | 42 | 74 |
| D_{50} , мм | 10 | 28 | 40 | 52 |
| D_{10} , мм | 1,0 | 3 | 4 | 5 |
| K_p | 20 | 16 | 10,5 | 14,8 |

В соответствии с методикой [2, стр.15] оптимальным следует считать значение $K_p = 9 - 16$. Таким образом, во всем диапазоне изменения углов α и β этот показатель требованиям удовлетворяет. Исключение составляет первый вариант, в котором значения углов приняты максимальными.

Выводы. Проведенными исследованиями показано, что показатели работы дискового плуга могут быть улучшены путем более рациональной расстановки корпусов и оптимизации угла наклона балки по направлению движения. При выполнении этого условия бороздное колесо полностью справляется с компенсацией поперечной составляющей силы тяги.

Оптимальное положение корпусов - $\Delta_1 = 255$ мм; $\Delta = 510$ мм при угле постановки балки $\theta = 48^0$.

Анализ качества крошения почвы показал, что внесенные конструктивные изменения позволяют обеспечивать значение коэффициента разнородности структурных агрегатов в допустимом диапазоне.

Литература

1. Мударисов С.Г. Повышение качества обработки почвы путем совершенствования рабочих органов машин на основе моделирования технологического процесса: Автореф. дис... докт. техн. наук: 05.20.01. – Челябинск, 2007. – 40с.
2. Панченко А.Н. Теория измельчения почв почвообрабатывающими орудиями / Днепропетр. гос. агр. ун-т.- Днепропетровск, 1999. – 140с.
3. Семенюта А.М., Білокопитов О.В., Волик Б.А., Колбасін В.О. Математична модель дискового плуга/ Праці Таврійського державного агротехнологічного університету - Вип.10.Т.8. – Мелітополь: ТДАТУ, 2010. С.169- 176.
4. Худоеров А.Н. Определение скорости движения частиц почвы по рабочей поверхности сферического диска/ Техника в сельском хозяйстве. – 2009. - №4. – с.44-45.
5. Шевченко И.А. Математическая модель взаимодействия дискового рабочего органа с почвой // Праці ТДАТА. – Вип. 1, т.10.-Мелітополь: ТДАТА, 1999 – с.124 – 130.
6. Юнусов Г.С. Кинематический анализ движения дисковых рабочих органов/ Техника в сельском хозяйстве. – 2005. - №2. – с.49 – 50.

УДК 631.31

К ТЕОРИИ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО КЛИНА

Ветохин В.И., к.т.н.*

Национальный технический университет Украины

«Киевский политехнический институт»

Тел./факс: (044) 501-63-43 / 284-70-72; e-mail: veto-v@mail.ru

Аннотация – работа посвящена разработке моделей взаимодействия почвы и клина. Предложена модель деформаций и напряжений в пласте почвы, учитывающая образование промежуточного тела из уплотненной почвы, и отображающая механизм преобразования локального сжатия почвы клином в растяжение объема пласта.

Ключевые слова – обработка почвы, модель клина, расчетная схема, деформации растяжения и сжатия.

Постановка проблемы. Качество и энергоемкость механической обработки почвы в значительной степени определяется формой и параметрами рабочих органов орудий, основой которых является клин. Возможность совершенствования рабочих органов зависит от уровня соответствия

* Научный консультант: д.т.н., профессор И.М. Панов

© к.т.н. Ветохин В.И.

теоретических представлений и реальных процессов взаимодействия с пластом почвы. Поэтому развитие теории клина является важной и актуальной задачей.

Анализ последних исследований. Вопросами совершенствования рабочих органов орудий для обработки почвы на основе моделирования процесса взаимодействия клина с почвой занимались многие исследователи. Основы теории почвообрабатывающего клина были заложены В.П. Горячкиным.

В.П. Горячкин обращал внимание на то, что: «... клин действует на обрабатываемый материал очень разнообразно, но сущность работы его заключается не в разрезании лезвием, как обычно принято думать, а в сжимании частиц, которое простирается на более или менее значительное протяжение, после чего образуется трещина ...» [1, с. 169]. В.П. Горячкин также писал: «Вначале клин сминает площадку, а затем образуется трещина ...» [2, с. 242-243]. В этих формулировках, по сути, заложено описание двух стадий процесса стружкообразования – начального пластического деформирования и последующего хрупкообразного разрушения. Современные исследования подтвердили и уточнили эту картину.

Г.Н. Синеоков подробно изучил вопрос стружкообразования при резании клином [3, 4]. Г.Н. Синеоков выделил в сопротивлении почвообрабатывающего клина несколько составляющих и особо энергоемкое сопротивление внедрению кромки клина в почву, также связанное со сжатием и пластическим деформированием почвы.

Предложенные В.П. Горячкиным и Г.Н. Синеоковым модели циклического образования элементов стружки под действием клина используются многими исследователями по настоящее время. Например, модель, подобная модели Г.Н. Синеокова [4, с. 51], использована В.Н. Щировым и Г.Г. Пархоменко при исследовании параметров долото-ножевидного рабочего органа [5]. Однако при этом не учитываются наличие первой стадии деформации почвы, различие в функционировании долотовидного и ножевидного клина, реальное соотношение высоты клина и глубины обработки, а сами модели строятся из предположения, что ширина клина настолько велика, что «краевыми эффектами» можно пренебречь. Таким образом, во многих случаях, процессы рассматриваются на модели, построенной для продольно-вертикального сечения пласта, и считаются независимыми от относительной ширины деформатора.

Ранее нами предложены модели крошения почвы с учетом различной ширины клиновидного деформатора b по отношению к глубине обработки H , и наличия пластической стадии деформации почвы (рис. 1) [6]. Однако расчетной схемы процесса дано не было

Формулировка целей статьи. Цель данного исследования – рассмотреть процесс стружкообразования и крошения почвы, и предложить расчетную схему деформаций и напряжений в пласте с учетом реальных явлений при работе клиновидного рыхлителя.

Основная часть. При взаимодействии с рабочим органом, в пласте почвы образуется две зоны в различном деформированном состоянии. Почва в зоне, непосредственно прилегающей к рабочей поверхности, испытывает переуплотнение и переходит в пластичное состояние. Форму и размер этой зоны можно зафиксировать при внезапной остановке орудия (рис. 2). В борозде после

прохода орудия указанная зоны выделяется как распыленная часть пласта.

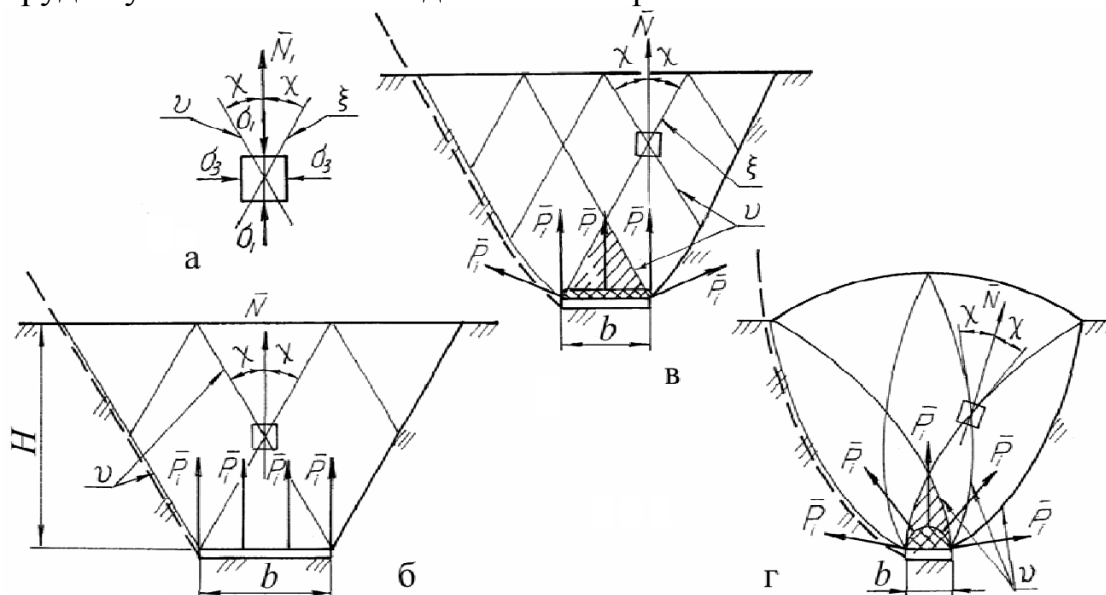


Рис. 1. Схемы образования поверхностей сдвигов в пласте почвы под действием рыхлительных элементов различной относительной ширины b по отношению к глубине обработки H [6]:

а – элементарных поверхностей сдвигов ξ , v и главных напряжений σ_1 и σ_3 ;
 б, в, г – под действием рыхлительных элементов различной относительной ширины b/H .



аб

Рис. 2. Вид тела из переуплотненной почвы на рабочей поверхности долота (а) и лапы чизельного плуга (б)

Крошение почвы второй зоны - вокруг тела из переуплотненной почвы носит характер хрупкообразного разрушения с признаками растяжения пласта. Об этом свидетельствует характер сложения пласта, зачастую с явно выраженными промежутками между элементами пласта почвы и расширением трещин (рис. 3).



аб

Рис. 3. Вид характера крошения почвы рабочими органами плуга-рыхлителя (а) и чизельного плуга (б)

Образование двух зон в пласте почвы в различном напряженно-деформированном состоянии соответствует общим закономерностям деформации при взаимодействии тел. Обобщенные результаты исследований по механике упругопластического контактного взаимодействия показывают, что: «... смещения под поверхностью (контакта) примерно радиальны по отношению к точке начального контакта, а поверхности равных деформаций имеют примерно полусферическую форму» [7, с. 200]. А также: «... поверхность контакта охватывается полусферическим «ядром» радиуса a . Внутри ядра предполагается наличие гидростатического напряженного состояния интенсивностью \bar{p} . Гидростатическое давление в ядре равно радиальной компоненте напряжения во внешности (на внешней границе ядра)» [7, с. 200]. Эти выводы совпадают с данными А.Н. Зеленина, полученными при исследовании деформации почвы [8].

С.А. Сидоров в результате исследования долговечности и работоспособности рабочих органов почвообрабатывающих машин пришел к следующим выводам: «Удельные давления, действующие на изнашиваемую кромку рабочего органа, относительно постоянны и зависят, в основном, от почвенных условий и режимов работы, и практически не зависят от геометрии лезвия (или параметров его затупления), в отличие от общих нагрузок, на величины которых существенное влияние оказывает геометрия лезвия.

Это обусловлено тем, что на лезвии почвообрабатывающего рабочего органа циклически возникает «почвенное уплотненное ядро», которое изменяет свою форму, размеры, физическое состояние и месторасположение на кромке, при соответствующем изменении геометрии лезвия (в частности при его затуплении), что является одной из главных причин ухудшения агротехнических и силовых показателей орудия» [9, с. 29].

Эти и другие данные позволили нам сделать следующий вывод [10, с. 248]: тело из уплотненной почвы, как посредник, передает нагрузку от рабочего

органа Φ_1 к остальной части пласта, а его внешняя граница Φ_2 становится фактической рабочей поверхностью для остального объема слоя почвы (рис. 4 а). Тело - посредник существенно корректирует исходную форму Φ_1 рабочего органа и изменяет картину крошения пласта почвы, что определяет характер и энергоемкость процессов.

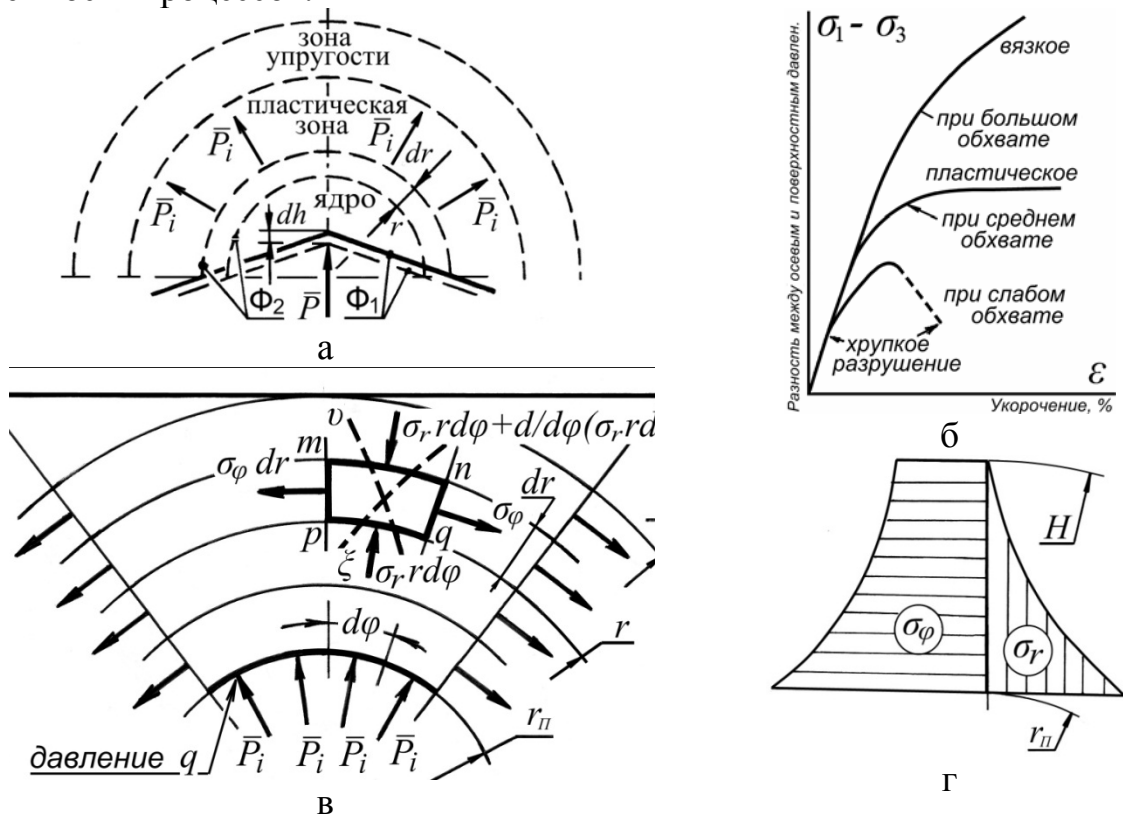


Рис. 4. Модель деформирования пласта почвы: а - схема образования двух зон деформаций в пласте почвы; б - диаграмма деформированного состояния почвы по В.П. Горячкину [11, с.116]; в - схема нагружения пласта почвы; г - эпюры тангенциальных σ_ϕ (растяжения) и радиальных σ_r (сжатия) напряжений

При этом проявляется способность почвы деформироваться хрупкообразно или пластически в зависимости от напряженного состояния (рис. 4 б) [11, с.116].

Тело из уплотненной почвы передает давление q гидростатическим образом, т.е. равномерно во все стороны. Вышерасположенный слой почвы будет нагружен системой сил \bar{P}_i , ориентированных в радиальных направлениях (рис. 4 в). В дальнейших построениях используем материалы, изложенные в [12, с. 318-326].

Введем цилиндрические координаты z, r, ϕ (направление z совпадает с направлением движения рабочего органа), и выделим элемент пласта почвы с измерениями $dz, dr, r d\phi$ (см. рис. 4 в).

Уравнение равновесия элемента слоя почвы будет иметь вид

$$\frac{d}{dr}(\sigma_r r d\phi) dr - 2\sigma_\phi dr \frac{d\phi}{2} = 0$$

После сокращения дифференциалов и преобразования получим

$$\frac{d\sigma_r}{dr} + \frac{\sigma_r - \sigma_\phi}{r} = 0 \quad (1)$$

Относительная деформация ε_φ элемента $p q$ равняется (рис.5)

$$\varepsilon_\varphi = \frac{p'q' - pq}{pq} = \frac{u}{r} \quad (2)$$

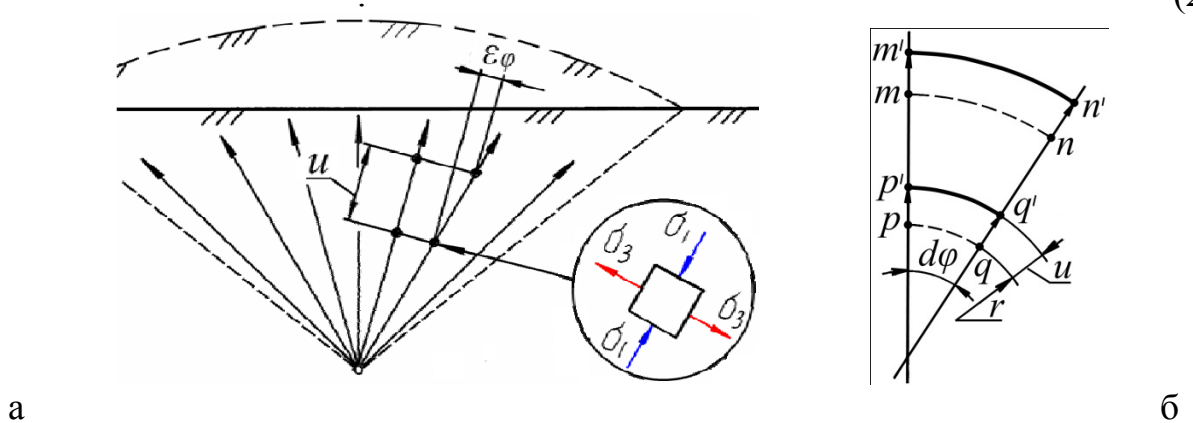


Рис. 5. Схема к определению деформации пласта почвы
Точка m в результате деформации в радиальном направлении занимает положение m' , а ее перемещение mm' равняется

$$\varepsilon_r = \frac{p'm' - pm}{pm} = \frac{m'm - pp}{pm} = \frac{du}{dr} \quad (3)$$

Угловая ε_φ и радиальная ε_r деформации выражаются через одну и одну и ту же функцию $u(r)$ и, таким образом, связаны через уравнения совместности деформаций. Умножив зависимость (3) на r , выполнив дифференцирование и

вычитая $\varepsilon_r = \frac{du}{dr}$, получим

$$\frac{d}{dr}(r \varepsilon_\varphi) - \varepsilon_r = 0 \quad (4)$$

Или в другом виде уравнения совместности деформаций

$$\frac{d\varepsilon_\varphi}{dr} + \frac{\varepsilon_\varphi - \varepsilon_r}{r} = 0 \quad (5)$$

Уравнение деформаций для координат z, r, φ

$$\begin{aligned} \varepsilon_r &= \frac{1}{E} [\sigma_r - \nu(\sigma_\varphi + \sigma_z)] \\ \varepsilon_\varphi &= \frac{1}{E} [\sigma_\varphi - \nu(\sigma_z + \sigma_r)] \\ \varepsilon_z &= \frac{1}{E} [\sigma_z - \nu(\sigma_r + \sigma_\varphi)] \end{aligned}$$

Подставив зависимость для σ_z в первое и второе уравнения системы, получим

$$\varepsilon_r = \frac{1}{E} \left[\sigma_r - \nu \sigma_\varphi - \nu E \varepsilon_z - \varepsilon^2 (\sigma_r + \sigma_\varphi) \right] = \frac{1-\nu^2}{E} \left[\sigma_r - \frac{\nu}{1-\nu} \sigma_\varphi \right] - \nu \varepsilon_z \quad (6)$$

и

$$\varepsilon_\varphi = \frac{1-\nu^2}{E} \left[\sigma_\varphi - \frac{\nu}{1-\nu} \sigma_r \right] - \nu \varepsilon_z \quad (6')$$

С учетом условия тождественности для уравнения равновесия (4), а именно

$$\sigma_r = \frac{1}{r} F, \quad \sigma_\varphi = \frac{dF}{dr} = F',$$

зависимости (6) и (6') примут вид

$$\varepsilon_r = \frac{1-\nu^2}{E} \left[\frac{F}{r} - \frac{\nu}{1-\nu} F' \right] - \nu \varepsilon_z$$

$$\varepsilon_\varphi = \frac{1-\nu^2}{E} \left[F' - \frac{\nu}{1-\nu} \frac{F}{r} \right] - \nu \varepsilon_z \quad (7)$$

Внесем выражения ε_r и ε_φ по формулам (7) в уравнение совместности деформаций (5) и после сокращений получим

$$F'' + \frac{F'}{r} - \frac{F}{r^2} = 0 \quad (8)$$

Выполнив преобразование и учтя предельные условия, получим

$$\sigma_r = q \frac{r_{II}^2}{H^2 - r_{II}^2} \left(1 - \frac{H^2}{r^2} \right), \quad \sigma_\varphi = q \frac{r_{II}^2}{H^2 - r_{II}^2} \left(1 + \frac{H^2}{r^2} \right) \quad (9)$$

Распределение напряжений согласно зависимостям (9) показано на рис. 4 г.

Для применения теории Кулона-Мора необходимо установить соответствие напряжений σ_φ и σ_r минимальному и максимальному главным напряжениям σ_1 и σ_3 . То есть должно выполняться условие $\sigma_r > \sigma_z > \sigma_\varphi$ (с учетом знака). Для этого необходимо оценить значение сил и напряжений вдоль оси Z .

Значения сил и напряжений вдоль оси Z в рассматриваемом сечении (см. рис. 4 в), будут определяться характером деформаций внутри тела из переуплотненной почвы и на его внешней границе. Как показано выше характер этих деформаций соответствует пластическому течению. В некотором приближении можно считать, что сила P_z вдоль оси Z соотносится с радиальной силой P_r следующим образом: $P_z \geq f_{вн} P_r$, где $f_{вн}$ - коэффициент внутреннего трения почвы. Поскольку $f_{вн}$ существенно меньше единицы [13, с.78-80] будет выполняться условие $\sigma_r > \sigma_z > \sigma_\varphi$.

Значение напряжения растяжения σ_φ согласно зависимостям (9) превосходит значение радиальных напряжений сжатия σ_r по всей толщине деформируемого слоя. С учетом особенности свойств почвы - меньшей прочности на растяжение, чем на сжатие, крошение будет происходить

вследствие деформаций растяжений и сдвигов, что соответствует реальной картине (см. рис. 3).

Описанные процессы соответствуют функционированию рыхлительного элемента выпуклого в поперечном сечении профиля, либо при относительной ширине деформатора b/H , обеспечивающей образование выпуклой формы тела из переуплотненной почвы на рабочей поверхности. Последнее условие обеспечивается долотовидными рыхлителями, имеющими более низкую энергоемкость, чем ножевидные.

Выводы. Особенность механики деформирования пласта почвы клином состоит в образовании на его рабочей поверхности тела из переуплотненной почвы выпуклой формы и дальнейшем преобразовании деформации сжатия в локальном, близлежащем к клину объеме почвы, в деформации растяжения и сдвигов в остальном объеме пласта и крошение почвы. При этом проявляются свойства почвы - меньшая прочность на растяжение, чем на сжатие, и способность почвы находиться в хрупкообразном или пластическом деформированном состоянии в зависимости от напряженного состояния.

Дальнейшие исследования необходимо посвятить оценке соотношения зон пластических и хрупкообразных деформаций пласта почвы при различных параметрах клина, режимах работы и состоянии почвы.

Литература

1. *Горячкин В.П.* Основы теории земледельческих машин и орудий. Общая теория орудий / В.П. Горячкин // Собр. соч.: В 7 т. - М.: Сельхозгиз, 1937. - Т.2. - С. 161-181.
2. *Горячкин, В.П.* О физико-механических и агротехнических свойствах почвы / В.П. Горячкин // Собр. соч.: В 7 т. - М.: Сельхозгиз, 1940. Т.4. - С. 237-246.
3. *Синеоков Г.Н.* Сопротивления почвы, возникающие при ее обработке: Дис. ... д-ра техн. наук / Г.Н. Синеоков // АН СССР, Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева. - М., 1954. - Т.1. - 166 с.; Т.2. - 139 с.
4. *Синеоков Г.Н.* Теория и расчет почвообрабатывающих машин / Г.Н. Синеоков, И.М. Панов. - М.: «Машиностроение», - 1977. - 328 с.
5. *Щиров В.Н.* Обоснование параметров комбинированного почвообрабатывающего агрегата нового поколения для глубокой безотвальной послонной обработки почвы [Электронный ресурс] / В.Н. Щиров, Г.Г. Пархоменко // Проблемы современной аграрной науки: Материалы международной заочной научной конференции 15 октября 2008 г. - Красноярск: Красноярский ГАУ. Режим доступа: <http://www.kgau.ru/img/konferenc/49.doc>
6. *Ветохин В.И.* Метод проектирования безотвальных рабочих органов / В.И. Ветохин // Тракторы и с.-х. машины. - 1993. - № 9. - С. 17-19.
7. *Джонсон К.* Механика контактного взаимодействия: Пер. с англ. / К.Л. Джонсон. - М.: Мир, 1989. - 510 с.
8. *Зеленин А.Н.* Основы разрушения грунтов механическими способами / А.Н.Зеленин: изд-е 2-е. - М.: Машиностроение, 1968.- 375 с.
9. *Сидоров С.А.* Повышение долговечности и работоспособности рабочих органов почвообрабатывающих машин и орудий, применяемых в сельском и лесном хозяйствах: Автореф. дис. ... д-ра техн. наук. спец 05.20.01, 05.21.01 /

С.А. Сидоров. – М.: ОАО «ВИСХОМ», 2007. – 33 с.

10. *Ветохин В.И.* К вопросу разработки системной модели крошения пласта почвы / В.И. Ветохин // *Праці ТДАТУ – Мелітополь: ТДАТУ, 2010. - Вип.10, - Т.7. – С.245-252.*

11. *Горячкин В.П.* Общая теория орудий. Картина разрушения материалов / В.П. Горячкин // *Собр. соч.: В 7 т. - М.: Сельхозгиз, 1948. - Т.6. - С. 115-120.*

12. *Работнов Ю.Н.* Сопротивление материалов / Ю.Н. Работнов. – М.: Физматгиз, 1962. – 456 с.

13. *Панов И.М.* Физические основы механики почв: Монография / И.М. Панов, В.И. Ветохин. – К.: Феникс, 2008.– 266 с.

ДО ТЕОРІЇ ҐРУНТООБРОБНОГО КЛИНУ

В.І. Ветохін

Анотація

Робота присвячена розробці моделей взаємодії ґрунту з клином. Запропоновано модель розподілу деформацій і напруг у шарі ґрунту, що враховує утворення проміжного тіла з ущільненого ґрунту і відображає механізм перетворення локального стиску ґрунту клином у розтягання об'єму скиби.

TO THE THEORY OF SOIL CULTIVATING WEDGE

V. Vetochin

Summary

The work is devoted to the development of the models of the interaction of a soil and a wedge. The model of deformation and stress in the soil layer, taking into account the formation of the intermediate body from the tight soil, as well as representing the mechanism of the conversion of the local soil compression by the help of the wedge into the extension of the layer volume was introduced in this paper.

УДК 631.315:629.783:525

МЕТОДИКА ВИСОКОТОЧНОГО КАРТОГРАФУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР

Аніскевич Л.В., д.т.н, професор

Захарін Ф.М., к.т.н., ст. наук. співробітник

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Аннотація - наведено нову методику отримання інформації про місцевизначену врожайність для побудови картограм врожайності із використанням інтегральної моделі Дюамеля на основі імпульсних перехідних характеристик збиральних машин в функції часу.

Ключові слова- картограма, місцевизначена врожайність, інтеграл

Дюамеля, імпульсна перехідна функція.

Постановка проблеми. До числа важливих характеристик агробіологічного стану поля відносяться показники місцевизначеної врожайності, тобто щільності розподілу зернової частини врожаю в функції координат елементарних ділянок поля. На базі інформації про місцевизначену врожайність проводиться побудова стратегії управління агробіологічним потенціалом поля. Картограми врожайності можуть бути прогностичними (прогнозована врожайність), які будуються за результатами моніторингу посівів на стадії формування врожаю, а також побудованими по фактичній врожайності, які створюються на основі інформації, що отримана за допомогою спеціалізованого обладнання в процесі збирання врожаю.

Картографування прогнозованої врожайності поля може бути виконане за допомогою наступних моделей:

- моделі продуктивності поля, яка забезпечує прогноз врожаю на поточний вегетаційний період із застосуванням інформації про сорт сільськогосподарської культури, норми сівби, баланс вологості та питомих речовин тощо;

- моделі формування врожаю, яка забезпечує прогноз процесів росту і розвитку рослин у відповідності до фактичних агрономічних та метеорологічних умов з урахуванням процесів, що відбуваються в ґрунті, атмосфері і в самій рослині.

Основою для побудови вказаних математичних моделей являються сучасні знання фізіологічних процесів, які впливають на формування врожаю (фотосинтезу, дихання, транспірації, росту і розвитку рослин, виносу з ґрунту елементів мінерального живлення тощо).

Слід зазначити, що прогнозування рівня врожайності сільськогосподарських культур є складним і вартісним процесом [1, 2]. Необхідно збирати великі обсяги інформації про продуктивність сорту, кількість опадів впродовж всього періоду вегетації, кількість продуктивної вологи, сумарні запаси активних температур, сонячної радіації, рівень гумусу в ґрунті тощо. Для обробітку отриманої інформації залучаються різноманітні методи моделювання, перетворення опосередкованих даних (зібраних, наприклад, за допомогою дистанційного зондування Землі), експертної оцінки тощо [3,4]. До того ж, прогнозування врожайності, в більшості своїх методів, має низьку просторову роздільну здатність, використовується для відносно великих (сотні гектарів) площ і не може бути застосованим для побудови місцевизначених картограм врожайності окремого поля.

В протипагу побудові картограм прогнозованої врожайності, картографування фактичної врожайності поля виконується під час комбайнового збирання із застосуванням комплексів спеціалізованого обладнання для реєстрації кількості зібраної сільськогосподарської продукції з кожної елементарної ділянки, і є основним і найбільш поширеним компонентом технологій точного землеробства (ТЗ) [5]. Сьогодні існують технічні засоби картографування врожайності для багатьох культур: від зернових до овочевих та бавовни. Принцип роботи більшості систем досить простий: врожайність

вираховується як відношення потоку матеріалу до добутку швидкості руху і ширини захвату збиральної машини. Потік матеріалу вимірюють прямим або непрямим методом. У першому випадку вимірюється маса або об'єм матеріалу, що збирається. Більш популярними є датчики, що працюють за непрямыми принципами виміру (ударні пластинки, електромагнітні сенсори, радіаційні датчики тощо). В основу картографування фактичної врожайності поля при збиранні зернових комбайном може бути покладена формула:

$$\mu[\varphi_T(t-\tau_3), \lambda_T(t-\tau_3)] = \frac{v_b(t)}{S_T(t-\tau_3)}, \quad (1)$$

де μ - показник місцевизначеної врожайності;

φ_T, λ_T - географічні координати комбайна в полі;

$v_b(t)$ - оцінка інтенсивності потоку зерна в бункер [кг/с];

S_T' - оцінка швидкості зміни площі комбайнування по ширині захвату жатки [м²/с];

τ_3 - час транспортного запізнення.

У свою чергу

$$S_T = L_E V_T, \quad (2)$$

де L_E - ефективна ширина захвату жатки комбайна;

V_T - швидкість руху центру жатки комбайна.

Індексом "T" у формулах (1), (2) позначене усереднене значення відповідних перемінних на заданому малому інтервалі часу T , що відповідає інтервалу посилок інформації від датчика координат супутникової глобальної системи позиціонування (ГСП) – як правило 1 с. Таким чином оцінюється середнє значення показника місцевизначеної врожайності для елементарної ділянки площі поля і фіксуються географічні координати центру цієї елементарної ділянки.

Необхідна для картографування врожайності оцінка інтенсивності потоку зерна в бункер може бути отримана за допомогою датчика інтенсивності потоку зерна в бункер (в літературі такий датчик має назву "датчик маси зерна"). Поточні географічні координати і швидкість руху центру жатки комбайна можуть бути зареєстровані за допомогою бортового обладнання ГСП.

Слід зазначити, що для приведення показників датчика маси зерна до нормованих значень "сухого" зерна, необхідно вимірювати поточні значення температури і вологості зерна.

З виразів (1) та (2) витікає, що точність оцінки поточних значень місцевизначеної врожайності, залежить від помилок вимірювання інтенсивності потоку датчиком, а також від процедури приведення інтенсивності потоку зерна до нормованих значень (ці помилки у свою чергу залежать як від методики перерахунку, так і від точності вимірювання температури та вологості), а також помилок вимірювання швидкості руху машини. Точність прив'язки диференціальної врожайності до істинних географічних координат визначається характеристиками бортового навігаційного комплексу комбайна [6,7].

В будь-якому випадку має місце похибка, що в кінцевому результаті суттєво зменшує надійність вимірів рівня врожайності в окремих точках поля. Так, при збиранні зернових, похибку слід очікувати при визначенні інтенсивності потоку зерна, швидкості руху комбайну, дійсної ширини захвату, вологості зерна тощо.

Формула (1) реалізує спрощений спосіб побудови картограм фактичної врожайності, який, як на сьогодні, реалізований на всіх сучасних зернозбиральних комбайнах. Використовується найпростіший алгоритм врахування динаміки руху зернового вороху від жатки до бункера комбайна (на вході якого стоїть датчик маси очищеного зерна) шляхом введення поняття

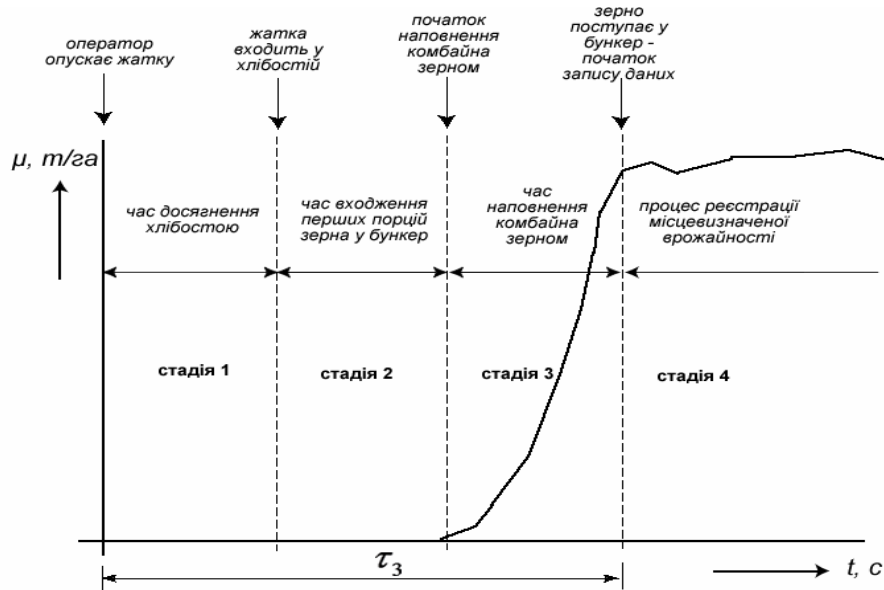


Рис. 1. Стадії початку реєстрації місцевизначеної врожайності.

сталого транспортного запізнення (lead time) в межах $\tau_3=10-15$ с (рис. 1).

З рисунку видно, що транспортне запізнення τ_3 складається з часу досягнення комбайном хлібостою (від моменту опускання жатки), часу потрапляння перших порцій зерна до датчика маси, а також часу наповнення комбайна зерном – тобто виходу на усталений режим

комбайнування.

Крім того, на етапах закінчення чергового проходу існує проміжок часу, коли жатка в кінці чергового проходу виходить з хлібостою і інтенсивність подачі зерна в бункер поступово зменшується до нульового рівня (рис. 2). Цей проміжок часу (lag time) визначає наскільки довго продовжується запис інформації про місцевизначену врожайність після виходу жатки з хлібостою. Якщо цей час зазначити великим, то буде записуватись врожайність низького рівня, що відповідає процесу спустошення робочих органів комбайна від зерна. З другого боку, якщо цей проміжок часу зазначити малим, то на картограмі в кінці гонів з'являться ділянки поля з нульовою врожайністю. При цьому, процес спустошення робочих органів комбайна від зерна залишається поза межами процесу реєстрації, що також знижує точність побудови картограм врожайності.

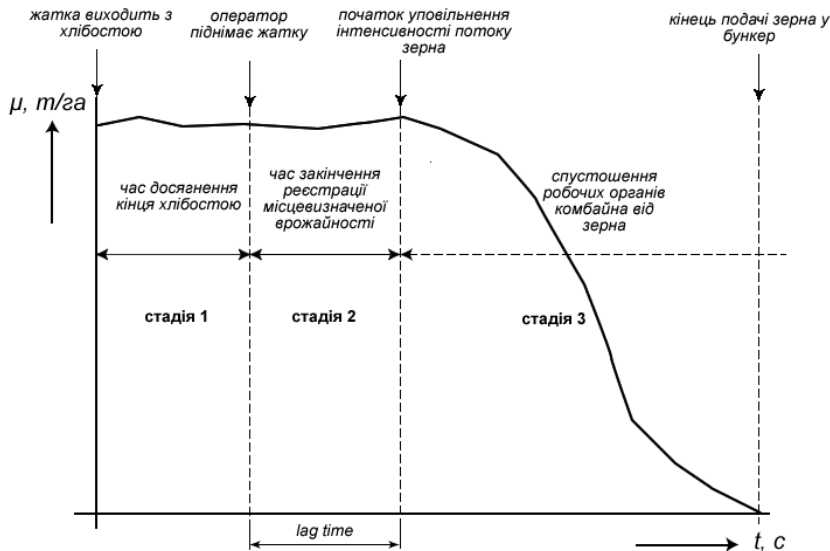


Рис. 2. Стадії закінчення реєстрації місцевизначеної врожайності.

У відповідності до заявлених характеристик систем картографування врожайності провідних зарубіжних фірм (Massey Ferguson, John Deere та інших), основний елемент бортового обладнання їх систем – датчик інтенсивності потоку маси зерна – має рівень точності близько 1-4 % по відносній погрішності оцінки показника диференціальної врожайності [8], а просторова точність "прив'язки" врожайності до істинних географічних координат місцезнаходження комбайна в полі складає одиниці метрів. Це дає підґрунтя до очікування високої просторової точності побудови картограм місцевизначеної врожайності. Але в реальних умовах функціонування комбайна помилки в побудові картограм можуть бути в декілька разів більшими. За наявності певних об'єктивних факторів, відбувається значне спотворення картограми врожайності. Основним серед таких факторів є непостійний час τ_3 руху зерна від жатки до бункеру (враховуючи повторний обмолот).

Як бачимо, однією з ключових задач при картографуванні врожайності є задача відновлення інтенсивності вхідного потоку зерна на жатці за результатами вимірювання інтенсивності вихідного потоку зерна в бункер. Тоді, описана вище методика картографування фактичної врожайності поля може бути удосконалена в наступних напрямках:

- шляхом первинної обробки показників датчика маси зерна в бункер з метою згладжування випадкових (шумових) похибок датчика та врахування його інерційності;

- шляхом введення датчика входження жатки у хлібостій, що нівелює методичну похибку операції опускання жатки оператором і входження у хлібостій;

- шляхом застосування удосконаленого алгоритму вирішення зворотної задачі відновлення інтенсивності подачі зернової частини хлібостою на жатку за результатами вимірювання інтенсивності потоку маси зерна в бункер з використанням удосконалених моделей динаміки руху зерна в комбайні (від моменту зрізування стебел до потрапляння очищеного зерна в бункер) замість алгоритму "чистого транспортного запізнення" на час τ_3 .

При визначенні інтенсивності потоку маси зерна в бункер використовують різні методи вимірювання (ваговий, об'ємний, оптичний тощо). Аналіз показує, що в загальному випадку вихідний сигнал датчика маси зерна може бути представлений у вигляді:

$$y_v(t) = \bar{v}_b(1 + \Delta_{v_b}) + \xi_{v_b}, \quad (3)$$

де Δ_{v_b} - систематична похибка масштабного коефіцієнта датчика маси зерна;

ξ_{v_b} - випадкова (шумова) складова похибки датчика;

У свою чергу величина \bar{v}_b відповідає рівнянню виду:

$$T_d \bar{v}'_b(t) + \bar{v}_b(t) = v_b(t) \quad (4)$$

де $v_b(t)$ - інтенсивність потоку зерна в бункер;

T_d - стала часу датчика маси зерна.

Для згладжування шумових складових помилки датчика маси зерна та компенсації його інерційності пропонується наступний алгоритм обробки вихідного сигналу датчика:

– фіксація значень вихідного сигналу $y_v(t_j)$ ($j = 1, 2, \dots, n$) на інтервалі згладжування $(t - T_{zgl}, t)$ з кроком $\Delta t = T_{zgl} / n$ (кінцева точка на інтервалі згладжування T_{zgl} співпадає з поточним моментом часу);

– апроксимація отриманої послідовності значень $y_v(t_j)$ квадратичним поліномом виду:

$$y_v(t) = a_0 + a_1 \tau + a_2 \frac{\tau^2}{2};$$

$$\tau \in [0, T_{zgl}]. \quad (5)$$

Далі розрахунок поточної оцінки інтенсивності вихідного потоку зерна в бункер ведеться по формулі:

$$\hat{v}_b(t) = a_0 + a_1 T_{zgl} + a_2 \frac{T_{zgl}^2}{2} + T_d (a_1 + a_2 T_{zgl}). \quad (6)$$

Для отримання значень коефіцієнтів полінома (5) на ковзному інтервалі згладжування бажано використати стандартну процедуру методу найменших квадратів, що реалізується за допомогою операції псевдообернення матриць [9].

Визначити аналітичним шляхом зв'язок між інтенсивністю вхідного потоку зернової частини хлібної маси на різальному апараті жатки та інтенсивністю потоку зерна в бункер на етапі теоретичних досліджень динаміки руху зернового вороху по робочих органах комбайна вкрай обтяжливо. Пов'язано це з тим, що до такої динамічної моделі ввійдуть численні параметри робочих органів комбайна (молотарки, соломотрясу, повітряно-решітної очистки, системи повторного обмолоту тощо), які функціонують на різних кінематичних режимах роботи в різних умовах. Наявність великої кількості факторів, що впливають на динаміку руху хлібної маси в комбайні, робить таку модель надто складною і малоефективною для практичного використання. Тому

для визначення зв'язку між інтенсивністю вхідного і вихідного потоку зернової частини хлібної маси необхідно застосовувати експериментальні методи. Такий підхід дозволить провести розв'язок зворотної задачі – відтворення дійсної інтенсивності потоку зернової частини хлібного вороху на жатці по показниках датчика маси зерна.

Важливим моментом в побудові математичної моделі динаміки процесів формування зернового потоку в комбайні, є використання наступної інтегральної моделі (інтеграла Дюамеля) [10]:

$$v_b(t) = \int_0^t \delta(t-\tau)v_T(\tau)d\tau \quad (7)$$

де $\delta(t-\tau)$ - імпульсна перехідна функція динамічної системи, що розглядається;

v_T - інтенсивність вхідного потоку зернової частини хлібної маси на різальному апараті жатки.

Імпульсна перехідна функція (ІПФ) δ за визначенням є реакцією системи на одиночний імпульс на вході, що прикладений в момент $\xi=0$, де $\xi = (t-\tau)$.

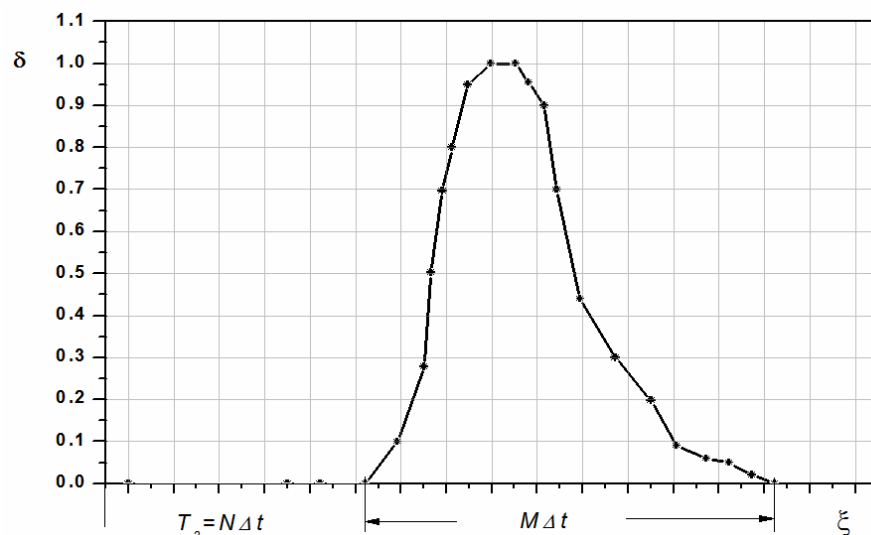


Рис. 3. Загальний вигляд ІПФ комбайна.

При дискретизації часу із кроком Δt та фіксації значень інтенсивності вхідного потоку зерна на відрізках Δt з урахуванням того, що

$$v_\xi \equiv 0 \text{ при умові } 0 \leq \xi \leq T_3 = N\Delta t \text{ або } \xi > M\Delta t + T_3 \quad (8)$$

де N - кількість кроків нульової частини ІПФ;

M - кількість кроків ненульової частини ІПФ,

з інтегрального співвідношення (7) впливає наступний алгоритм для розрахунку інтенсивності вихідного потоку зерна в бункер комбайну:

$$v_{b_j} \equiv 0 \text{ при } j < N; \quad (9)$$

$$v_{b_{N+j}} = \sum_{l=1}^j v_{T_l} S_{j-l+1} \text{ при } j \leq M; \quad (10)$$

$$v_{b_{N+M+j}} = \sum_{l=1}^M v_{T_{l+j}} S_{M-l+1} \quad \text{при } j > M, \quad (11)$$

де $S_i (i=1, 2, \dots, M)$ - значення площ під кривою експериментальної ІПФ $\delta(\tau)$ на підінтервалах $[\tau_{i-1}, \tau_i]$, $i=1, \dots, M$; $\tau_0 = \Delta t N$; $\tau_M = \Delta t (N + M)$; $\tau_i - \tau_{i-1} = \Delta t$.

За наявності експериментальної ІПФ співвідношення (9)÷(11) можуть бути використані для відновлення рівня інтенсивності потоку зернової частини вороху на жатці комбайна при його роботі, а значить і місцевизначеної врожайності. Функція $\delta(t - \tau)$ (функція Гріна) експериментальним шляхом може бути отримана, наприклад, створивши умови, коли перед комбайном, перпендикулярно напрямку його руху знаходиться вузька смуга хлібостою. При проході комбайна в робочому режимі із заданою робочою швидкістю крізь таку смугу відбувається запис показників датчика інтенсивності потоку зерна в бункер. Обробляючи показники датчика на інтервалі $[t_0, t^*]$, тобто фіксуючи значення $\hat{v}_s(t_0 + i\Delta t)$, $i=1, 2, \dots, m$ і надалі провівши нормування отриманої функції по значенню інтеграла від неї, отримуємо оцінку імпульсної перехідної функції $\hat{\delta}(t - \tau_i)$, де $i=1, 2, \dots, m$.

З урахуванням співвідношень (9)÷(11) пропонується наступний алгоритм вирішення зворотної задачі відновлення інтенсивності вхідного потоку зерна на жатці за результатами вимірювання інтенсивності вихідного потоку зерна в бункер:

$$\hat{v}_{T_1} = \hat{v}_{b_{N+1}} / S_1; \quad (12)$$

$$\hat{v}_{T_j} = (\hat{v}_{b_{N+j}} - \sum_{l=1}^{j-1} \hat{v}_{T_l} S_{j-l}) / S_1, \quad \text{при } l < j \leq M \quad (13)$$

$$\hat{v}_{T_j} = (\hat{v}_{b_{N+l}} - \sum_{l=1}^{M-1} \hat{v}_{T_{j+l-1}} S_{M-l+1}) / S_1, \quad \text{при } j > M \quad (14)$$

де \hat{v}_{b_k} - оцінка значень інтенсивності вихідного потоку зерна в бункер, що отримані в процесі первинної обробки показань датчика маси зерна з метою згладжування випадкових похибок вимірювань та компенсації інерційності датчика маси зерна.

Алгоритм (12)÷(14) в подальшому має назву стрічкового алгоритму вирішення зворотної задачі потоків зерна у комбайні. Основною перевагою стрічкового алгоритму є висока точність відновлення інтенсивності вхідного потоку зернової частини вороху на жатці комбайна на етапах входу та виходу з хлібостою. Також позитивним моментом цього алгоритму є його простота. Однак, як свідчить аналіз, стрічковому алгоритму притаманна властивість накопичення похибок на тривалих ділянках проходження комбайна в полі, що обмежує його використання на тривалих інтервалах часу.

Проведений подальший аналіз засвідчив, що з урахуванням вигляду експериментальної ІПФ, інтегральній моделі Дюамеля (7) в першому наближенні може бути поставлено у відповідність таку диференціальну модель:

$$\frac{dv_b}{dt} = -\frac{1}{T} [v_b(t) - (1 - \eta_v) v_T(t - T_\xi)], \quad (15)$$

де $T = (M\Delta t)/3$;

$$T_\xi = N\Delta t;$$

η_v - коефіцієнт втрат зерна.

З рівняння (15) витікає наступне очевидне співвідношення:

$$v_T(t - T_\xi) = \frac{1}{1 - \eta_v} \left[v_b(t) + T \frac{dv_b(t)}{dt} \right]. \quad (16)$$

При фіксації показників датчика маси зерна із кроком Δt_d в часі та виконанні апроксимації на ковзному інтервалі $[t_i - \Delta t_d(L-1), t_i]$ квадратичною залежністю

$$v_b(t_i^* + \tau) = \hat{a}_{0_i} + \hat{a}_{1_i} \tau + \hat{a}_{2_i} \frac{\tau^2}{2}, \quad (17)$$

де $t_i^* = t_i - \Delta t_d(L-1)$; $\tau \in [0, \Delta t_d(L-1)]$,

із урахуванням (3)-(6) та (16) отримаємо наступну формулу для оцінки інтенсивності вхідного потоку зерна на жатці:

$$\hat{v}_T(t - T_\xi) = \frac{1}{1 - \eta_v} \left[\hat{a}_{0_i} + \hat{a}_{1_i} (T_{zgl} + T_d + T) + \hat{a}_{2_i} \left(\frac{T_{zgl}^2}{2} + T_d T_{zgl} + T T_{zgl} + T T_d \right) \right], \quad (18)$$

де T_{zgl} - довжина інтервалу ковзного згладжування показань датчика маси зерна;

T_d - стала часу датчика маси зерна;

T - стала часу диференціальної моделі (15);

\hat{a}_{0_i} , \hat{a}_{1_i} , \hat{a}_{2_i} - оцінки коефіцієнтів рівняння квадратичної

апроксимації показань датчика маси зерна на ковзному інтервалі $[t_i - T_{zgl}, t_i]$, $T_{zgl} = \Delta t(L-1)$.

В свою чергу, для визначення параметрів квадратичної апроксимації може бути використана наступна процедура:

$$\hat{\bar{a}}_i = H_a^+ \bar{q}_i, \quad (19)$$

де $\hat{\bar{a}}_i = (\hat{a}_{0_i}, \hat{a}_{1_i}, \hat{a}_{2_i})^T$;

$$\bar{q}_i = \left\{ \hat{y}_b(t_i^*), \hat{y}_b(t_i^* + \Delta t_d), \dots, \hat{y}_b[t_i^* + (L-1)\Delta t_d] \right\}^T;$$

$$H_a = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1 & \Delta t_d & 0.5\Delta t_d^2 \\ \dots & \dots & \dots \\ 1 & \Delta t_d(L-1) & 0.5[\Delta t_d(L-1)]^2 \end{pmatrix};$$

"+" - символ процедури псевдообернення із використанням методу Гревілья [6].

Алгоритм (18) в подальшому має назву диференціального алгоритму вирішення зворотної задачі, що розглядається. Для цього алгоритму

характерною рисою є відсутність накопичення похибок на тривалих інтервалах часу. Проте, за різкої зміни інтенсивності вихідного потоку можлива поява методичної похибки, яка залежить від співвідношення інтервалу ковзного згладжування показників датчика маси зерна та періоду інтенсивної зміни вихідного потоку.

Якщо інтервал часу, на якому спостерігається суттєва зміна інтенсивності вихідного потоку зерна, порівняно малий, то можливо використання на цьому інтервалі наступного алгоритму відновлення інтенсивності вхідного потоку зерна на жатці:

$$\hat{v}_{t_{l+j}} = \hat{v}_{t_l} \frac{\hat{V}(t_{l+j})}{\hat{V}(t_l)}, \quad (20)$$

де t_l - момент часу перед початком зміни інтенсивності вхідного потоку, яка призвела до відповідної різкої зміни інтенсивності вхідного потоку зерна в бункер;

$\hat{V}(t_k)$ - оцінка швидкості в момент часу t_k .

Алгоритм (20) фактично використовує гіпотезу про сталість рівня місцевизначеної врожайності на відповідній ділянці поля і в подальшому має назву алгоритму екстраполяції за швидкістю.

Аналіз свідчить про доцільність використання комбінації наведених вище алгоритмів відновлення інтенсивності вхідного потоку зерна за даними датчика маси зерна. На початковій і кінцевій ділянках картографування врожайності (на вході та на виході кожного гону комбайна), а також на інших ділянках з різкою зміною інтенсивності потоку зерна в бункер доцільно використовувати комбінацію вказаних вище алгоритмів з ваговими коефіцієнтами, що налагоджуються при імітаційному моделюванні. На інших ділянках рекомендовано використовувати диференціальний алгоритм.

На рис. 4 наведено блок-схему імітаційного моделювання процесу високоточного картографування врожайності зернових культур.

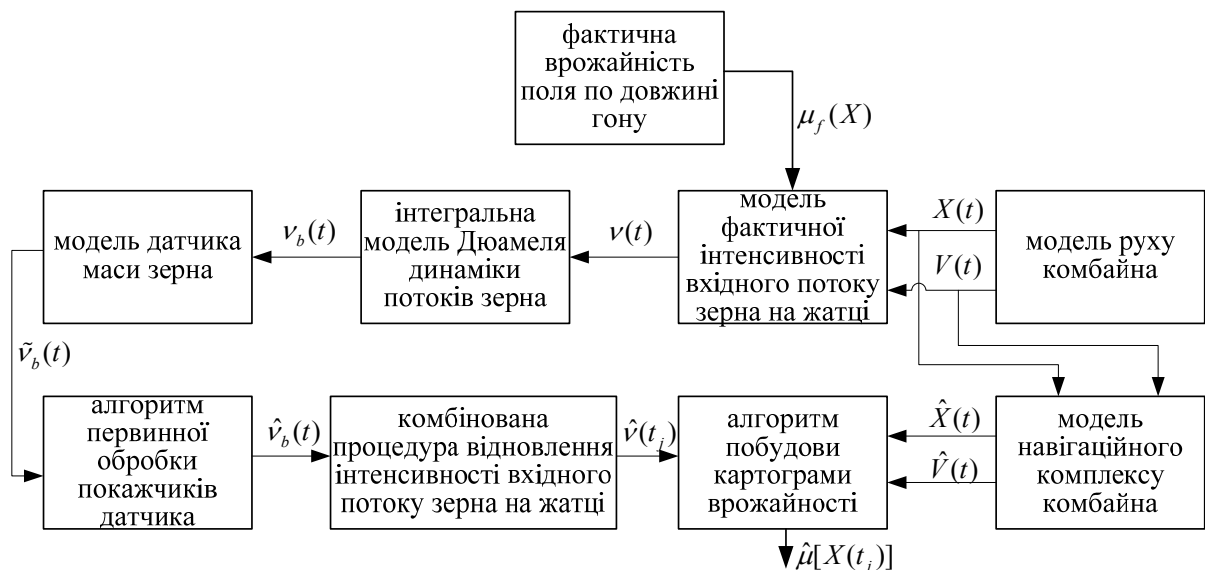


Рис. 4. Блок-схема імітаційного моделювання процесу високоточного картографування врожайності зернових культур.

Імітаційне моделювання виконувалось на відрізку руху комбайна по довжині гону у 250 метрів, тобто повздовжні координати центру жатки $X \in [0, X_{\max}]$, де $X_{\max} = 250$ [м].

Фактична врожайність по довжині гону змінювалась у відповідності до залежності, що показана на рис. 5.

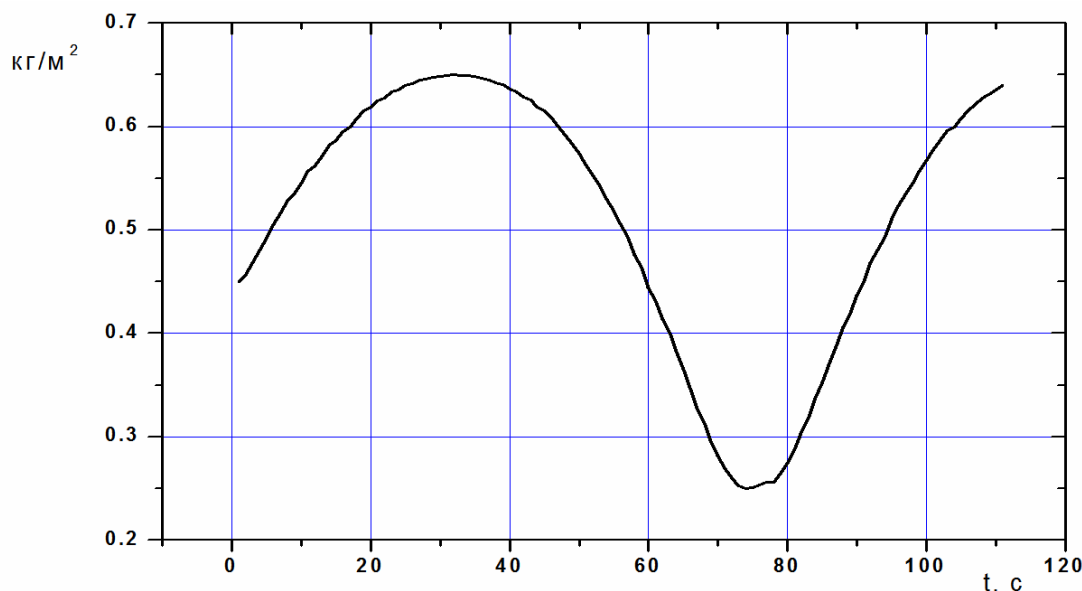


Рис. 5. Фактичне значення врожайності по довжині гону.

Поточне значення фактичної інтенсивності вхідного потоку зерна на транспортері жатки розраховувалось за формулою:

$$v_T(t_i) = B_e V(t_i) (1 - \eta_v) \mu_f[x(t_i)], \quad (21)$$

де B_e - ефективна ширина захвату жатки;

$V(t_i)$ та $x(t_i)$ - фактичні значення швидкості і координати центра ріжучого апарату жатки в момент часу t_i ;

$\mu_f[x(t_i)]$ - фактична щільність врожаю в точці $x(t_i)$.

При імітаційному моделюванні були прийняті такі вихідні дані:

- ширина захвату жатки і коефіцієнт втрат - $B_e = 9$ [м], $\eta_v = 0$;
- сталі часу - $T_3 = N \Delta t = 14$ [с] ($\Delta t = 1$ [с], $N = 14$),

$$T_{zgl} = \Delta t_d (L - 1) = 4$$
 [с] ($\Delta t_d = 1$ [с], $L = 5$),

$$T = (M \Delta t) / 3 = 4.33$$
 [с] ($M = 13$),

$$T_d = 0,$$

- параметри моделі похибок датчика маси зерна:
- похибка масштабного коефіцієнта $d = 0.003$;
- середньоквадратичне значення випадкової похибки $\sigma = 0.01$ кг/с;

- параметри моделей похибок навігаційного комплексу комбайна:
- середньоквадратичне значення випадкових похибок по швидкості і координаті $\sigma_v = 0.01$ м/с, $\sigma_x = 0.3$ [м].

Для відтворення умов, близьких до реальних, швидкісний режим руху комбайна вздовж гону змінювався від 1.5 до 4.5 м/с і відповідав рис. 6.

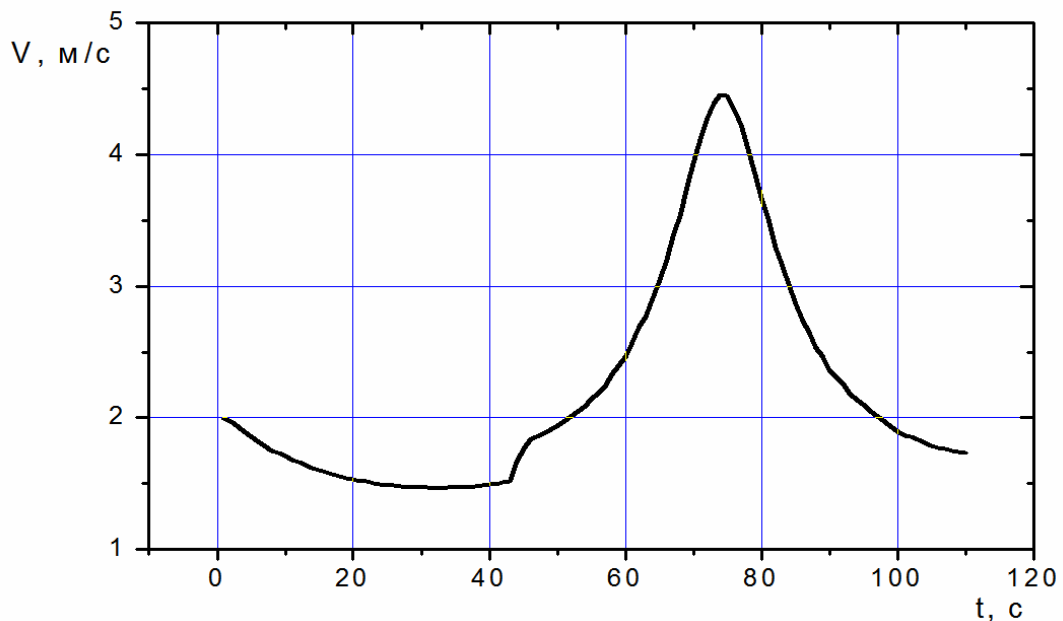


Рис. 6. Швидкісний режим руху комбайна.

Обробка показань датчика маси зерна при вирішенні задачі відновлення інтенсивності вхідного потоку зерна на жатці виконувалась шляхом комбінації наведених вище стрічкового, диференціального алгоритмів та алгоритму екстраполяції за швидкістю.

Основним показником точності відновлення місцевизначеної врожайності є показник відхилення розрахованої врожайності від фактичної. На рис. 7 подано графік зміни помилки картографування врожайності по напрямку руху комбайна.

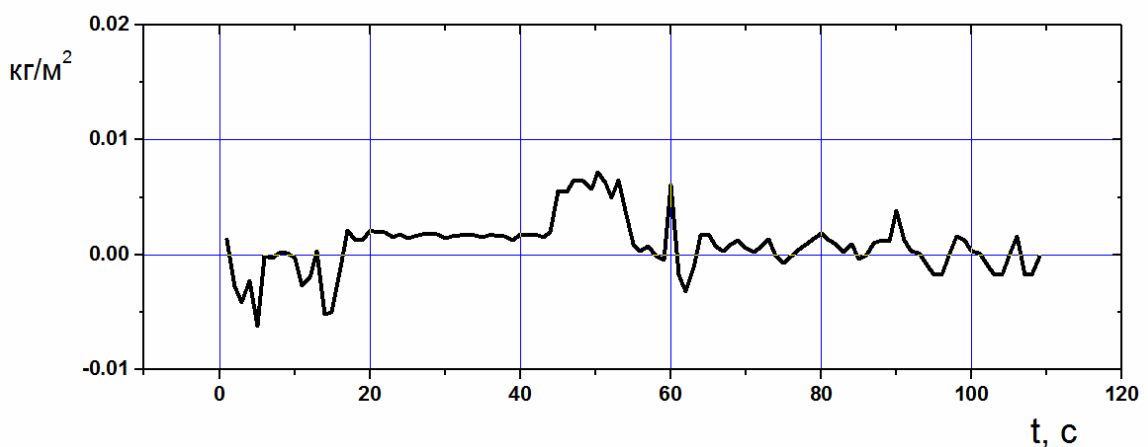


Рис. 7. Помилка картографування врожайності.

Результати імітаційного моделювання свідчать про високу ефективність розробленої методики картографування врожайності. Для

прийнятих вихідних даних середньоквадратична похибка відновлення інтенсивності вхідного потоку зерна на транспортері жатки не перевищила 0.06 кг/с, а середньоквадратична похибка картографування врожайності не більше 0.008 кг/м². Таким чином відносна похибка картографування місцевизначеної врожайності не перевищила 1.5%.

Висновки

1. Розроблена методика високоточного картографування врожайності на основі імпульсних перехідних функцій збирального комбайна із використанням інтегральної моделі Дюамеля, а також з проведенням первинної обробки показників датчика маси зерна в бункер з метою згладжування випадкових (шумових) похибок датчика та врахування його інерційності.

2. Методика високоточного картографування врожайності включає три розроблених алгоритми: стрічковий, диференціальний та алгоритм екстраполяції за швидкістю.

3. Доведена доцільність використання комбінації розроблених алгоритмів відновлення інтенсивності вхідного потоку зерна за даними датчика маси зерна. На початковій і кінцевій ділянках картографування врожайності (на вході та на виході кожного гону комбайна), а також на ділянках з різкою зміною інтенсивності потоку зерна в бункер доцільно використовувати комбінацію стрічкового алгоритму та алгоритму екстраполяції за швидкістю з ваговими коефіцієнтами, що налагоджуються. На інших ділянках рекомендовано використовувати диференціальний алгоритм.

Література

1. Ю. Шмидт, В. Куликов. Прогнозирование урожайности сельскохозяйственных культур. // АПК: Экономика, управление. -Автономная некоммерческая организация Редакция журнала "АПК: экономика, управление", № 10, 2006. –С.28-31.
2. Mohamed, A.A.; Sharifi, M.A.; Keulen, H. van. An integrated agro-economic and agro-ecological methodology for land use planning and policy analysis // Journal of Applied Earth Observation and Geo information. 2. - 2000. - 87-103 p.
3. K. Dalsted, J.F. Paris, D.E. Clay, S.A. Clay, C.L. Reese, J. Chang. Selecting the Appropriate Satellite Remote Sensing Product for Precision Farming. Site-Specific Management Guidelines. Potash & Phosphate Institute. ISS. 40, N. 8, 2003.
4. Ильинский Н.Д., Обиралов А.И., Фостиков А.А. Фотограмметрия и дешифрирование снимков. М., "Недра", 1986, 375 с.
5. Аніскевич Л.В., Адамчук В.І. Технології точного землеробства. // Науковий вісник НАУ - К., 2006. – В. 101, - С.8-27.
6. R. Jaffe, H. Qi, P. Carter, A. Madni. 'MMQ-G, A Low Cost MEMS INS-GPS' // Proceedings, ION GNSS 18th International Technical Meeting of the Satellite Division, 2005, pp. 956 - 966, 13-16 Sept. 2005, Long Beach, CA.
7. H-Qi, J.B.Moore. Direct Kalman Filtering Approach for GPS/INS Integration, IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, Vol. 38, No. 2, pp. 687-693, April 2002.
8. Stuart J. Birrell, Kenneth A. Sudduth, Steven C. Borgelt. Comparison of

sensors and techniques for crop yield mapping. Computers and Electronics in Agriculture 14 (720 с.1996), pp. 215-233.

9. Захарин Ф.М. Методы и алгоритмы прикладного анализа. Выпуск 2. Статистическая фильтрация. –К., КВВАИУ, 1978, 148 с.

10. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников. М. – Наука, 1968,

Анискевич Л.В., Захарин Ф.М.

МЕТОДИКА ВЫСОКОТОЧНОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ УРОЖАЙНОСТИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

Приведена новая методика получения информации о местоопределенной урожайности для построения картограмм урожайности с использованием интегральной модели Дюамеля на основе импульсных переходных характеристик уборочных машин в функции времени.

Aniskevych L.V., Zakharin F.M.

METHOD OF THE HIGH-FIDELITY YIELD MAPPING OF CORN CULTURES

The new method of reception of information for mapping of site-specific yield with the use of integral model of Duhamel on the basis of unit-impulse response of harvesters is resulted.

УДК

ПОСТРОЕНИЕ ТЯГОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК И ИХ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ В АНАЛИТИЧЕСКОМ ВИДЕ УРАВНЕНИЕМ РЕГРЕССИИ 7-ОЙ СТЕПЕНИ

Сербий В.К асп..

(УкрНИИПИТ им.Л.Погорелого)

Руководитель: чл-кор. НААНУ, д.т.н., проф., Кушнарев А.С. (УкрНИИПИТ им.Л.Погорелого)

Аннотация - Предусмотрена возможность и приведена методика представления тяговых характеристик в аналитическом виде, уравнением регрессии седьмой степени. Предложено использовать компьютерную программу FindGraph для автоматизации процесса аппроксимации графиков тяговых характеристик в степенной многочлен.

Ключевые слова

Постановка проблемы. Тяговой характеристикой трактора называют график зависимости рабочих показателей трактора (тяговой мощности, скорости, часового и удельного расходов топлива, буксования) от нагрузки для всех или основных рабочих передач на данном почвенном фоне: $N_{кр}, v, G_m, g_{кр}, \delta = f(P_{кр})$.
Получают тяговую характеристику экспериментально в процессе тяговых

испытаний трактора на ровном горизонтальном участке поля или на трековой дорожке проведением ряда опытов с различными нагрузками для каждого опыта.

Если нельзя экспериментально получить показатели тяговых свойств трактора для данных почвенных условий, тяговая характеристика может быть построена графо-аналитическим способом на основе регуляторной характеристики двигателя и основных параметров трансмиссии и ходовой части трактора [1]. Но экспериментальная характеристика дает более точные результаты [2].

Тяговая характеристика наиболее полно отражает динамические и экономические качества трактора. Однако она характеризует высшие, потенциальные мощностные возможности трактора, которые в эксплуатации не используются по причинам колебательного характера нагрузки, изменчивого рельефа поля, невозможности комплектования агрегата с достаточно высокой степенью нагружения трактора, а также вследствие ступенчатости передаточных чисел трансмиссии трактора, различного характера их распределения в диапазоне рабочих передач и некоторых других причин. Поэтому степень использования мощности трактора в условиях эксплуатации бывает различной для различных моделей трактора и в различных условиях его работы; ее определение является существенным фактором полноты оценки динамических качеств трактора [3].

С помощью тяговой характеристики оценивают: 1) тяговые усилие и мощность, которые может развить трактор на каждой передаче; 2) поступательную скорость трактора на каждой передаче при различных нагрузках и при холостом ходе; 3) запас тягового усилия, который определяет способность трактора преодолевать временное увеличение нагрузки без перехода на пониженную передачу; 4) расчетную производительность трактора по тяговой мощности при данной нагрузке; 5) топливную экономичность трактора при данной нагрузке, а следовательно, расчетный расход топлива на единицу обработанной площади; 6) ограничение предельной силы тяги трактора величиной сцепления движителя с почвой или крутящего момента двигателя; 7) сцепные качества трактора на данном почвенном фоне (по характеру буксования) и их влияние на тяговые и мощностные показатели; 8) тяговой КПД

Однако, зарегистрировать в динамике изменение всех этих величин по мере движения МТА, используя только графическое представление тяговых характеристик, не представляется возможным. Использование компьютерной программы для динамического анализа работы цифрового прототипа агрегата, предусматривает использование тяговых характеристик для фиксации изменения тягового усилия от неровностей рельефа поля и непостоянства плотности почвы, вследствие чего по соответствующей функциональной зависимости $u = f(P_{кр})$ изменяются эксплуатационные показатели. Для получения этих функциональных зависимостей предложено аппроксимировать графические зависимости в уравнение регрессии седьмой степени.

Анализ последних исследований и публикаций. Анализ литературы [1-3] показал, что традиционно тяговые характеристики представляются графически в виде кривых для каждой испытуемой передачи. Построение функций графиков никогда не рассматривалось, а для этого не было и необходимости. Для комплектования агрегата проще и быстрее оценить тот или иной показатель по графику.

Цель исследований. Аппроксимация тяговых характеристик в уравнение регрессии седьмой степени для работы компьютерной программы по моделированию операционных технологий в растениеводстве.

Результаты исследований. Тяговые характеристики снимаются на испытательной установке по схеме представленной на рис. 1

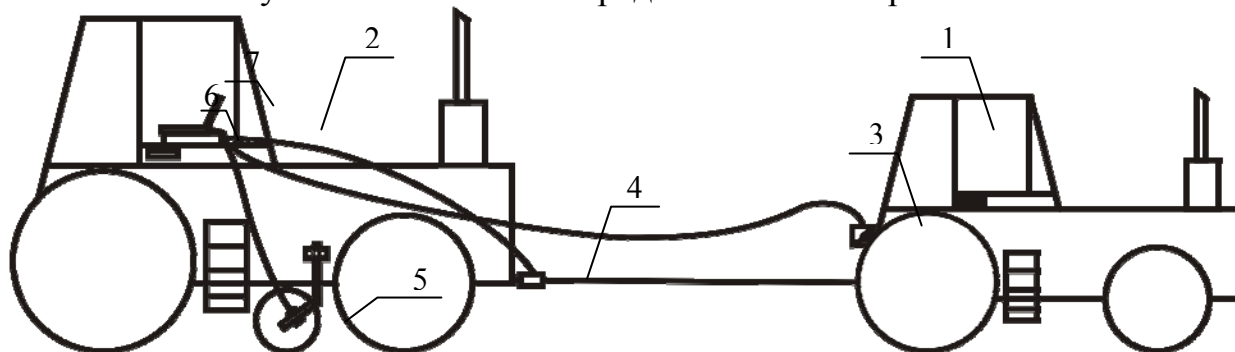


Рис.1. Оборудование для снятия тяговых характеристик.

а) устройство для снятия частоты вращения на ВОМ б) устройство для снятия тягового сопротивления с.х. машины г) общий вид б) принципиальная схема

1 – испытуемое энергосредство; 2 – нагрузка; 3– датчик частоты вращения на ВОМ ДЧВ-01; 4 – тензомост; 5 – датчик частоты вращения на путеизмерительном колесе ДЧВ-01; 6 – многоканальный сборщик данных и измерительный усилитель Spider 8; 7 – ПК с установленным программным обеспечением CATMAN

На каждой передаче регистрируются значения скорости, частоты вращения коленчатого вала, расход топлива, а также расчетным способом определяют мощность и буксование в каждый момент времени под испытательной нагрузкой.

Полученный массив данных обрабатывают и представляют в виде графиков. По оси абсцисс откладывается тяговое сопротивление, а по оси ординат откладывают снятые значения для каждого типа графика. Для каждого показателя отдельный график(рис.2.).

По графикам тяговых характеристик определяют будущую скорость агрегата под конкретной нагрузкой. Легко вычислить условия при которых будет использована максимальная мощность трактора.

При динамическом изменении тягового сопротивления от воздействия рельефа поля, переменной плотности почвы, соответственно эти факторы приводят к изменению показателей скорости и удельного расхода топлива, что в свою очередь сказывается на приведенном расходе топлива кг/га агрегата и представляет возможность охарактеризовать его экономичность и целесообразность применения в конкретных хозяйственных условиях.

Чтобы воспользоваться преимуществом цифровой модели представления их необходимо представить в виде уравнения регрессии.

Степенной многочлен седьмой степени в полной мере позволяет описать перелом кривой в любом месте.

Для этого необходимо построить таблицу опорных точек. Методом наименьших квадратов (МНК) построить нормальную систему с общим видом:

$$\sum_{j=0}^m \left(\sum_{i=0}^n x_i^{j+k} \right) a_j = \sum_{i=0}^n y_i x_i^k, k = 0, 1, \dots, m \quad (1)$$

Для уравнения вида:

$$f(x) = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + a_3 x^3 + a_4 x^4 + a_5 x^5 + a_6 x^6 + a_7 x^7 \quad (2)$$

Получим нормальную систему уравнений в развернутом виде:

$$\left\{ \begin{array}{l} (n+1)a_0 + \left(\sum_{i=0}^n x_i \right) a_1 + \left(\sum_{i=0}^n x_i^2 \right) a_2 + \left(\sum_{i=0}^n x_i^3 \right) a_3 + \left(\sum_{i=0}^n x_i^4 \right) a_4 + \left(\sum_{i=0}^n x_i^5 \right) a_5 + \left(\sum_{i=0}^n x_i^6 \right) a_6 + \left(\sum_{i=0}^n x_i^7 \right) a_7 = \sum_{i=0}^n y_i \\ \left(\sum_{i=0}^n x_i \right) a_0 + \left(\sum_{i=0}^n x_i^2 \right) a_1 + \left(\sum_{i=0}^n x_i^3 \right) a_2 + \left(\sum_{i=0}^n x_i^4 \right) a_3 + \left(\sum_{i=0}^n x_i^5 \right) a_4 + \left(\sum_{i=0}^n x_i^6 \right) a_5 + \left(\sum_{i=0}^n x_i^7 \right) a_6 + \left(\sum_{i=0}^n x_i^8 \right) a_7 = \sum_{i=0}^n y_i x_i \\ \left(\sum_{i=0}^n x_i^2 \right) a_0 + \left(\sum_{i=0}^n x_i^3 \right) a_1 + \left(\sum_{i=0}^n x_i^4 \right) a_2 + \left(\sum_{i=0}^n x_i^5 \right) a_3 + \left(\sum_{i=0}^n x_i^6 \right) a_4 + \left(\sum_{i=0}^n x_i^7 \right) a_5 + \left(\sum_{i=0}^n x_i^8 \right) a_6 + \left(\sum_{i=0}^n x_i^9 \right) a_7 = \sum_{i=0}^n y_i x_i^2 \\ \left(\sum_{i=0}^n x_i^3 \right) a_0 + \left(\sum_{i=0}^n x_i^4 \right) a_1 + \left(\sum_{i=0}^n x_i^5 \right) a_2 + \left(\sum_{i=0}^n x_i^6 \right) a_3 + \left(\sum_{i=0}^n x_i^7 \right) a_4 + \left(\sum_{i=0}^n x_i^8 \right) a_5 + \left(\sum_{i=0}^n x_i^9 \right) a_6 + \left(\sum_{i=0}^n x_i^{10} \right) a_7 = \sum_{i=0}^n y_i x_i^3 \\ \left(\sum_{i=0}^n x_i^4 \right) a_0 + \left(\sum_{i=0}^n x_i^5 \right) a_1 + \left(\sum_{i=0}^n x_i^6 \right) a_2 + \left(\sum_{i=0}^n x_i^7 \right) a_3 + \left(\sum_{i=0}^n x_i^8 \right) a_4 + \left(\sum_{i=0}^n x_i^9 \right) a_5 + \left(\sum_{i=0}^n x_i^{10} \right) a_6 + \left(\sum_{i=0}^n x_i^{11} \right) a_7 = \sum_{i=0}^n y_i x_i^4 \\ \left(\sum_{i=0}^n x_i^5 \right) a_0 + \left(\sum_{i=0}^n x_i^6 \right) a_1 + \left(\sum_{i=0}^n x_i^7 \right) a_2 + \left(\sum_{i=0}^n x_i^8 \right) a_3 + \left(\sum_{i=0}^n x_i^9 \right) a_4 + \left(\sum_{i=0}^n x_i^{10} \right) a_5 + \left(\sum_{i=0}^n x_i^{11} \right) a_6 + \left(\sum_{i=0}^n x_i^{12} \right) a_7 = \sum_{i=0}^n y_i x_i^5 \\ \left(\sum_{i=0}^n x_i^6 \right) a_0 + \left(\sum_{i=0}^n x_i^7 \right) a_1 + \left(\sum_{i=0}^n x_i^8 \right) a_2 + \left(\sum_{i=0}^n x_i^9 \right) a_3 + \left(\sum_{i=0}^n x_i^{10} \right) a_4 + \left(\sum_{i=0}^n x_i^{11} \right) a_5 + \left(\sum_{i=0}^n x_i^{12} \right) a_6 + \left(\sum_{i=0}^n x_i^{13} \right) a_7 = \sum_{i=0}^n y_i x_i^6 \\ \left(\sum_{i=0}^n x_i^7 \right) a_0 + \left(\sum_{i=0}^n x_i^8 \right) a_1 + \left(\sum_{i=0}^n x_i^9 \right) a_2 + \left(\sum_{i=0}^n x_i^{10} \right) a_3 + \left(\sum_{i=0}^n x_i^{11} \right) a_4 + \left(\sum_{i=0}^n x_i^{12} \right) a_5 + \left(\sum_{i=0}^n x_i^{13} \right) a_6 + \left(\sum_{i=0}^n x_i^{14} \right) a_7 = \sum_{i=0}^n y_i x_i^7 \end{array} \right. \quad (3)$$

Решая систему уравнений (методом Гаусса) находим коэффициенты $a_0, a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, a_7$.

Такой способ дает возможность точно построить аналог графика в виде функции $u = f(P_{кр})$, следуя всем перегибам кривой функции.

Стандартная ошибка аппроксимации составит:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n+1} \sum_{i=0}^n (f(x_i) - y_i)^2} \quad (4)$$

Для автоматизации и ускорения аппроксимации этот процесс предлагается выполнять при помощи программы FindGraph. Она позволяет в интерактивном режиме расставить опорные точки и по ним определить функцию.

Для работы необходимо выполнить следующие шаги:

1. скопировать и вставить изображение графика в область фона программы
2. задать масштаб
3. расставить опорные точки
4. построить функцию

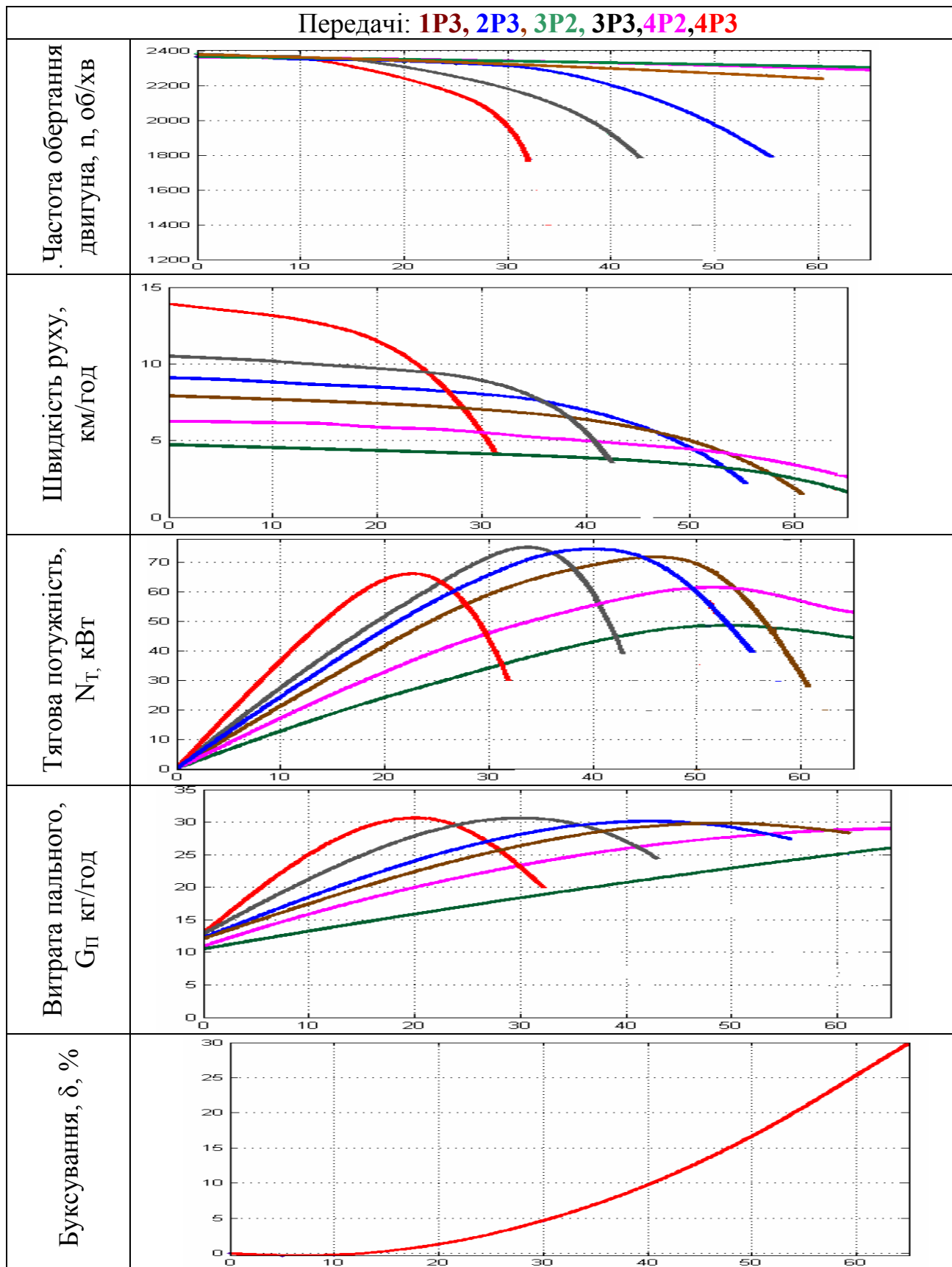


Рис.2. Графічне представлення тягової характеристики трактора Ярило ТЯ-200 побудована в УкрНІІПІТ ім.Л.Погорелого.

Используя программу FindGraph v.2.111 рассмотрим каждый этап более детально. Открываем документ в котором содержится тяговая характеристика на интересующий трактор в предназначенной для данного типа документов, компьютерной программе. Данные тяговых характеристик должны быть полностью отображены на дисплее монитора. Далее запускаем программу FindGraph. Заходим в меню Data и выбираем пункт Add from Screen. Появляется окно для создания отпечатка экрана. Перемещаем и позиционируем это окно так, что бы график вместе с числовыми осями точно размещался в области окна (рис.3.). Далее нажимаем кнопку Capture area, расположенную в верхнем правом углу окна и закрываем окно нажатием на кнопку закрыть.

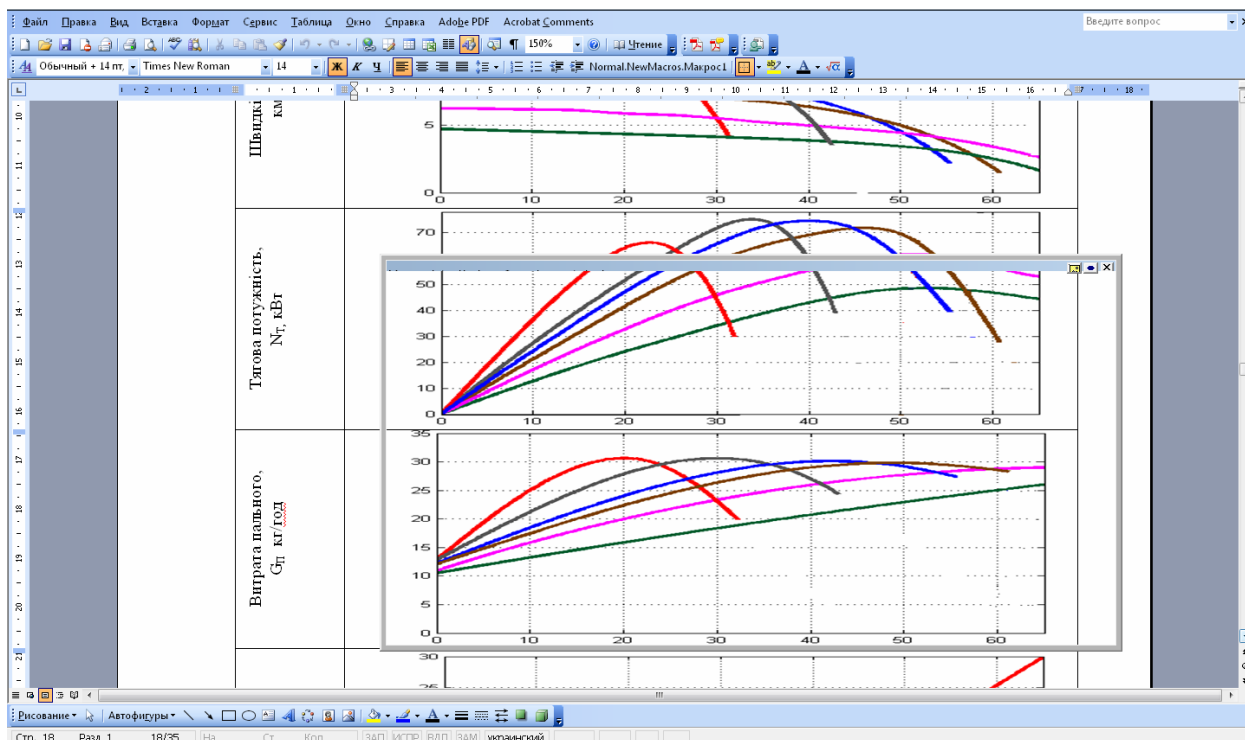


Рис.3. Окно для снятия снимка экрана.

Сделанный снимок экрана расположился на заднем фоне окна программы. Теперь нужно совместить числовую ось вставленного рисунка с правой и нижней границей документа. Для этого открываем модальное окно нажатием на кнопку Background picture, переходим на вкладку Placement, снимаем галочку с поля Resize to plot и в поле ввода Offset с надписями x и y, счетчиком расположенным справа выставляем положение вставленного нами рисунка. После выставления осей по границам рабочего документа, настраиваем масштаб нашего документа, так что бы масштаб числовой оси документа и импортированного рисунка совпадали. Коэффициенты подгона масштаба рассчитывается по следующей зависимости:

$$\mu_x = \frac{X_{\text{рисунок}}}{X_{\text{программа}}}, \mu_y = \frac{Y_{\text{рисунок}}}{Y_{\text{программа}}} \quad (5)$$

где μ_x, μ_y – разница между масштабом снимка и программы
 $X_{\text{рисунок}}, Y_{\text{рисунок}}$ – число отсчитанное по осям рисунка x и y;

$X_{\text{программа}}, Y_{\text{программа}}$ – число измеренное инструментом Measurement или отсчитанное по осям программы x и y.

Для получения значений $X_{\text{программа}}, Y_{\text{программа}}$, активируем инструмент «линейка» нажав на кнопку Measurements расположенную на панели инструментов. И отмеряем длину между главными вспомогательными осевыми линиями рисунка по горизонтали и по вертикали, как показано на рисунке 4.

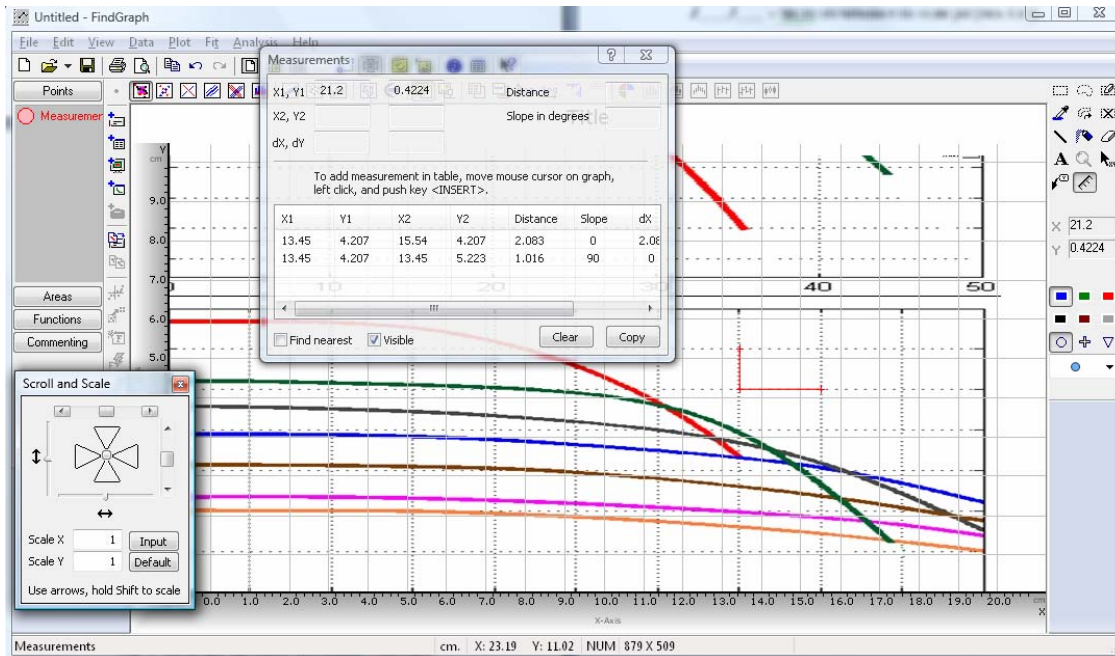


Рис.4. Настройка масштаба программы FindGraph.

По формуле (5) рассчитаем μ_x, μ_y . Далее двойным нажатием левой кнопки мышки запускаем окно Scroll and Scale. В соответствующие поля вставляем расчетные коэффициенты μ_x, μ_y . Теперь наша числовая ось откалибрована и программа настроена на получение точных значений тяговых характеристик.

Для аппроксимации необходимо расставить опорные точки вдоль кривой в достаточном количестве, что бы получились удовлетворительные результаты.

Воспользуемся инструментом Drop Points. Расположим указатель мыши в начале кривой, точно на линии, нажмем левую кнопку и проведем вдоль кривой до конца не отпуская кнопку. Получим результат, представленный на рисунке 5.

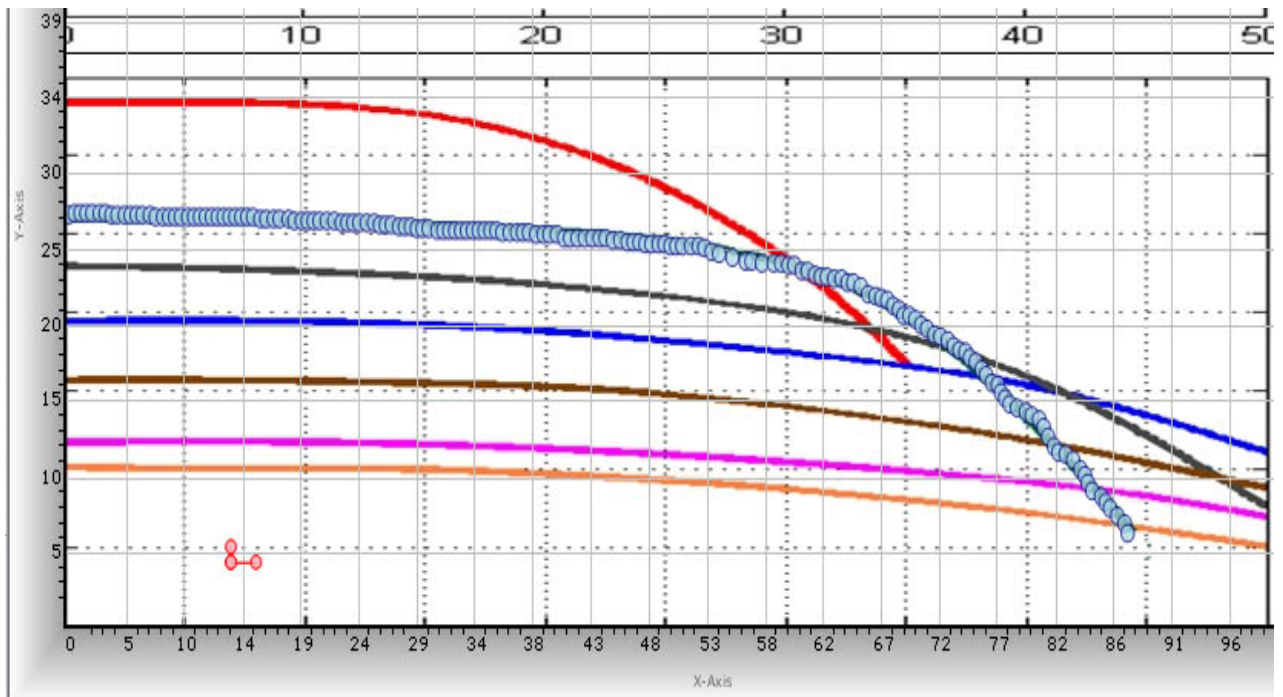


Рис.5. Очерчивание кривой в программе FindGraph.

В программе FindGraph аппроксимация выполняется автоматически. Нажимаем кнопку Best Function, нажимаем кнопку *далее*, в окне с выбором функции выбираем Line regression и указываем ее степень. В результате программа выдает готовую функцию (рис.6.).

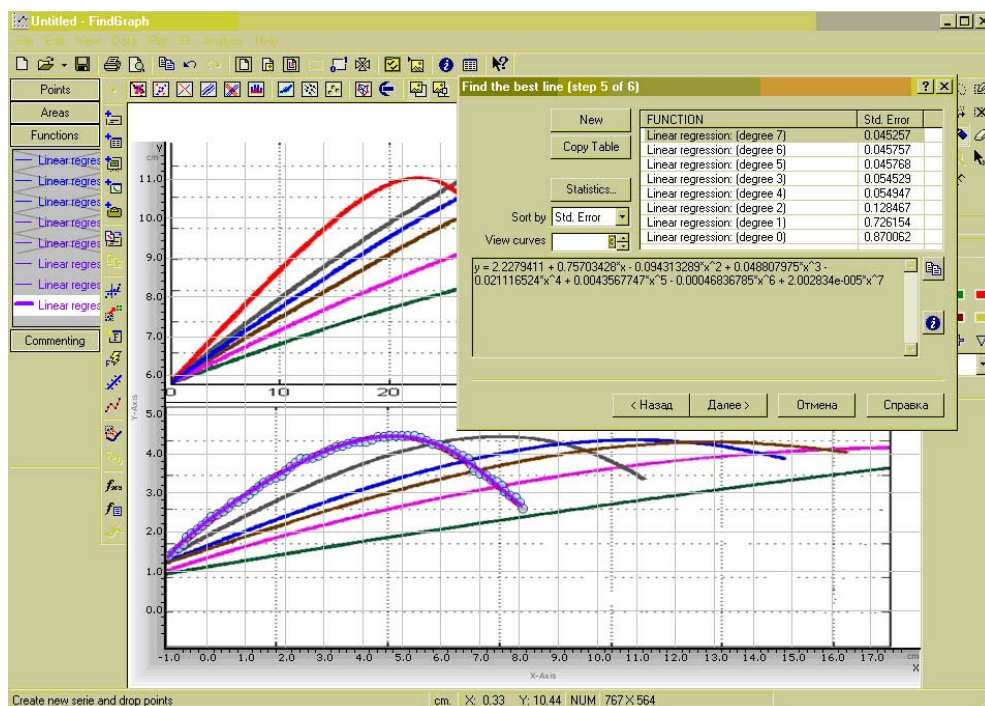


Рис.6. Построение функции в программе FindGraph.

Использование функции в программе моделирования операционных технологий дает возможность автоматического выбора наилучшего режима работы трактора в агрегате с с.х. машиной. Для этого текущая нагрузка делится на нагрузку при максимальной мощности, что примерно соответствует 90% от максимальной нагрузки на каждой передаче. Чем больше этот коэффициент тем экономичней режим работы и меньший приведенный расход топлива.

Альтернативный способ выбора режима по показателю приведенного расхода топлива q/w , который характеризует экономичность агрегата.

Вообще на практике чем высшая достигается скорость на более высоких передачах, без перегрузки двигателя, тем выше его экономичность работы, т.е. наименьший расход топлива.

Выводы. 1. По тяговым характеристикам можно опеределить наилучший скоростной режим работы агрегата

2. в процессе работы агрегат подвергаясь воздействиям внешней среды, т.к. рельеф, переменная твердость почвы приводит к динамическому изменению тягового сопротивления. Что отражается на эксплуатационных характеристиках агрегата. Колебания показателей целесообразно регистрировать по тяговым характеристикам.

3. Перевод тяговых характеристик в уравнение регрессии седьмой степени позволяет отразить все переломы кривой графика.

4. Наилучшим средством автоматизации перевода тяговых характеристик в уравнение регрессии седьмой степени предлагается программа FindGraph.

5. Точность этого способа аппроксимации зависит от точности указания опорных точек и правильного подбора масштаба в программе. На практике точность составляет до $\pm 0,1$ ед. измерения.

Литература.

1. Хробостов С.Н. Эксплуатация машинно-тракторного парка / С.Н. Хробостов – Изд. 2-е перераб. И доп. М., «Колос», 1973 – 607 с.
2. Фортуна В.И. Эксплуатация машинно-тракторного парка / В.И. Фортуна – М.: Колос, 1979 – 375 с.
3. А.Т. Коробейников. Испытания сельскохозяйственных тракторов. /А.Т. Коробейников, В.С. Лихачев, В.Ф. Шолохов/ – М.: Машиностроение, 1985. – 240 с., ил.
4. Демиденко Е.З. Линейная и нелинейная регрессия / Е.З. Демиденко. – М.: Финансы и статистика, 1981. – 302 с.
5. Выгодский М.Я. Справочник по высшей математике. М.: В-71, 1962

УДК 631.3.07:631.17:528.855

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ОПЕРАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ОСНОВЕ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ДВИЖЕНИЯ МТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПУТНИКОВОЙ ИНФОРМАЦИИ

Асп. Сербий В.К. (УкрНИИПИТ им.Л.Погорелого)

Доцент, к.т.н. – Шевченко И.А. Запорожская государственная инженерная академия

Аннотация - рассмотрена новая возможность применения спутниковой информации в планировании и организации выполнения

сельскохозяйственных операций на основе моделирования операционных технологий.

Ключевые слова - операционная технология, операционно-технологическая карта, имитационное моделирование, МТА, МТП, комплекс машин, спутниковая информация, растениеводство.

Постановка проблемы. Рациональное комплектование машинно-тракторного парка является одной из актуальных проблем планирования экономики сельского хозяйства. Это задание до недавнего времени решалось путем применения разных методов, которые требовали значительных затрат труда и времени и к тому же не охватывали все разнообразие условий использования машин. Это приводило к серьезным ошибкам и просчетам, что негативно влияло на комплектование состава машинно-тракторного парка сельскохозяйственных предприятий.

Из всех традиционных методов определения потребности в технике самым эффективным считался метод, что основывается на построении графиков машиноиспользования. Однако в связи с растущим количеством разнообразной техники и технологических операций, а также с увеличением количества вариантов использования технических средств применение этого метода становится затрудненным из-за трудоемкости вычислений. К тому же метод построения графиков машиноиспользования не обеспечивает оптимального решения вопросов определения потребностей хозяйств в технике[1].

В связи с этим большое практическое значение приобретает переход к более совершенным методам расчетного обоснования состава машинно-тракторного парка путем математического программирования с использованием современной быстродействующей электронно-вычислительной техники и спутниковой информации.

Следует подчеркнуть, что решение проблемы планирования сельскохозяйственного производства, в том числе и оптимизации состава машинно-тракторного парка, стало возможным в условиях технической революции в средствах обработки технико-экономической информации, основой которой являются экономико-математические методы и современная электронно-вычислительная техника.

Составление оптимального МТП невозможно без учета всех особенностей хозяйства, без привязки к конкретным полевым условиям выполнения работ. Также требуется учитывать конструктивные и тяговые характеристики каждого оцениваемого агрегата.

Это осуществляется благодаря единственно доступному способу – расчету операционных технологий, конечным продуктом, которой является операционно-технологическая карта.

В нашей работе, расчет операционной технологии основан на использовании имитационной модели работы агрегата. Цифровой прототип агрегата составлен по параметрам, хранящимся в базе данных. Проводя симулирование реальности движения цифровой модели МТА по местности, характерной для конкретного хозяйства, берутся высотные точки рельефа из

базы данных *SRTM3*, а недостающие значения точек интерполируются методом ординарного кригинга по опорным точкам.

Анализ последних исследований и публикаций. Разработке новых методик по расчету оптимальной структуры машино-тракторного парка практически не уделяется внимания как в Украине так и за рубежом. Появление отдельных статей не несет в себе, каких-либо, серьезных новаторских идей или научной новизны, позволяющие уточнить алгоритмы оптимизации или подбора машино-тракторных агрегатов. Одной из последних работ в этом направлении является статья Н.П. Копика [2] из латвийского сельскохозяйственного университета, где внимание уделяется созданию математической модели, решаемой с помощью прикладного пакета Microsoft Excell. Результатом работы программы являются рекомендации в определении параметров агрегата, где под требуемую площадь и в рамках агросрока вычисляется оптимальная ширина с.х. машины и требуемая мощность трактора. Для полей нестандартной конфигурации решение не предусмотрено, не учитывается влияние конструктивных характеристик агрегата, рельеф поля в определении его параметров. Созданная модель по сути является всего лишь решением задачи нахождения минимальной ширины агрегата, обеспечивающей наименьшую, но достаточную производительность агрегата для завершения выполнения работы в агросрок. Так. как берется усредненное значение удельного расхода топлива, в модели не отражается преимущество увеличения используемой мощности трактора приводящей к уменьшению удельного расхода топлива. Е.Г. Фроловой предложен способ выбора скоростного режима работы МТА на основе смещенных дифференциальных преобразований. Предложенная методика составления математической модели объекта, позволяет расширить длину временного интервала, на котором решается задача оптимального управления и оценить качество решения задачи управления объектом по предложенному функционалу.

Цель исследований. Использование возможностей вычислительной техники и спутниковой информации в разработке имитационной модели движения МТА, моделировании операционных технологий, составлении технологического комплекса машин.

Результаты исследований. Структурная схема математической модели расчета операционных технологий главным элементом, которой является имитационная модель работы агрегата, выглядит следующим образом.

$$\begin{aligned}
 F_1(\alpha, x, y) &= 0 \\
 F_2(L_k, r, B_{с.х.м.}, B_{мп}, \alpha, x, y, APx, APy) &= 0 \\
 F_3(B, x, y, APx, APy, \alpha, drx, dry) &= 0 \\
 F_4(drx, dry) &= 0 \\
 F_5(L_k, r, B, drx, dry, cx.дв., opx, opy) &= 0 \\
 F_6(drx, dry, opx, opy, БД_рельеф, БД_тяг.х-к, БД_с.х.м) &= 0 \\
 F_7(APx, APy, Q, e) &= 0 \\
 F_8(e, Z, A, TO, TP, E) &= 0 \\
 F_9(E, KM) &= 0
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

где F_1 – выбор направления движения агрегата; F_2 – построение активной зоны; F_3 – построение рабочего хода; F_4 – построение холостого хода; F_5 – оптимизация рабочих ходов; F_6 – расчет эксплуатационно-технологических показателей; F_7 – расчет приведенного расхода топлива; F_8 – расчет приведенных энергетических затрат; F_9 – ранжирование и составление технологического набора машин по критерию наименьших приведенных затрат; α – направление движения МТА; x, y – координаты контуров поля; L_k – кинематическая длина агрегата; r – радиус поворота трактора; $B_{с.х.м.}$ – ширина с.х. машины; $B_{тр}$ – ширина трактора; AP_x, AP_y – координаты активной зоны; dx, dy – координаты рабочего хода; $сх.дв.$ – принятая схема движения; $орх, ору$ – массива значений координат холостых ходов; $БД_рельеф$ – база данных рельефа; $БД_тяг.х-к$ – база данных тяговых характеристик тракторов; $БД_с.х.м$ – база данных сельхозмашин; Q – затраты топлива; e – приведенный расход топлива; E – приведенные энергетические затраты; $КМ$ – подобранный комплекс машин.

Рассмотрим создание имитационной модели по следующим этапам:

1. Формирование разворотной полосы. При петлевом способе движения включает следующие этапы проведения операции разворота. На первом этапе агрегат должен полностью выехать за пределы рабочей зоны, т.е. последний рабочий орган агрегата должен находиться на границе конца рабочего хода и начала разворотной полосы, назовем этот этап выездом из рабочей зоны, на величину L_k . Второй этап включает в себя два элемента – повороты в разные стороны, что бы в сумме, по оси перпендикулярной к направлению движения, создалось условие обеспечивающее поворот и вхождение в следующую загонку с такими же маневрами. Третий этап включает в себя поворот на угол γ с радиусом r , обозначим этот этап поворотом, на величину C .

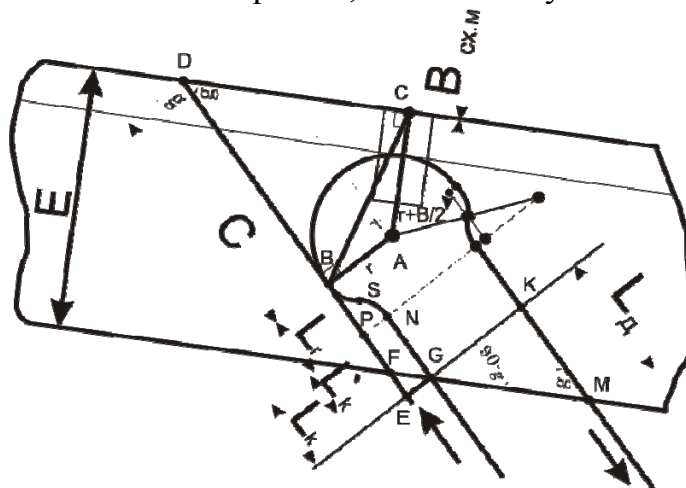


Рис.1. Схема движения агрегата при выполнении петлевого поворота.

Итак, длина разворотной полосы в направлении движения имеет вид:

$$e = C + L_r + L_k \quad (2)$$

Найдем величину C на рисунке 2.2, отрезок BD .

Рассмотрим четырехугольник $ABDC$.

Найдем величину отрезка BC треугольника ΔABC . Т.к. угол $\angle CAB=360-(90+90+(180-g))=\angle g$, тогда по теореме косинусов $BC = AB^2 + AC^2 - 2 \cdot AB \cdot AC \cdot \cos(g)$.

Угол $\angle ABC$ определим также по теореме косинусов $\angle BCA = \arccos\left(\frac{AC^2 + BC^2 - AB^2}{2 \cdot AC \cdot BC}\right)$. Так как $\angle DCA=90$, тогда $\angle DCB=90-\angle BCA$, а $\angle g'=180-\angle g$.

$$BD = \frac{\sin(\angle DCB) \cdot BC}{|\sin(g')|}$$

По теореме синусов определим величину отрезка

Определим оставшиеся неизвестные величины. Вначале найдем величину L_k . Рассмотрим Рис. 1, отрезок GN уменьшен на величину равную длине отрезка EF , являющегося стороной прямоугольного треугольника ΔGEF . Длину отрезка EF определим по следующей зависимости используя правило

$$EF = NG - \left(AB - \frac{B_{сх.м}}{2} \right) \cdot |\operatorname{ctg}(90 - g')|$$

прямоугольного треугольника:

$\angle FGE = \angle g' = 180 - g$. Далее определим длину отрезка PB .

Рассмотрим Рис. 2. Отрезок PB состоит из двух равновеликих отрезков WS и SZ . Определим один из них, например WS . Расстояние OW рассчитывается как $OW=ON-WN$, а $OS=r$. Тогда по теореме Пифагора $SW = \sqrt{OS^2 - OW^2}$. Следовательно, при $WS=SZ$, отрезок $PB = 2 \cdot SW$.

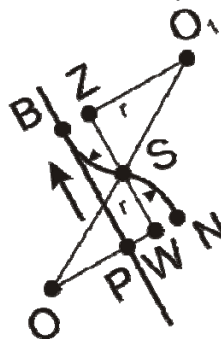


Рис.2. Схема маневров для петлевого способа поворота.

Таким образом, подставив выведенные выражения и заменив геометрические обозначения на конструктивные получим:

$$e = \frac{\sin\left(\frac{\pi}{2} - \arccos\left(\frac{r + \frac{B}{2} - r \cdot \cos(\gamma)}{\sqrt{\left(r + \frac{B}{2}\right)^2 + r^2 - 2 \cdot \left(r + \frac{B}{2}\right) \cdot r \cdot \cos(\gamma)}}\right)\right)}{\sin(g')} \cdot \sqrt{\left(r + \frac{B}{2}\right)^2 + r^2 - 2 \cdot \left(r + \frac{B}{2}\right) \cdot r \cdot \cos(\gamma)} + 2 \cdot \sqrt{r^2 - \left(\frac{B}{4} + \frac{r}{2}\right)^2} + L_k - \left(r - \frac{B}{2}\right) \cdot \left|\operatorname{ctg}\left(\frac{\pi}{2} - g'\right)\right| \quad (3)$$

Окончательный вид ширина разворотной полосы примет следующий:

$$E = e \cdot \sin(g) \quad (4)$$

$$E = \sin \left[\frac{\pi}{2} - \arccos \left(\frac{r + \frac{B}{2} - r \cdot \cos(\gamma)}{\sqrt{\left(\frac{B}{2}\right)^2 + r^2 - 2 \cdot \left(\frac{B}{2}\right) \cdot r \cdot \cos(\gamma)}} \right) \right] \cdot \sqrt{\left(\frac{B}{2}\right)^2 + r^2 - 2 \cdot \left(\frac{B}{2}\right) \cdot r \cdot \cos(\gamma)} + \left(2 \cdot \sqrt{r^2 - \left(\frac{B}{4} + \frac{r}{2}\right)^2} + L_k - \left(r - \frac{B}{2}\right) \cdot \left| \operatorname{ctg} \left(\frac{\pi}{2} - g \right) \right| \right) \cdot \sin(g) \quad (5)$$

$$\angle g \leq 90 \Rightarrow \angle \gamma = 180 - g, \quad \angle g' = \angle g$$

При условии $\angle g > 90 \Rightarrow \angle \gamma = \angle g, \quad \angle g' = 180 - \angle g$.

Построение активной зоны поля заключается в нахождении разворотных полос для каждой стороны поля.

Из рисунка 3 видно, что каждая сторона поля имеет свой размер зоны для выполнения разворота, благодаря чему формируется область многоугольника, в которой непосредственно выполняется полезная работа, т.е. рабочий ход. Для построения активной зоны используется определенная последовательность действий. Во-первых, для каждого из отрезков $P_0P_1, P_1P_2, \dots, P_nP_0$ многоугольника M рассчитывается средняя точка x_{cp}, y_{cp} от которой в направлении движения агрегата и при условии попадания точки в область многоугольника M строится точка $P_s(x, y)$. Для удовлетворения условия попадания точки $P_s(x, y)$ в выпуклый многоугольник, необходимо организовать цикл проверки, чтобы данная точка располагалась по одну сторону от $P_0P_1, P_1P_2, \dots, P_nP_0$ многоугольника M . Т.е. принадлежали одной полуплоскости, а значит обязательно должно выполняться условие

$$(y_2 - y_1) \cdot (x - x_1) - (x_2 - x_1) \cdot (y - y_1) \geq 0 \quad (6)$$

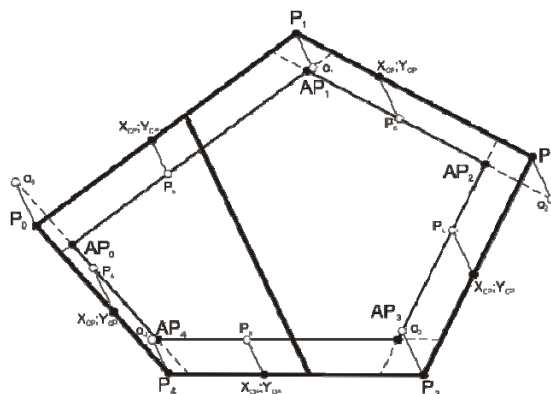


Рис.3. Схема построения активной зоны.

Для проверки принадлежности точки вогнутому многоугольнику, организуем цикл проверки со следующим условием. Из данной точки $P_s(x, y)$ проведем луч в любом направлении, если число пересечений со сторонами многоугольника M нечетно, тогда точка принадлежит многоугольнику, иначе находится вне области многоугольника.

Далее строятся точки O_1, O_2, \dots, O_n в том же направлении что и предыдущая для них точка $P_s(x, y)$. Получаем отрезки $P_sO_1, P_sO_2, \dots, P_sO_n$. При помощи следующих формул находим точки пересечения $AP_1, AP_2, \dots, AP_n, AP_0$, являющиеся вершинами искомого многоугольника M_M :

$$\begin{aligned}
a &= (x1 - X3)(Y4 - Y3) - (y1 - Y3)(X4 - X3) \\
b &= (X4 - X3)(Y2 - y1) - (Y4 - Y3)(X2 - x1) \\
x &= x1 + a(X2 - x1) / B \\
y &= y1 + a(Y2 - y1) / B
\end{aligned}
\tag{7}$$

2. Построение рабочих ходов. Построим рабочие ходы, используя следующий алгоритм:

2.1. построение описанного прямоугольника в направлении движения

2.2. расчет координат отрезков, построенных в направлении движения агрегата с шагом равным ширине сагрегатированной с.х. машины, в области описанного прямоугольника.

2.3. отсечение концов отрезков выходящих из зоны рабочей области.

Давайте рассмотрим Рис. 4. Для построения описанного прямоугольника П, найдём вершины прямоугольника M1, M2, M3, M4, образованные пересечением опорных прямых $l \cap M$. Прямая l называется опорной прямой прямоугольника П, если она содержит хотя бы одну граничную точку этого многоугольника М, но не содержит никакой его внутренней точки. Многоугольник содержится в одной из двух полуплоскостей определяемых прямой l . Найдём вершины многоугольника, через которые проходят эти опорные прямые. Рассмотрим вектор $q^{(-n, m)}$ единичной длины и перпендикулярный вектору q . Найдём проекции векторов $\overline{OM_1}, \overline{OM_2}, \dots, \overline{OM_n}$ на вектор \overline{q} : $P_n = \overline{OM_n} = -n \cdot x_n + m \cdot y_n$.

Найдём максимальную $P_n \rightarrow \max(P)$ и минимальную $P_n \rightarrow \min(P)$ проекции. Через вершины многоугольника проведем опорные линии соответственно l_n и l_l в точках $P_n = P_2(x_n, y_n)$ и $P_l = P_0(x_l, y_l)$.

Аналогично найдём проекции векторов $\overline{OM_1}, \overline{OM_2}, \dots, \overline{OM_n}$ на вектор \overline{q} : $P_n = \overline{OM_n} = m \cdot x + n \cdot y$

Найдём наибольшую и наименьшую проекции. Через вершины многоугольника, проведем опорные линии l_e и l_n , соответственно в точках $P_e = P_1(x_e, y_e)$ и $P_n = P_3(x_n, y_n)$.

На пересечении линий l_l, l_n, l_e, l_n образуются точки M1, M2, M3, M4 – вершины описанного прямоугольника П.

Обозначим $M1 = l_l \cap l_e$, $M2 = l_n \cap l_e$, $M3 = l_n \cap l_n$, $M4 = l_l \cap l_n$.

Для нахождения их координат $M_n(x, y)$ воспользуемся следующим выражением:

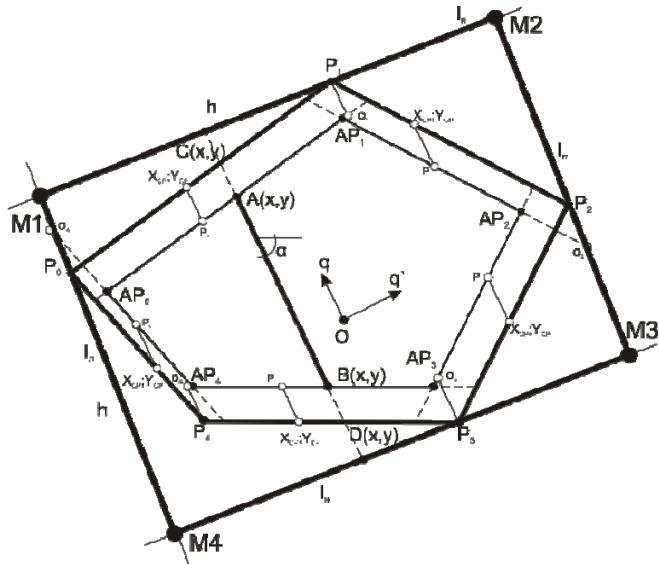


Рис.4. Построение рабочего хода.

Для нахождения их координат $M_n(x, y)$ воспользуемся следующим выражением [3]:

$$\begin{aligned}
 M1 & (x_B + [(x_L - x_B) \cdot m + (y_L - y_B) \cdot n] \cdot m, y_B + [(x_L - x_B) \cdot m + (y_L - y_B) \cdot n] \cdot n), \\
 M2 & (x_B + [(x_{II} - x_B) \cdot m + (y_{II} - y_B) \cdot n] \cdot m, y_B + [(x_{II} - x_B) \cdot m + (y_{II} - y_B) \cdot n] \cdot n), \\
 M3 & (x_H + [(x_{II} - x_H) \cdot m + (y_{II} - y_H) \cdot n] \cdot m, y_H + [(x_{II} - x_H) \cdot m + (y_{II} - y_H) \cdot n] \cdot n), \\
 M4 & (x_H + [(x_L - x_H) \cdot m + (y_L - y_H) \cdot n] \cdot m, y_H + [(x_L - x_H) \cdot m + (y_L - y_H) \cdot n] \cdot n). \quad (8)
 \end{aligned}$$

где $n = \sin(\alpha)$, $m = \cos(\alpha)$.

Ширина прямоугольника равна:

Для $\alpha > 0$

$$w = \sqrt{(x_{M1} - x_{M2})^2 + (y_{M1} - y_{M2})^2} \quad (9)$$

Для $\alpha \leq 0$

$$w = \sqrt{(x_{M1} - x_{M4})^2 + (y_{M1} - y_{M4})^2} \quad (10)$$

Параметрические уравнения начальных точек по ширине прямоугольника:

Для $\alpha > 0$

$$x_w = x_{M1} + n \cdot k, \quad y_w = y_{M1} - m \cdot k \quad (11)$$

Для $\alpha \leq 0$

$$x_w = x_{M1} + n \cdot k, \quad y_w = y_{M1} + m \cdot k \quad (12)$$

где k изменяется от 0 до w с шагом b .

Высота прямоугольника равна:

Для $\alpha > 0$

$$h = \sqrt{(x_{M1} - x_{M4})^2 + (y_{M1} - y_{M4})^2} \quad (13)$$

Для $\alpha \leq 0$

$$h = \sqrt{(x_{M1} - x_{M2})^2 + (y_{M1} - y_{M2})^2} \quad (14)$$

Параметрические уравнения конечных точек по ширине прямоугольника:

Для $\alpha > 0$

$$x_h = x_w - m \cdot h, \quad y_h = y_w - n \cdot h \quad (15)$$

Для $\alpha \leq 0$
 $x_h = x_w + m \cdot h, \quad y_h = y_w - n \cdot h$ (16)

Таким образом, получаем множество отрезков, один из них показан на рисунке 4, отрезок DC. Теперь для того, что бы получить из DC отрезок AB являющийся рабочим ходом агрегата, необходимо организовать цикл проверки на пересечение отрезка DC со сторонами малого многоугольника $AP_0AP_1AP_2AP_3AP_4$. При пересечении DC со стороной AP_0AP_1 получаем точку $A(x,y)$, а со стороной AP_3AP_4 – точку $B(x,y)$.

Точку пересечения двух прямых рассчитываем по следующей зависимости:

$$v = \frac{(X_2 - X_1) \cdot (Y_3 - Y_1) + (Y_2 - Y_1) \cdot (X_1 - X_3)}{((Y_2 - Y_1) \cdot (X_4 - X_3) - (X_2 - X_1) \cdot (Y_4 - Y_3))}$$

$$x = X_3 + (X_4 - X_3) \cdot v$$

$$y = Y_3 + (Y_4 - Y_3) \cdot v$$
 (17)

3. Построение холостых ходов. Этапы формирования траектории холостого хода для беспетлевого способа движения в разворотной полосе рассмотрены ранее при рассмотрении формирования разворотной полосы. Наша задача найти координаты точек всех элементов разворотной фигуры.

Рассмотрим Рис. 5.

Точка $P(x,y)$ образована, перемещением кинематического центра трактора на значение кинематической длины L_k за пределы активной зоны.

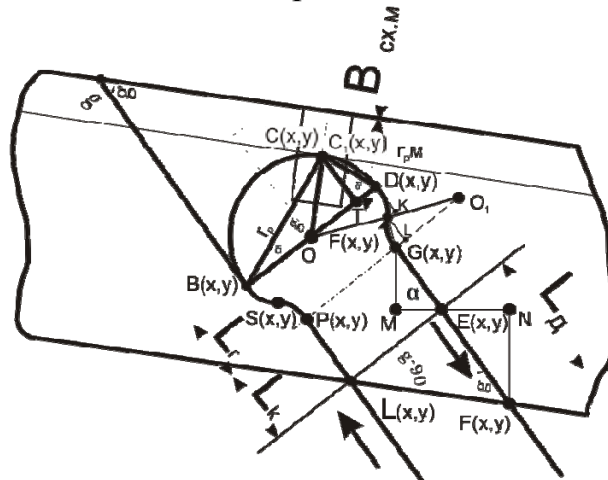


Рис.5. Координаты для петлевого способа движения.

Найдем координаты точки S. Проведем расчеты, на примере точки F, аналогичной по значению, но противоположной по знаку и расположенной на соседнем ходу.

$$x' = GL = \frac{r - \frac{b}{2}}{2}$$
 (18)

Расчет отрезка FL аналогичен расчету значения отрезка SW, рассмотренного ранее на рис.2.3. при изучении формирования разворотной полосы.

$$y' = \sqrt{O_1F^2 - O_1G^2} = \sqrt{r^2 - \left(\frac{B}{4} + \frac{r}{2}\right)^2} \quad (19)$$

Теперь воспользуемся формулами поворота осей [4]:

$$\begin{aligned} x &= x' \cdot \cos(\alpha') - y' \cdot \sin(\alpha') \\ y &= x' \cdot \sin(\alpha') + y' \cdot \cos(\alpha') \end{aligned} \quad (20)$$

После подстановки получим:

$$\begin{aligned} x &= \left(\frac{r-b}{2}\right) \cdot \cos(\alpha') - \left(\sqrt{r^2 - \left(\frac{B}{4} + \frac{r}{2}\right)^2}\right) \cdot \sin(\alpha') \\ y &= \left(\frac{r-b}{2}\right) \cdot \sin(\alpha') + \left(\sqrt{r^2 - \left(\frac{B}{4} + \frac{r}{2}\right)^2}\right) \cdot \cos(\alpha') \end{aligned} \quad (21)$$

Угол $\angle\alpha'$ в выражении равен $\angle\alpha' = 90 - \angle\alpha$

Для точки D выражение останется таким же. Для точек В и S координата x' подставляется со знаком “-”.

Найдем координаты точки С относительно точки В.

Размер ВС определим по теореме хорд.

$$BC = 2 \cdot OB \cdot \sin\left(\frac{\angle COB}{2}\right) = 2 \cdot r \cdot \sin\left(\frac{g}{2}\right) \quad (22)$$

Зная что $\angle COB = \frac{180-g}{2} = \angle\delta$ получим

$$x' = BT = BC \cdot \cos(\delta) = 2 \cdot r \cdot \sin\left(\frac{g}{2}\right) \cdot \cos(\delta) \quad (23)$$

$$y' = CT = BC \cdot \sin(\delta) = 2 \cdot r \cdot \sin\left(\frac{g}{2}\right) \cdot \sin\left(\frac{180-g}{2}\right) \quad (24)$$

Найдем координаты точки C_1 относительно точки D.

В связи с тем, что между точками С и C_1 возможен переезд, к примеру при расположении ходов на разных гранях многоугольника, то соответственно координаты уже не будут связаны с расчетами по хорде ВС.

Поэтому определим размер DC_1 используя теорему хорд.

$$DC_1 = 2 \cdot OD \cdot \sin\left(\frac{\angle C_1OD}{2}\right) = 2 \cdot r \cdot \sin\left(\frac{g}{2}\right) \quad (25)$$

$$\angle C_1DO = \angle\delta' = 180 - \left(\frac{g}{2} + 90\right) = 90 - \frac{g}{2} = 90 - \left(\frac{180-g}{2}\right) = 90 - \left(\frac{180}{2} - \frac{g}{2}\right) = \frac{g}{2} \quad (26)$$

$$y' = C_1T = DC_1 \cdot \sin(\delta') = 2 \cdot r \cdot \sin\left(\frac{g}{2}\right) \cdot \sin\left(\frac{g}{2}\right) = 2 \cdot r \cdot \sin^2\left(\frac{g}{2}\right) \quad (27)$$

Рассмотрим треугольник ΔDTC_1 .

По теореме Пифагора DT равно:

$$x' = DT = C_1T \cdot \text{ctg}(\angle C_1DT) = 2 \cdot r \cdot \sin^2\left(\frac{g}{2}\right) \cdot \text{ctg}(\delta') \quad (28)$$

Теперь используя формулы поворота осей получим истинные координаты точек в зависимости от направления движения:

Для точки С относительно точки В.

$$\begin{aligned}
 x &= 2 \cdot r \cdot \sin\left(\frac{g}{2}\right) \cdot \cos(\delta) \cdot \cos(\alpha') - 2 \cdot r \cdot \sin\left(\frac{g}{2}\right) \cdot \sin\left(\frac{180-g}{2}\right) \cdot \sin(\alpha') \\
 y &= 2 \cdot r \cdot \sin\left(\frac{g}{2}\right) \cdot \cos(\delta) \cdot \sin(\alpha') + 2 \cdot r \cdot \sin\left(\frac{g}{2}\right) \cdot \sin\left(\frac{180-g}{2}\right) \cdot \cos(\alpha')
 \end{aligned}
 \tag{29}$$

Для точки C_1 относительно точки D.

$$\begin{aligned}
 x &= 2 \cdot r \cdot \sin^2\left(\frac{g}{2}\right) \cdot ctg(\delta') \cdot \cos(\alpha') - 2 \cdot r \cdot \sin^2\left(\frac{g}{2}\right) \cdot \sin(\alpha') \\
 y &= 2 \cdot r \cdot \sin^2\left(\frac{g}{2}\right) \cdot ctg(\delta') \cdot \sin(\alpha') + 2 \cdot r \cdot \sin^2\left(\frac{g}{2}\right) \cdot \cos(\alpha')
 \end{aligned}
 \tag{30}$$

4. Интерполяция высотных точек. Расход топлива увеличивается на



полях с неровной поверхностью. При подъеме на горку, увеличивается сопротивление и падает скорость агрегата, теряется производительность. Требуется правильное маневрирование передачами, что бы выбрать ту передачу, которая позволит работать в оптимальных условиях расход топлива – производительность.

Соответственно необходима методика,

позволяющая моделировать работу агрегата, которая учитывала бы колебания сопротивления с.х. машины и силы затрачиваемой трактором на самопередвижение.

Алгоритм расчета высотных точек методом ординарного кригинга[5]:

4.1. Расчет эмпирической вариограммы

Кригинг, как и большинство способов интерполяции, построен на предположении, что объекты, расположенные поблизости, более похожи друг на друга, чем удаленные друг от друга объекты (это предположение определено как пространственная автокорреляция). Эмпирическая вариограмма – это средство для исследования связей между точками. Пары, расположенные на близком расстоянии, должны иметь меньшую разницу в измеренных значениях, чем те опорные точки, которые удалены друг от друга. То, насколько это предположение верно, может быть изучено по эмпирической вариограмме.

Первый шаг в создании эмпирической вариограммы – вычисление расстояния и квадрата разности между значениями для каждой пары точек [6]. Расстояние между двумя точками рассчитывается с использованием Эвклидова расстояния:

$$l_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}
 \tag{31}$$

Эмпирическая дисперсия – это половина квадрата разности:

$$\text{Дисперсия} = \frac{1}{2} \cdot (Z_i - Z_j)^2
 \tag{32}$$

где Z_i, Z_j – среднее значение высоты в точке i, j

4.2. Подбор модели

Осуществляется путем подбора линии, которая наилучшим образом проходит через точки на графике эмпирической вариограммы. То есть, мы должны определить линию таким образом, чтобы (взвешенный) квадрат разницы между каждой точкой и линией был как можно меньше. Такой способ носит

название подбора по методу (взвешенных) наименьших квадратов. Эта линия и будет моделью, количественно определяющей пространственную автокорреляцию в наших данных.

Угловой коэффициент линии регрессии, проходящей через ноль:

$$S = \frac{D - D_{\text{д.с.}}}{L_{\text{ср.}} - L_{\text{р.с.}}} \quad (33)$$

где D – дисперсия для значений высот опорных точек

$D_{\text{д.с.}}$ – усредненная половина квадрата разности между ближайшими соседями

$L_{\text{ср.}}$ – среднее расстояние между опорными точками

$L_{\text{р.с.}}$ – среднее расстояние к ближайшему соседу

4.3. Создание матрицы значений дисперсий G

Угловой коэффициент определяет наклон подобранной прямой. Расстояние – это расстояние между парами точек, оно обозначается как l . В матрицу заносятся расчетные значения дисперсии для каждой пары точек

Единицы и нули в нижней строке и крайнем правом столбце определены в соответствии с условием несмещенности.

Формула для расчета элементов матрицы:

$$D_{i,j} = S \cdot l_{i,j} \quad (33)$$

$$G = \begin{vmatrix} D_{1,1} & D_{1,2} & \dots & D_{1,j} & 1 \\ D_{2,1} & D_{2,2} & \dots & D_{2,j} & 1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & 1 \\ D_{i,1} & D_{i,2} & \dots & D_{i,j} & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \end{vmatrix} \quad (34)$$

4.4. Вычисление вектора g для искомой точки

Определяется аналогично. Расстояние определяется от искомой точки ко всем остальным.

$$g = \begin{vmatrix} D_1 \\ D_2 \\ \dots \\ D_i \end{vmatrix} \quad (35)$$

4.5. Расчет вектора весов кригинга

Формула значений матрицы для ординарного кригинга следующая:

$$G \cdot p = g \quad (36)$$

где p – вектор весов

$$p = G^{-1} \cdot g \quad (37)$$

где G^{-1} – обратная матрица G .

4.6. Вычисление значения высоты в искомой точке

Общая формула кригинга:

$$Z(M) = \sum_{i=1}^n p_i \cdot Z_i \quad (38)$$

где $Z(M)$ – высота в искомой точке

Z_i – значение высоты в опорных точках

4.7. Расчет стандартной ошибки кригинга

Дисперсия кригинга:

$$D = \sum_{i=1}^n (g_i \cdot p_i) \quad (39)$$

где g_i – i -тое значение вектора дисперсии

p_i – i -тое значение веса

4.8. Стандартная ошибка:

$$\sigma = \sqrt{D} \quad (40)$$

5. Алгоритм расчета операционной технологии.

При построении моделирующего алгоритма в первую очередь выбираем основные операторы для имитации процесса движения, которые должны быть связанные между собой в соответствии с формализованной схемой выполняемого процесса:

A_1 - начало моделирования; A_2 - введение начальных условий (полет, культура, технология); A_3 - счетчик тракторов способных выполнять технологическую операцию за агровимогами; A_4 - счетчик с.х. машин способных выполнять технологическую операцию за агровимогами; A_5 - построение рабочих ходов; A_6 - построение холостых ходов; A_7 - расчет технико-экономических показателей; P_8 - проверка на лучший вариант агрегата по критерию наименьших приведенных энергозатрат среди с.х. машин; P_9 - проверка на лучший вариант агрегата по критерию наименьших приведенных энергозатрат среди тракторов; A_{10} - исходные показатели. A_{11} - конец моделирования.

Результат работы программы (рис.8) – операционно-технологическая карта на каждую операцию технологического процесса и подобранный технологический комплекс машин .

Выводы. Определена структурная схема математической модели работы МТА, формализован процесс движения МТА. Разработана методика и алгоритмы расчета операционных технологий с использованием имитационной модели работы МТА на основе спутниковой информации, что позволяет оптимизировать структуры МТП. Отличительной особенностью этой методики является применение спутниковых изображений для указания контуров полей и использование информации полученной спутниковой радарной топографической съемкой в качестве рельефа поля.

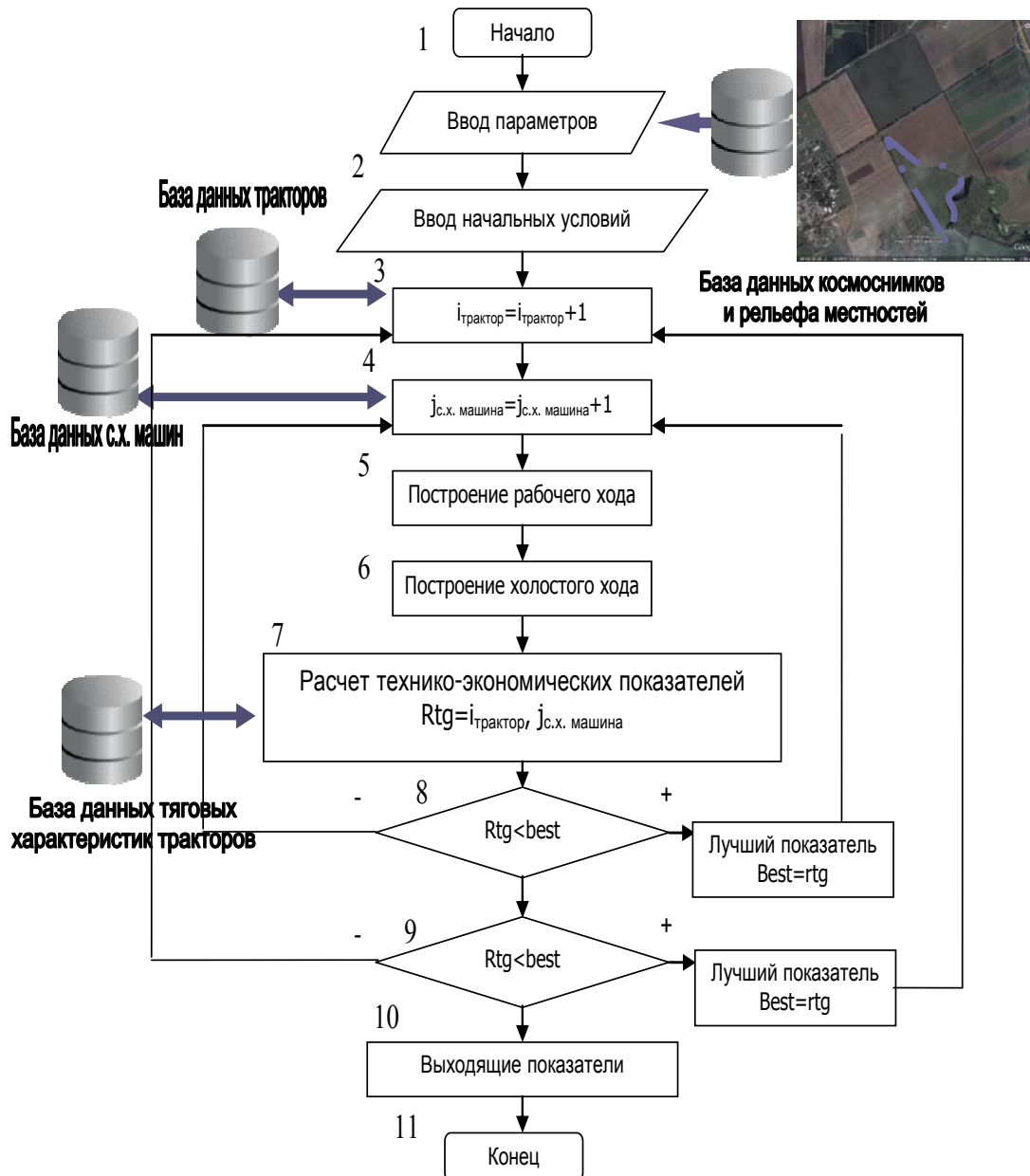


Рис.6. Блок-схема моделирующего алгоритма расчета операционной технологии

6. Алгоритм выбора технологического набора машин

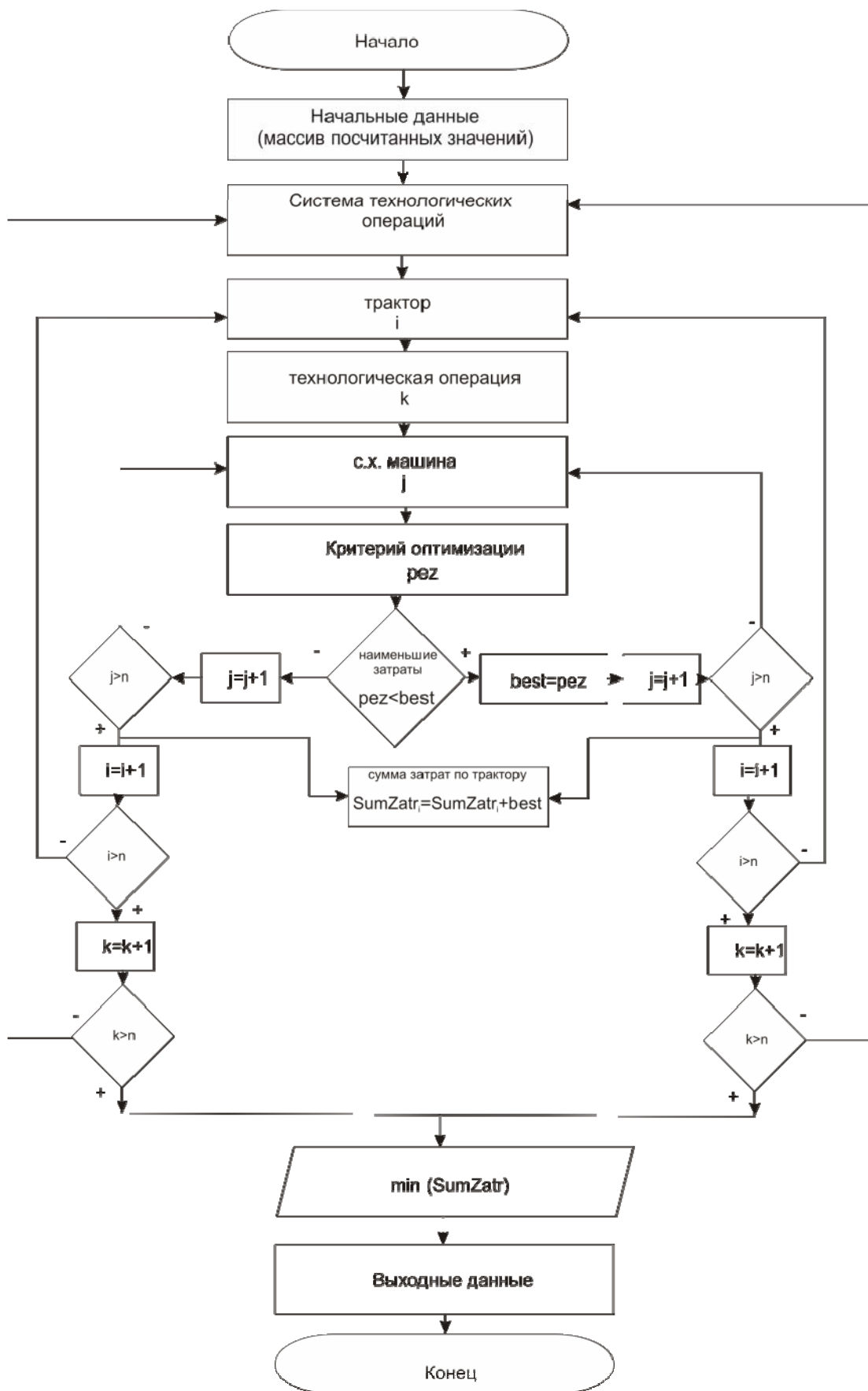


Рис.7. Блок-схема моделирующего алгоритма выбора технологического набора машин

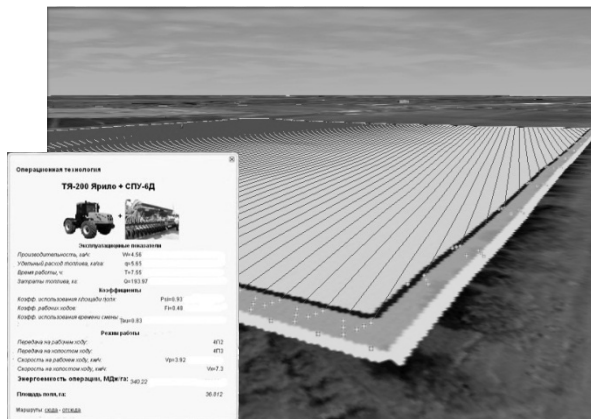


Рис. 8 – Внешний вид смоделированной операционной технологии

Литература

1. Колесник Г.О. Планування оптимального складу машино-тракторного парку / Г.О. Колесник, Л.Н. Піддубна, П.І. Голубенко – К., «Урожай», 1977-144 с.
2. Материалы 6-й международной научно-практической конференции. Экология и сельскохозяйственная техника, ТОМ II, Санкт-Петербург, 2009
3. Совертков П.И. Штриховка замкнутого многоугольника. Учебная мастерская /Совертков П.И., Хохлов Д.Н. – 2003, 73-79 с.
4. Выгодский М.Я. Справочник по высшей математике. М.:В-71,1962
5. ARCGIS 9 Geostatistical analyst.Руководство пользователя – Esri, 2001
6. http://dds.cr.usgs.gov/srtm/version2_1/SRTM30/

Serbiy V.K.

METHOD OF CALCULATION OF OPERATING TECHNOLOGIES ON BASIS OF SIMULATION MODEL OF MOTION OF CTA WITH THE USE OF SATELLITE INFORMATION

New possibility of application of satellite information is considered in planning and organization of implementation of agricultural operations on the basis of design of operating technologies.

УДК

МЕТОДИКА ЕНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ КОМПЛЕКСОВ МАШИН

асп. Сербий В.К.(УкрНИИПИТ им.Л.Погорелого),
к.т.н., доц. Кушнарєв С.А. (ВП НАТИ НУБіП Ккраїни)

Способ энергетической оценки комплексов машин. При выборе комплекса машин по функционалу наименьших приведенных энергозатрат, обозначена возможность устремления выбранного

комплекса машин к критерию оптимизации наименьшей приведенной стоимости. Приведен новый показатель оценки энергетической эффективности организации выполнения сельскохозяйственных работ.

Ключевые слова - наименьшие приведенные энергозатраты, энергооценка комплекса машин, энергооценка технологий, наименьшая приведенная стоимость.

Проблема исследований. Острота топливно-энергетической проблемы обусловлена тем, что мировые разведанные топливные запасы невелики. Проблема энергетического обеспечения сельскохозяйственного производства в отличие от других отраслей народного хозяйства усугубляется не только необходимостью увеличения объема производства продукции в связи с ростом общей численности населения и его благосостояния, но и значительным сокращением рабочей силы в сельской местности. Сельское хозяйство стало крупным потребителем энергии, особенно нефтепродуктов. В агропромышленном комплексе в последнее время расходуется 15% всех энергозатрат и 40% нефтепродуктов[1].

Преимущество какому-либо сравниваемому элементу удобно давать, проводя их энергетический аудит. Каждый показатель представляется в виде его энергосодержания, полученного умножением на соответствующий энергетический эквивалент или коэффициент энергозатрат связанных с его производством. Преимущество энергетической оценки перед денежной в том, что в первом случае оценка более справедлива из-за отсутствия влияния колебаний связанных с ситуацией в экономике страны или соответствующей политикой ценообразования и отсутствия накруток на брэнд.

Тем не менее, перевод массы трактора в показатель энергоемкости путем умножения на коэффициент содержания энергии (прямой и косвенной) в единице массы трактора, на данный момент не отвечает действительности и требует доработки.

Один из путей – это прибавление энергозатрат, связанных с комплектованием трактора системами интеллектуализации и затратами, связанными с повышением эргономичности, значительно повышающие энергозатраты трактора. А если оценку делать через массу, умножая на постоянный коэффициент, явного эффекта применения новых технологий в энергетическом выражении заметно не будет.

Анализ публикаций. Энергетический эквивалент – это энергосодержание продукта + энергозатраты на его производство[1,2]. По Миндрину – суммарные затраты энергии (прямые и косвенные), израсходованные непосредственно на производство самого ресурса[3]. Академиком Россельхозакадемии В.Г. Сычевым было проведено обобщение и выделено 6 групп энергетических эквивалентов энергоресурсов и живого труда[4]. При исследовании энергетических потребностей сельского хозяйства необходимо определять энергоемкость производства сельскохозяйственных продуктов по единым для всего народного хозяйства методам и методикам с использованием сравнимых параметров, коэффициентов пересчета и т.п. Это позволит сравнивать результаты

исследований топливно-энергетических затрат в сельском хозяйстве нашей страны и других стран. По методике разработанной в ВИМе В.А. Токаревым и соавторами, энергетическая оценка сельскохозяйственной техники и технологий предлагается проводить путем перевода натуральных величин умножением на коэффициенты энергосодержания и их энергетические эквиваленты. Причем используются коэффициенты общепринятые и утвержденные нормами ФАО.

Цель исследований. Выявить зависимость между критерием оптимизации наименьших приведенных энергетических затрат и функционалом наименьшей приведенной стоимости. Доказать необходимость применения единых энергетических эквивалентов. Привести методику расчета энергетической оценки сельскохозяйственной техники и технологий в растениеводстве.

Результаты исследований. Выбор технологического комплекса машин по критерию оптимизации наименьших приведенных энергозатрат проводится расчетом всех влияющих показателей.

Структура затрат использования техники следующая:

- прямые затраты: ГСМ, Оплата труда, ТО и ТР
- косвенные затраты: амортизация.

При том что, функционал наименьших приведенных энергозатрат стремится к нулю, докажем что и в денежном выражении комплекс машин также будет иметь минимальную стоимость или стремиться к ней.

Наименьшие приведенные энергозатраты состоят из:

$$E = ГСМ + ЧТ + А + ТО + ТР \quad (1)$$

где ГСМ – затраты на горючесмазочные материалы, МДж

ЧТ – затраты на человеческий труд, МДж

А – амортизация, МДж

ТО – техническое обслуживание, МДж

ТР – технический ремонт, МДж

По условию $E = f(t) \rightarrow \min$, значит $t \rightarrow t_{opt}$, при котором E гармонизировано таким образом, что имеет наименьшее значение.

Следовательно (рис.1) каждая составляющая формулы 1 также, стремится к оптимальному значению.

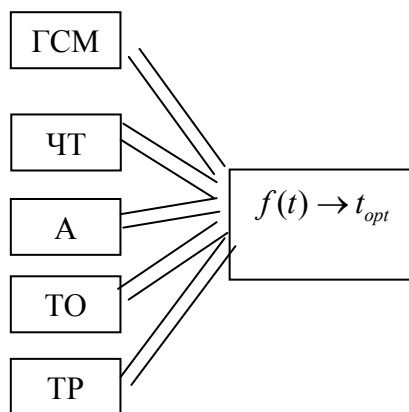


Рис.1. Структурная схема энергозатрат.

Если сравнивать оценки, даваемые в МДж и грн., то окажется что разница между ними только в коэффициенте C_3 перевода веса техники в ее стоимость. Коэффициенты $K_1, C_1, K_2, C_2, K_3, K_4, C_4$ имеют постоянное значение для всех расчетных вариантов. Коэффициент C_3 отражает стоимость килограмма трактора и если для расчетов в МДж эта величина – константа равная 86,4 МДж/кг, то для проведения денежной оценки это – переменная (грн/кг), зависящая от разных факторов и в частности от имени торгового бренда.

Таблица 1- Коэффициенты перевода величин.

| МДж | Грн. |
|---|---|
| $m(\text{ГСМ})K_1$ | $m(\text{ГСМ})C_1$ |
| $t(\text{ЧТ})K_2$ | $t(\text{ЧТ})C_2$ |
| $t(m(\text{Тр})K_{3,A, \text{ТР}, \text{ТО}})K_4$ | $t(m(\text{Тр})C_{3,A, \text{ТР}, \text{ТО}})C_4$ |

Таким образом технологический комплекс машин подобранный по критерию наименьших приведенных энергетических затрат с учетом поправок использования систем интеллектуализации и эргономичности, в цене также будет близок к минимуму или стремиться к нему, если цена лишена накруток на бренд. На рисунке 2 видно, что цена на трактор колеблется вокруг среднего значения цены 32,17 грн/кг в небольшом диапазоне. Но все, же энергетическая оценка не может быть полноценной заменой оценки в деньгах, лишь может служить, как дополнение к другим способам оценки.

По энергетической оценке легко судить об энергетической эффективности технологий или комплексов машин.

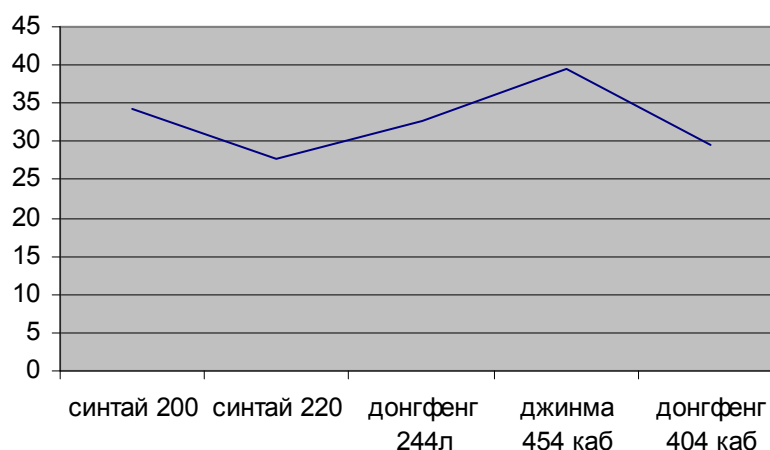


Рис.2. Значения удельной стоимости тракторов грн/кг

Составляющие формулы 1 рассчитываются следующим образом. Прямые затраты энергии выраженные расходом топлива, МДж/га

$$ГСМ = H_m \cdot \alpha_m \quad (2)$$

где H_m – норма расхода топлива, кг/га

α_m – теплосодержание топлива, МДж/кг

Энергозатраты живого труда. Учет этой энергии проводится на основе норм ФАО.

$$CT = \frac{n_{\text{ч}} \cdot \alpha_{\text{ж}} + n'_{\text{ч}} \cdot \alpha'_{\text{ж}}}{W_{\text{см}}} \quad (3)$$

где $n_{\text{ч}}, n'_{\text{ч}}$ – число основных (трактористы, комбайнеры и т.д.) и вспомогательных (сеяльщики, грузчики и т.д.) рабочих, чел.

$\alpha_{\text{ж}}, \alpha'_{\text{ж}}$ – соответствующие энергетические эквиваленты затрат живого труда, МДж/ч

$W_{\text{см}}$ – сменная производительность агрегата, га/ч

Общая энергоемкость силовой машины равна

$$E_m = \alpha_{\text{мр}} \cdot M_m \quad (4)$$

где M_m – масса трактора, кг

$\alpha_{\text{мр}}$ – энергетический эквивалент энергетического средства, Мдж/кг

Энергоемкость работы силовой машины, приходящаяся на 1 га обработанной площади, составляет

$$E_m = \frac{E_m + A + TO + TP}{T_c \cdot W_{\text{см}}} \quad (5)$$

где A, TO, TP – затраты энергии на проведение капитального и текущего ремонтов, технического обслуживания, Мдж

T_c – срок службы силовой машины, ч

Величину E_t ориентировочно можно определить следующим образом:

$$E_m = \frac{E_t}{100} \left(\frac{a_m + a_{\text{мк}} + a_{\text{мм}}}{T_{\text{н}}} \right) \cdot \frac{1}{W_{\text{см}}} \quad (6)$$

где $a_t, a_{\text{тк}}, a_{\text{тт}}$ – отчисления на реновацию, капитальный и текущий ремонты трактора, %

$T_{\text{нт}}$ – нормативная годовая загрузка трактора, ч

Аналогичным образом определяется энергоемкость машины и сцепки приходящейся на 1 га обработанной площади

$$E_m = \frac{M_m \cdot \alpha_m}{100} \left(\frac{a_m + a_{\text{мм}}}{T_{\text{нм}}} \right) \cdot \frac{1}{W_{\text{см}}} \quad (7)$$

$$E_c = \frac{M_c \cdot \alpha_c}{100} \left(\frac{a_c + a_{\text{см}}}{T_{\text{нс}}} \right) \cdot \frac{1}{W_{\text{см}}} \quad (8)$$

где M_m, M_c – масса машины, сцепки, кг

α_m, α_c – энергетические эквиваленты машин, сцепки, МДж/кг

a_m, a_c – отчисления на реновацию машины, сцепки, %

$a_{\text{мт}}, a_{\text{ст}}$ – отчисления на текущий ремонт машины, сцепки, %

$T_{\text{нм}}, T_{\text{нс}}$ – нормативная годовая загрузка машины, сцепки, ч

Энергоемкость автомобилей. В технологическом процессе наряду с тракторами и сельскохозяйственными машинами участвуют и автомобили, энергоемкость которых определяют несколько иначе.

Расход бензина G_a (кг/т) рассчитывают по формуле

$$G_a = \frac{H_a L \gamma_b}{50 Q_a} \left(1 + \frac{a_a}{100} \right) \quad (9)$$

где H_a – линейная норма расхода топлива на 100 км пробега, л
 a_a – увеличение линейной нормы в зависимости от категории дороги и других факторов, %

L – расстояние перевозки, км

γ_b – плотность бензина ($\gamma_b = 0,72$ кг/л)

Q_a – масса перевозимого груза (грузоподъемность автомобиля), т

Прямые затраты энергии на 1 га для автомобиля:

$$E_{na} = \frac{\alpha_a G_a}{H_y} \quad (10)$$

где α_a – энергетический эквивалент бензина, МДж/кг

H_y – урожайность культуры

Энергоемкость автомобиля, приходящаяся на 1 км пробега:

$$E_a = \frac{\alpha_a M_a (a_{ap} + a_{ak})}{10^5} \quad (11)$$

где α_a – энергетический эквивалент единицы массы автомобиля, МДж/кг

M_a – масса автомобиля, кг

a_{ap} , a_{ak} – отчисления на реновацию и капитальный ремонт автомобиля на 1000 км пробега, %

Если автомобиль работает с прицепом, то энергоемкость прицепа на 1 км пробега определяют аналогичным способом:

$$E_{an} = \frac{\alpha_{an} M_{an} (a_{np} + a_{нк})}{10^5} \quad (12)$$

При работе автомобиля на вывозке технологических грузов свеклы, картофеля или листостебельной массы энергозатраты транспортных средств необходимо отнести к 1 га возделываемой культуры:

$$E'_{an} = \frac{2 E_{an} L H_y}{Q_a} \quad (13)$$

где L – расстояние перевозки груза, км

H_y – урожайность культур, т/га

Q_a – грузоподъемность автомобиля, т

Для оценки эффективности использования энергии затрачиваемой на выполнение технологической операции агрегатом, предложено использовать коэффициент полезного действия (КПД) использования энергии во время выполнения операции агрегатом.

Для расчета воспользуемся следующей зависимостью:

$$\eta = \frac{E_n}{E} \quad (14)$$

где E_n – полезная энергия, затраченная на выполнение рабочего хода, МДж

E – суммарная энергия, затраченная на выполнение всей технологической операции, МДж

Также этот показатель можно использовать для оценки комплекса машин путем суммирования всех затрат энергии по всем механизированным операциям.

Показатель η показывает насколько эффективно организована работа. Его значение зависит от количества холостых ходов и суммарной длины. При их уменьшении, уменьшается время затрачиваемое на развороты при этом значение КПД увеличивается. Для роста η необходимо подбирать агрегаты с наименьшей кинематической длиной, минимальным радиусом поворота, ширина агрегата также оказывает влияние, но в этом случае ширина захвата сельхозмашины должна соответствовать максимальной нагрузке трактора, когда удельный расход топлива кг/л.с.ч оптимален.

Выводы. Подобранный технологический комплекс машин по критерию оптимизации наименьших приведенных энергозатрат [5] также стремится к наименьшей приведенной стоимости расходов на использование техники. Обозначена необходимость разработки коэффициентов перевода систем интеллектуализации и применяемых элементов повышения эргономичности в энергосредствах в их энергосодержание для более точного проведения расчетов по оценке энергетической эффективности используемой техники или технологий.

Предложено использовать новый показатель – коэффициент полезного действия (КПД) использования энергии агрегатом при выполнении операции и оценки комплекса машин. Он отражает правильность и рациональность организации рабочего процесса. Открывает пути к наглядному представлению способов улучшения и повышения эффективности создания техники и подбора комплексов машин.

Литература

1. Методические рекомендации по топливно-энергетической оценке сельскохозяйственной техники, технологических процессов и технологий в растениеводстве. /В.А. Токарев, В.Н. Братушков, А.Н. Никифоров, А.М. Афанасьев, М.М. Северным, А.В. Викторов/, Москва: ВИМ –1989
2. Новоселов Ю.К., Харьков Г.Д., Шпаков А.С. и др. Методические рекомендации по биоэнергетической оценке севооборотов и технологий выращивания кормовых культур. М.: ВНИИ кормов, 1989. - 72 с.
3. Миндрин А.С. Энергоэкономическая оценка сельскохозяйственной продукции. М: ВНИИЭТУСХ, 1997. - 187 с.
4. В.Г. Сычев, А.М. Алиев. Методология энергетической оценки технологий возделывания сельскохозяйственных культур. Сборник всероссийских трудов ТОМ I. 2010-139-144 с.
5. Колесник Г.О. Планування оптимального складу машино-тракторного парку / Г.О. Колесник, Л.Н. Піддубна, П.І. Голубенко – К., «Урожай», 1977-144 с.

МЕТОДОЛОГІЯ ЗАСТОСУВАННЯ ЕКСПРЕС-МЕТОДІВ І ПОРТАТИВНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ОЦІНКИ СТАНУ ПРАЦЮЮЧИХ МОТОРНИХ МАСЕЛ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

Кушлик Р.В., к.т.н., доцент

Кушлик Р.Р., магістр

Таврійський державний агротехнічний університет

Тел. 42-23-41

Анотація – в роботі розроблена загальна методологія досліджень та обґрунтована достатня кількість експрес-методів, які б забезпечували достовірне розпізнання стану моторного масла сільськогосподарської техніки в процесі її експлуатації.

Ключові слова – моторне масло, паливні фракції, охолоджуюча рідина, експрес-метод, портативні засоби.

Постановка проблеми. Розвиток техніки супроводжується безпосереднім підвищенням умов роботи рухомих з'єднань деталей. Вузли машин досягають свого граничного стану не в результаті втрати деталями жорсткості, або щільності, а головним чином із-за зносу їх робочих поверхонь. Тому довговічність і надійність машин принципово визначається зносостійкістю вузлів тертя. Для забезпечення необхідної надійності і екологічності машин експлуатаційними методами необхідно розробити методологію застосування простих і ефективних експрес – методів і портативних засобів контролю стану моторного масла, які б забезпечували отримання необхідного і адекватного управління технічним станом машин на основі моніторингу стану змащувальних масел і агрегатів машин.

Аналіз останніх досліджень. Питанням впливу забрудненості моторних масел на експлуатаційні властивості, а відповідно, і на надійність деталей і вузлів машин присвячена значна кількість наукових робіт. Як показують результати робіт М.А. Григорєва, Г.П.Лишко, К.В.Рибакова, С.Б.Венцель, В.В.Остриков, Г.Ф.Большаков, К.К.Папок, Н.І.Ітинська та інших дослідників, підвищена забрудненість моторних масел сприяє негативному впливу на надійність двигунів, викликаючи інтенсивний знос спряжених деталей.

Багато дослідників, в тому числі і зарубіжних, підкреслюють, що планово - попереджувальна система обслуговування машин не створює умов для реалізації високої надійності і екологічності машин при експлуатації тому, що до 60 – 70 % з них знаходиться в незадовільному стані. Найбільш ефективна технологічна стратегія обслуговування машин по їх фактичному стану. Досвід зарубіжних країн свідчить, що з застосуванням даної стратегії, яку вони часто називають «повсякденним контролем», фактичний ресурс, наприклад ДВЗ автомобілів, досягає 1 млн. км. і більше без капітального ремонту. Таким чином, оперативне управління технічним станом машин з застосуванням даної стратегії створює такі умови, при яких зносостійкість вузлів тертя стає настільки висока,

що забезпечує роботу машини до її морального старіння без капітального ремонту [1].

Формулювання цілей статті (постановка завдання).

Метою роботи є розробка загальної методології досліджень стану масла по його параметрам і по параметрам частинок зносу, а також забезпечення необхідного рівня надійності і екологічності машин в процесі експлуатації з застосуванням моніторингу стану масел і агрегатів на основі експрес-методів і портативних засобів.

Основна частина.

Для забезпечення необхідної надійності і екологічності машин експлуатаційними методами необхідно розробити методологію застосування простих і ефективних експрес методів і портативних засобів контролю стану масел, які забезпечували б отримання необхідного і достатнього об'єму діагностичної інформації для оперативного і адекватного управління технічним станом машин на основі моніторингу стану змащувальних масел і агрегатів машин. Забезпечення працездатності масел в країнах Євросоюзу виконується застосуванням моніторингу їх стану на базі розвиненої мережі аналітичних лабораторій, що дозволяє попередити використання неякісних масел. В Україні такої сервісної мережі немає, а створення аналітичної лабораторії на підприємствах для проведення моніторингу якості масел недоступно навіть великим підприємствам. Це зв'язано з дуже високою працездатністю аналізів масел, дорогою апаратурою, витрат на матеріали і необхідності в висококваліфікованому персоналі.

Аналіз літературних і internet джерел дозволив виявити ряд портативних експрес-лабораторій, які дозволяють проводити аналіз фізико-хімічних показників масел в процесі експлуатації машин по параметрам працюючого масла. Серед них: експрес-лабораторія ВИИТиН, Росія; лабораторія ЛАМА-5 і 7 НПП «Діполь», Росія; лабораторія ПЛАМ ЦНИИ МФ, Росія; прилад фірми KOMATSU, Японія; прилад фірми MTU, Німеччина; експрес-лабораторія KITTIWAKE, США. Проте оцінка діагностичних можливостей даних засобів показує, що на жаль більшість із них не забезпечують повного і достовірного розпізнавання стану масел і агрегатів машин.

На (рис. 1) приведена загальна методологія досліджень при розробці портативного ультразвукового комплексу контролю основних забруднювачів масел, якими є охолоджуюча рідина, паливні фракції і механічні домішки.





Рис. 1. Загальна методологія досліджень при розробці портативного ультразвукового комплексу контролю основних забруднювачів масел.

Комплект, як єдине ціле, повинен забезпечувати такими властивостями, які є самодостатніми. Під самодостатністю розуміється можливість рішення за допомогою такого комплексу всіх основних питань методичного і інструментального забезпечення процесу моніторингу з застосуванням тільки експрес-методів і портативних засобів і, таким чином, забезпечення адекватного оперативного управління технічним станом машин в процесі експлуатації.

При обґрунтуванні основних показників використовувалась апріорна інформація. Однак для ряду властивостей сучасних масел, таких, як забруднення охолоджуючою рідиною, паливними фракціями і механічними домішками, апріорна інформація відсутня. При дії даних забруднювачів масла втрачають працездатність і стають причиною підвищення зносу вузлів тертя на 2-3 порядки. Отже дані показники повинні обов'язково включатися в кожен комплект.

Таким чином в обґрунтований комплект мають ввійти:

1 - показники, які характеризують справність системи ДВЗ: наявність і концентрація охолоджуючої рідини; наявність і концентрація палива, наявність абразивних частин і продуктів зносу деталей – частинок зносу;

2 – показники, які характеризують фізико-хімічні властивості працюючого масла: фактична в'язкість і загальна забрудненість масла механічними домішками.

Для обґрунтуванні експрес-способу контролю необхідно встановити залежності між показниками якості і фізичними властивостями як масла в цілому, так і концентрації води, паливних фракцій і наявності абразивних частинок. Дані залежності можна отримати, якщо представити моторне масло, яке знаходиться в акустичній вимірювальній камері в вигляді фізико механічної моделі, яка з достатньою ступеню наближення буде відображати реальну структуру інформативних параметрів якісного стану об'єкту контролю.

Згідно ГОСТ 2517-85 необхідно для контролю відібрати масло не менше трьох проб і перемішати його. При наявності води, паливних фракцій і абразивних частинок в маслі створюються наступні складові: масло, калі води, абразивні частинки і бульбашки повітря. По формулі Стокса (1) на першому етапі можна розрахувати швидкість V_{Π} підйому повітряних бульбашок в дисперсному середовищі для наступних випадків: 1 – в об'єкті контролю в стані поставки; 2 – в об'єкті контролю з наявністю води; 3 – в об'єкті контролю з наявністю паливних фракцій; 4 - в об'єкті контролю з наявністю абразивних частинок [2].

$$V_{\Pi} = \frac{2}{9} g \frac{\rho_m - \rho_b}{\mu_m} \cdot r_b^2, \quad (1)$$

де g – прискорення вільного падіння, м/с²;
 ρ_m, ρ_b – щільність, відповідно масла і газового середовища бульбашки, кг/м³;

μ_m – зсувна в'язкість масла, кг/м·с;

r_b - радіус повітряного бульбашки, м

Враховуючи те, що при наявності в моторному маслі охолоджуючої рідини, паливних фракцій і частинок зносу щільність об'єкту контролю в кожному окремому випадку при рівних умовах буде різною, а отже вихід повітряних бульбашок в часі буде різним. З врахуванням концентрації охолоджуючої рідини, паливних фракцій і частинок зносу в моторному маслі було отримано рівняння швидкості підйому повітряних бульбашок з врахуванням концентрації даних забруднювачів.

$$V_{\Pi}^* = \frac{2}{9} g \frac{\rho_m - \frac{K}{1+K} \rho_{H_2O, \text{паливо}, \text{частинки}}}{\mu_m} \cdot \sqrt[3]{(1+K)^2} \cdot r_b^2, \quad (2)$$

де $K = 0,1; 0,2; 0,3 \dots$ - величина, яка характеризує збільшення охолоджуючої рідини, паливних фракцій і частинок зносу в масових відсотках.

Висновки. Аналіз отриманих даних дозволяє зробити наступні висновки:

1. Розроблено загальну методологію досліджень при розробці портативного ультразвукового комплексу контролю основних забруднювачів масел.

2. Встановлено, що щільність моторного масла при різних забруднювачах буде неоднаковою, а отже швидкість підйому повітряних бульбашок буде різною в часі, таким чином швидкість ультразвуку і коефіцієнту поглинання в об'єкті контролю буде різною.

3. Отримані дані можуть бути використані при розробці акустичного експрес-методу контролю охолоджуючої рідини, паливних фракцій і абразивних частинок в моторних маслах.

Література

1. Скиндер Н.И. О необходимости систематического контроля качества работающих моторных масел / Н.И.Скиндер, Ю.А.Гурьянов. // Химия и технология топлив и масел – 2003. - №5.-с. 28-30.

2. Перепелкин К.Е. Газовые эмульсии / К.Е.Перепелкин, В.С.Матвеев – Л.: Химия, 1979 – 200 с.

APPLICATIONS METHODOLOGY OF EXPRESS-METHODS AND PORTABLE FACILITIES IS FOR THE ESTIMATION OF THE STATE OF WORKINGS AGILE AGRICULTURAL TECHNIQUE OLIVES

R.V.Kushlyk R.R.Kushlyk

Summary

General methodology of researches is In-process developed and the enough body of express-methods which would provide reliable recognition of the state of agile agricultural technique olives in the its exploitation is grounded process.

УДК 631.371:621.31

РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ РОЗРАХУНКУ ЖИВИЛЬНОГО РОЗЧИНУ ДЛЯ ГІДРОПОННОЇ ТЕПЛИЦІ

Коваленко Л.Р., к.т.н.

Коваленко О.І., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. +38 (061 92)42 11 74

Анотація – В роботі проведено аналіз існуючих методів розрахунку живильних розчинів, на основі принципу поливу і технології подачі живильного розчину розроблено програмне забезпечення розрахунку живильного розчину і технологія його приготування, підбір і застосування мінеральних добрив. Проведена оцінка економічних показників програмного забезпечення.

Ключові слова – енергозберігаючі технології, живильний розчин, малооб'ємна гідропоніка, комплексон, біометричні вимірювання.

Постановка проблеми. Тепличне виробництво в даний час розвивається як динамічна і ефективна галузь сільського господарства, що має значення для постачання населення свіжими і багатими вітамінами овочами, коли не поступає

продукція з відкритого ґрунту. Завдяки конкуренції, що посилюється, перед тепличними комбінатами встає завдання підвищення ефективності виробництва. Це завдання може бути вирішене тільки шляхом реконструкції і модернізації виробництва із застосуванням нових технологій [2, 3, 7].

Один з перспективних напрямів вдосконалення технології поливу в промислових теплицях полягає в застосуванні краплинного зрошування, що має ряд переваг перед традиційними способами поливу (шланговий полив, дощування). Краплинне зрошування є основним способом поливу при вирощуванні рослин методом малооб'ємної гідропоніки, яка передбачає створення оптимальних водно-повітряних, живильних і температурних параметрів в кореневій зоні рослин. Об'єм субстрату для життєдіяльності кореневої системи обмежений і є хімічно нейтральним середовищем, тому подача води, живильних елементів і тепла для підтримки заданих умов повинні здійснюватися своєчасно і в необхідних кількостях [4].

Розробка та отримання універсального засобу рішення задачі розрахунку живильного розчину є актуальним, і призведе до автоматизації процесу з використанням математичних методів. [2, 5].

Аналіз останніх досліджень. На даний час не існує єдиної методики проведення розрахунку живильного розчину. Кожен агроном вирішує задачу залежно від власних знань і переваг. Зв'язано це з тим, що вибір добрив достатньо великий, а вимоги в різних тепличних господарствах відрізняються, що і призводить до того, що публікацій в спеціалізованих виданнях іноді виявляється недостатньо для складання оптимального живильного розчину [5].

Світовими лідерами в сільському господарстві і тепличних технологіях є голландські фірми. І виражено це як в науковій сфері, так і в самому виробництві. Завдяки міжнародним виставкам і постійній співпраці фахівців з різних країн, можна з упевненістю стверджувати, що програмний засіб автоматизації розрахунку живильного розчину існує і використовується голландськими виробниками. Проте це програмне забезпечення є комерційною таємницею, яка не рекламується і не продається офіційно в інших країнах. Пояснюється це специфічними особливостями ринку тепличних технологій [2, 3, 5].

Формулювання цілей статті. Необхідно розробити на основі принципу поливу і технології подачі живильного розчину програмне забезпечення розрахунку розчину, а також технологію його приготування, використання кислот і визначення їх кількості, підбір і застосування мінеральних добрив, підбір та підготовку субстратів для малооб'ємної технології. Провести оцінку економічних показників програмного забезпечення.

Основна частина. Накопичений досвід виробництва і впровадження устаткування дозволив розробити двох рівневу модель управління технологічними процесами в теплицях [2, 5].

Перший рівень є основним і є сукупністю автономних мікроконтролерів, які реалізують в автоматичному режимі технологічну програму поливу або мікроклімату в теплиці, шляхом управління доступними виконавчими механізмами. Дані з кожного контролера по єдиному каналу зв'язку щохвилини передаються на другий рівень.

Другий рівень управління представлений спеціальним програмним забезпеченням, встановленим на диспетчерських комп'ютерах. Автоматизований засіб розрахунку живильного розчину повинен знаходитися на даному рівні поряд з програмою моніторингу і графічного відображення інформації про стан контролерів, що управляють. Програмний комплекс, що працює на другому рівні, дозволяє за допомогою локальних обчислювальних мереж, передавати і отримувати дані з комп'ютерів. У разі виникнення проблем на другому рівні, експерт, що знаходиться на відстані, може повністю відновити нештатну ситуацію і сформулювати відповідь про причини виниклої проблеми і дати рекомендації по її усуненню.

До складу системи полива і забезпечення кореневої зони рослин живильними елементами входять[4]:

- вузли попереднього приготування і баки готових маткових розчинів вузла розчину;

- вузол розчину для приготування і подачі живильного розчину, що складається з ємностей з матковими розчинами і кислотою, насосів і апаратури для їх дозування, змішувача, насоса для перемішування робочого розчину і подачі його в теплицю, а також фільтрів, датчиків температури, кислотності, електропровідності, расходоміра і автоматизованого контролера з пультом управління процесом поливу;

- магістральний трубопровід і краплинна мережа теплиці, по яких розподіляється живильний розчин.

Проаналізувавши принципи поливу і основи технології подачі живильного розчину, можна виділити наступні моменти:

- 1) Автоматизоване зрошення (подачу розчину в систему крапельниць і далі до рослин), забезпечує спеціальне обладнання, а головне - вузол розчину.

- 2) Вузол розчину використовує два баки з концентрованими (матковими) розчинами і один бак з кислотою.

- 3) Змішування концентрованих розчинів з водою ведеться по заданому значенню електропровідності (EC), а бак кислоти потрібний для отримання розчину з необхідним значенням кислотності (pH).

Найбільш важливо забезпечити рослини живильними елементами в період зростання і плодоношення. Підвищення врожайності в тепличному виробництві неможливе без рішення типової задачі розрахунку живильного розчину.

Існуюче різноманіття добрив ставить перед агрономом складне і трудомістке розрахункове завдання, процес рішення якого займає немало часу. Часто, виявляється непросто отримати задані рівні живильних елементів, і доводиться повторювати виконану роботу в спробах знайти оптимальний варіант. Чим більше вибір добрив, тим складніше визначити точний, якісний і економічно обґрунтований розчин для поливу рослин [5].

Відомо, що рослини більш ніж наполовину складаються з води. Тільки п'ята частина сухої ваги рослин складає неорганічна частина, яка відображає мінеральний склад, доступний в кореневій зоні. Потреба живлення пов'язана з браком простих неорганічних речовин, елементи поглинаються клітками коріння рослин не як молекули, а як дисоційовані іони. Рослини володіють виборчою здібністю до поглинання іонів, віддаючи перевагу необхідним для їх розвитку.

Перед проведенням розрахунку необхідно врахувати і аналіз води для зрошування, так як в ній вже міститься та або інша кількість будь-якого макроелементу або мікроелементу. Скласти живильний розчин можна двома способами: на основі комплексних добрив (що містять і макро-, і мікроелементи) або використовуючи виключно прості. Дуже важливо при підборі добрив враховувати те, що вони повинні бути повністю розчинними у воді і не містити баластних домішок. На якість розчину сильним чином впливає ступінь його кислотності і електропровідності. Для того, щоб добитися кращого регулювання кислотності живильного розчину, в матковий розчин рекомендується додавати кислоту в кількості, щоб при приготуванні розчину (без включення кислотного бака) pH було вище заданого. Для цього потрібно варіювати значення pH і проводити точний розрахунок [6].

Начальные данные

| (ммоль/л) | НСО ₃ | NO ₃ | P | S | NH ₄ | K | Ca | Mg |
|-------------|------------------|-----------------|------|-------|-----------------|-----|-----|-------|
| Уровни | | 16 | 1,25 | 1,375 | 1,25 | 8 | 4 | 1,375 |
| Анализ воды | 3,2 | 0,3 | | 0,03 | | 0,3 | 0,8 | 0,4 |
| Раствор | 2,2 | 15,7 | 1,25 | 1,345 | 1,25 | 7,7 | 3,2 | 0,975 |

| (мг/л) | Fe | Mn | Zn | B | Cu | Mo |
|--------|-------|-------|-------|------|-------|-------|
| Уровни | 0,837 | 0,549 | 0,327 | 0,27 | 0,048 | 0,048 |

| | |
|---------|------|
| Σ | Σ |
| 20 | 20 |
| ЕС воды | 0,34 |
| pH воды | 6,4 |

Рис. 1 .Таблиця початкових даних

Далі приведемо деякі етапи проведення розрахунку живильного розчину. Всі дані вводяться в мілімолях на 1 літр живильного розчину. Рівні мікроелементів (*Fe, Mn, Zn, B, Cu, Mo*) вводяться, завантажуються і зберігаються аналогічно в наступній таблиці. На рисунку 2 зображено приклад повного заповнення, тобто введення рівнів макро- і мікроелементів, а також pH і $ЕС$ води.

Показник pH , визначається, як негативний десятковий логарифм концентрації іонів водню в розчині, введений для кількісної оцінки кислотності або лужності даного розчину. У нейтральних розчинах показник pH дорівнює семи, в кислих розчинах pH менше семи, а в лужних, відповідно, більше. [4, 5, 6].

Наступним кроком є вибір добрив, які використовуються в розрахунку.

Розрахунок вже автоматично проведений, і показано перше рішення з мінімальною погрішністю. Зверху в першому рядку представлені задані рівні макроелементів і мікроелементів, а нижче – таблиця з всіма добривами, напроти яких стояли галочки. Для макроелементів всі цифри показані в мілімолях, для мікроелементів – в міліграмах 1 літр розчину.

Висновки. Впровадження комп'ютерної програми в тепличних господарствах, що використовують гідропонні технології і краплинне зрошування, допоможе вирішити ряд проблем, і дозволить:

- підвищити ефективність праці агрономічного персоналу;
- стандартизувати різноманіття існуючих схем і способів розрахунку;
- понизити вірогідність помилки і збільшити точність рішення;

- оцінювати використання відразу багатьох варіантів добрив за їх вартістю, складом і пріоритетними характеристиками.



Рис. 2. Головне вікно програми після проведення розрахунку

Результат розрахунку - це розподілений по баках список добрив (з обчисленим об'ємом), що забезпечує максимальну відповідність початковим рівням елементів і іншим агрономічним вимогам [2].

Література

1. Автоматическая установка для беспочвенного выращивания растений: ИЛ №182-91/ Казанский ЦНТИ-2с.
2. Кистень Г.Е. и др. Определение концентрации питательного раствора в гидропонных теплицах кондуктометрическим способом / Г.Е. Кистень // Механиз. и электриф. сел. х-ва.- К., 1990.- С.64-68.
3. Коваленко О.И. Энергозберігаючі технології обробки поливної води та живильних розчинів у теплицах / О.И. Коваленко, Л.Р. Коваленко // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. Вип. 33, Мелітополь: ТДАТА, 2005. – С.107–113.
4. Костюченко В.А. Расчет элементов гидропонной установки // Техника в сел. х-ве.-1991.-№2.- С.21-23.
5. Пилюгина В.В. Автоматическое управление подачей питательного раствора в теплице на малообъемной гидропонике / В.В. Пилюгина, Ю.Г.Шейнгин, Б.В.Захаров // Науч.-техн. бюлл. по электриф.с.х-ва. ВИЭСХ. 1986. – Вып. 1(56). – с.33-38.
6. Русин Г.Г., Федоров В.М. Изменение электрического потенциала гравийного субстрата гидропонных теплиц / Г.Г. Русин, В.М. Федоров // Механиз. и электриф. сел. х-ва.- К.,1983.- Вып.58.- С.48-52.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА РАСЧЕТА ПИТАТЕЛЬНЫХ РАСТВОРОВ ДЛЯ ГИДРОПОННЫХ ТЕПЛИЦ

Аннотация – В работе проведен анализ существующих методов расчета питательных растворов, на основе принципа полива и технологии подачи питательного раствора разработано программное обеспечение питательного раствора и технология его приготовления, подбор и применение минеральных удобрений. Проведена оценка экономических показателей программного обеспечения

DEVELOPMENT OF PROGRAMMATIC COMPLEX OF CALCULATION OF NOURISHING SOLUTIONS IS FOR GIDROPONNOY HOTHOUSE

L. Kovalenko, O. Kovalenko

Summary

The analysis of existent methods of calculation of nourishing solutions is In-process conducted, on the basis of principle of watering and technology of serve of nourishing solution it is developed calculation of nourishing solution software and technology of his preparation, use of acids. The estimation of economic indicators of software is conducted.

УДК 631.227.2

МОДЕЛЬ КЛІТКОВОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ УТРИМАННЯ БАТЬКІВСЬКОГО ПОГОЛІВ'Я КУРЕЙ-НЕСУЧОК З РОЗДІЛЬНИМ ГОДУВАННЯМ РІЗНИХ СТАТЕВИХ ГРУП ПТИЦІ

В.Б. Зора, науковий співробітник, аспірант
УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого

Аннотация - на основі аналізу інформаційних матеріалів міжнародних виставок, результатів випробувань машин і обладнання для галузі птахівництва, а також опрацьованої літератури, що стосується годування птиці, розроблена модель* обладнання для роздільного годування батьківського стада курей з роздільною годівлею курок і півнів.

Ключевые слова - батьківське поголів'я, бункер, годування птиці, інкубаційне яйце, кліткове обладнання, корм, кормороздавач, племінна птиця, роздільне годування.

Постановка проблемы. Традиційно батьківське поголів'я курей утримувалось підлоговим способом через недостатню якість збирання яєць механічним способом. При підлоговому утриманні батьківського поголів'я курей-несучок проблема роздільного годування курей і півнів вирішена.

З розвитком техніки покращились якісні показники яйцезбору під час утримання курей в клітковому обладнанні. Нині яйця, отримані від птиці, що утримується в кліткових батареях, мають низький відсоток механічних ушкоджень. За умови, якщо вирішити проблему роздільного годування курей і півнів при клітковому утриманні батьківського поголів'я курей-несучок, можна отримувати якісні яйця для їх інкубації та виведення молодняка птиці.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Існуюче кліткове обладнання для утримання батьківського поголів'я курей-несучок вітчизняного і зарубіжного виробництва має єдину систему для спільного годування курей і півнів. Процес годування батьківського поголів'я курей-несучок у вітчизняному обладнанні виробництва ТОВ «Техна» і ВАТ «Завод «Ніжинсільмаш» відрізняється від процесу годування курей-несучок в існуючому обладнанні лише розділенням зон годування курей і півнів [2].

Проте кормовий раціон півнів суттєво відрізняється від раціону курей: у півнів значно вища потреба в ретинолі та токоферолі і менша – в кальції. Повноцінне годування птиці забезпечує одержання високого рівня продуктивності, сприяє збереженню і поліпшенню кросових якостей птиці [3].

Окрім того, роздільне годування передбачає економію витрат кормів. Витрати корму є найголовнішим затратним фактором у структурі собівартості виробництва яєць і складає біля 60-67 % [4].

Викладене свідчить про актуальність питання та його невирішеність на сьогоднішній день.

*Відповідно до класифікації П.М. Василенка [1] модель – абстрактно-логічна, знакова, символічна.

Мета досліджень. Метою запропонованої моделі є вирішення проблеми роздільного годування курей і півнів при їх утриманні в клітковому обладнанні за рахунок подвоєння лінії годування, що дасть можливість збалансувати кормовий раціон курей і півнів, а це, в свою чергу, дозволить повноцінно годувати птицю та забезпечити високий рівень продуктивності. Забезпечення якісного годування репродуктивного стада птиці спрямоване на підвищення її життєздатності та отримання яєць з високими інкубаційними властивостями.

Результати досліджень. Створюване обладнання повинно мати конструкцію, яка має забезпечити надходження різного складу корму в різні годівниці та вільний доступ курей і півнів тільки до своїх годівниць і унеможливити доступ півнів до годівниць курей, і доступ курей до годівниць півнів.

Поставлене завдання вирішується тим, що кліткове обладнання для утримання батьківського поголів'я курей-несучок, що складається: з зовнішнього бункера для зберігання корму, лінії завантаження корму, кліткових батарей з лініями напування, яйцезбору, прибирання посліду, годівниць, мобільних кормороздавачів і транспортерів для подання яєць на стіл яйцезбору та виведення посліду з пташника, додатково оснащується ще одним зовнішнім бункером для зберігання корму і відповідно – ще однією лінією завантаження корму.

Кліткова батарея для утримання батьківського поголів'я курей-несучок, що має розташовані на ярусному каркасі клітки, має лінію напування (ніпельні

напувалки і краплеуловлювачі), стрічки послідозбирання, встановлені під кожним ярусом батареї, стрічки яйцезбору та годівниці, встановлені вздовж батареї по обидва її боки додатково оснащуються годівницями для годування півнів, які встановлюються вздовж батареї з одного боку (з якого в клітках немає дверцят) вище годівниць для курей.

Кліткова батарея має мобільний кормороздавач, оснащений двома бункерами, що мають люки виходу корму з дозаторами, які дозволяють поярусно завантажувати годівниці з обох боків батареї сухим кормом. Бункер кормороздавача, що розташований з того боку батареї, де проходять дві лінії годування, роздвоєний і має поярусно два люки виходу корму на різній висоті, відповідній до висоти годівниць для курей і півнів.

В клітці кліткової батареї, що містить зовнішні і бокові ґрати, дверцята, похилу підніжну решітку і гніздо по іншому розміщені прутья в зовнішніх ґратах клітки: з одного боку, де проходить одна лінія годування, та що для курей, прутья розміщені горизонтально, з другого боку, вони розміщені горизонтально знизу клітки над годівницею для курей, а вище прутья розміщені вертикально над годівницею для півнів.

Нижче описується варіант виконання моделі обладнання [5].

На рис. 1 схематично показано кліткове обладнання, що забезпечує виконання таких технологічних процесів як зберігання кормів, подачу корму в кліткові батареї, роздавання корму по клітковій батареї, водопостачання, збирання яєць і прибирання посліду.

Кліткове обладнання для утримання батьківського поголів'я курей-несучок, що складається: з двох зовнішніх бункерів зберігання корму 1 і 2

(один – для курей, другий – для півнів), двох ліній завантаження корму 3 і 4, кліткових батарей.

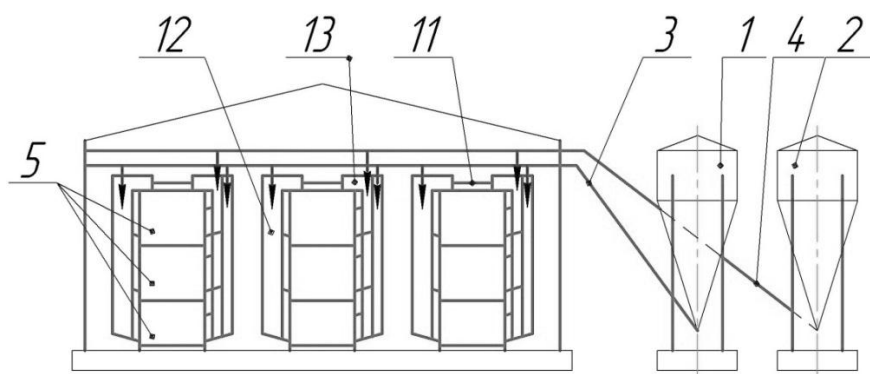


Рис.1. Схема кліткового обладнання з роздільним годуванням курок і півнів

На рис. 2 схематично показано один ярус кліткової батареї. Кліткова батарея складається з кліток 5, розташованих на ярусному каркасі з лініями напування 6, яйцезбору 7, прибирання посліду 8, годівниць 9 і 10 і мобільних кормороздавачів 11. Мобільний кормороздавач 11 має два бункери для дозованої роздачі корму по годівницях батареї: один – традиційний 12, другий – роздвоєний 13, розташований з того боку батареї, де проходять дві лінії годування 9 і 10. Бункер 13 має поярусно два люки для завантаження корму

окремо для курей 14 і для півнів 15, розміщені на різній висоті, відповідно до висоти годівниць.

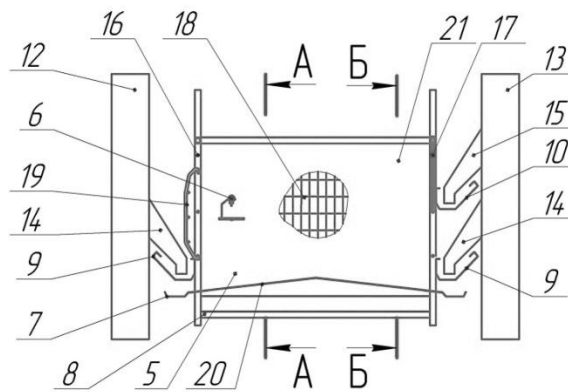


Рис. 2. Схема одного яруса кліткової батареї з роздільним годуванням курок і півнів

Годівниць в клітковій батареї з однієї сторони в два рази більше (9 і 10), ніж з другої (9) і якщо батарея кліткова триярусна, то з однієї сторони - шість годівниць, а з другої – три. Лінія напування 6 в батареї проходить зі сторони, де менша кількість годівниць. В клітці, що містить зовнішні 16 і 17 (рис. 3; рис. 4), бокові грати 18, дверцята 19, похилу підніжну решітку 20 і гніздо (на рис. 3 і рис. 4 шторка 21 відокремлює гніздо), на зовнішніх 16 прутья розміщені горизонтально з тої сторони, з якої менша кількість годівниць і є дверцята 19, з другої сторони (17) – знизу клітки над годівницею для курей прутья розміщені горизонтально, а вище над годівницею для півнів розміщені вертикально.

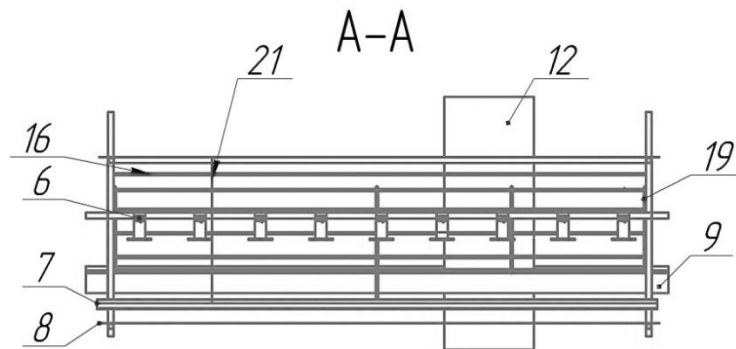


Рис. 3

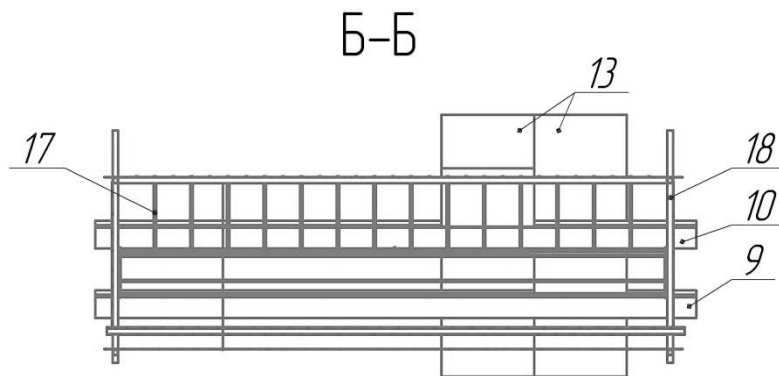


Рис. 4

Працює обладнання наступним чином:

Усі технологічні процеси, крім годування, відбуваються як у традиційному клітковому обладнанні для утримання батьківського поголів'я курей-несучок.

В два бункери для зберігання кормів 1 і 2, що знаходяться зовні приміщення пташника, насипають сухий корм: в один – для курей, в другий – для півнів.

При включенні ліній завантаження корму 3 і 4 корм шнековим механізмом транспортується у пташник до мобільних кормороздавачів 11 і засипається в їх бункери 12 і 13 відповідно для годування курей або півнів. Для курей засипається в два бункери: в традиційний 12 і подвоєний 13 (в люк 14 для годування курей), що розміщені по одну і по другу сторону від батареї, а для півнів лише в подвоєний бункер 13 (в люк 15 для годування півнів). При включенні кормороздавачів 11 бункери 12 і 13 рухаються по рейкових направляючих, дозовано насипаючи корм в годівниці 9 і 10. З нижніх годівниць 9 скльовувати корм можуть лише кури. Через горизонтальне направлення прутів півні не мають доступу до нижніх годівниць. І навпаки, курям незручно діставати корм, з високо для них розміщеної годівниці 10.

Таким чином, при даному способі роздільного годування батьківського поголів'я курей-несучок існує дві технологічні лінії годування: одна лінія для годування курей – традиційна, а друга лінія для годування півнів – додаткова.

Висновки. Основні переваги запропонованої моделі обладнання полягають в наступному:

1. Завдяки розділенню годування курей і півнів можливо збалансувати кормовий раціон курей і півнів, а це, в свою чергу, дозволить повноцінно годувати птицю, забезпечити високий рівень продуктивності, сприяти збереженню і поліпшенню кросових якостей птиці та економити корми.

2. В порівнянні з підлоговим способом утриманням батьківського поголів'я курей, де вирішена проблема роздільного годування курей і півнів, використання кліткового обладнання дасть можливість ефективніше використовувати площу пташників.

3. Цей спосіб роздільного годування батьківського поголів'я курей-несучок має ще одну перевагу – в порівнянні з традиційним способом значно збільшується фронт годування і курей і півнів.

4. За рахунок впровадження запропонованого методу годування батьківського поголів'я збільшиться продуктивність птиці на всіх етапах циклу утримання курей-несучок.

Література

1. Василенко П.М. О методике механико-математических изысканий при разработке проблем с.-х. техники. – М.: БТИ ГОСНИТИ, 1962, 367 с.
2. Зора В. Результаты испытаний клеточного оборудования для содержания родительского поголовья кур отечественных производителей // Технико-технологические аспекты развития и испытания новой техники и технологий для сельского хозяйства Украины. - 2008. – Вып. 11 (25). - С. 157-166.

3. Справочник по нормированному кормлению сельскохозяйственных животных / сост. и науч. ред. Г.Ф. Степурин. – Кишинев: Картя Молдовеняскэ, 1986, – С. 291.
4. Лемешева М.М. Годівля сільськогосподарської птиці. – Суми: Слобожанщина, 2003. – 152 с.
5. Патент України. Св. № 32793 від 26.05.2008 р. Кліткове обладнання для утримання батьківського поголів'я курей-несучок. Бюл. №10.

МОДЕЛЬ КЛЕТОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СОДЕРЖАНИЯ РОДИТЕЛЬСКОГО ПОГОЛОВЬЯ КУР- НЕСУШЕК С РАЗДЕЛЬНЫМ КОРМЛЕНИЕМ КУР И ПЕТУХОВ

На основе анализа информационных материалов международных выставок, результатов испытаний машин и оборудования для отрасли птицеводства, а также изученной литературы, что касается технологии кормления кур, создана модель оборудования для отдельного кормления кур родительского стада разных половых групп.

MODEL UNIT MODEL FOR THE HENS-LAYERS OF PATERNAL HERD MAINTENANCE WITH SEPARATE FEEDING OF HENS UND COCKS

On the basis of analysis of international exhibitions informative materials, results of machines and equipment tests for the poultry farming and also studied literature in the direction of chicken feeding for hens and the cocks separate feeding of paternal herd has been is made developed.

УДК.621.317

ИССЛЕДОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ЗОНДИРУЕМОГО ОБЪЕКТА НА ОСНОВЕ РЕАКЦИИ АППАРАТНОЙ ФУНКЦИИ

Федюшко Ю. М., д.т.н., професор

Мунтян В. А., д.т.н., професор

Таврический государственный агротехнологический университет,

г. Мелитополь, Украина, тел. +38(0619)42-11-52

Аннотация - теоретически исследована математическая модель зондированного объекта для расчета импульсных рефлектометрических систем с помощью функционального метода на основе рядов Вольтерра.

Ключевые слова – математическая модель, ряды Вольтерра, функциональный метод, биологический объект.

Постановка проблемы. Интенсификация технологических процессов в медицине, биологии и сельском хозяйстве, возможна с использованием электромагнитных полей (ЕМП) СВЧ и КВЧ диапазонов.

Измерение диэлектрических параметров материалов и биологических веществ является методологически первым и основным заданием в области контроля состава и свойств материалов и биологических веществ. Кроме того, измерение диэлектрических параметров в области электромагнитной биологии, которая несет информацию о физических и биофизических свойствах вещества и их зависимости от разных физических факторов в широкой полосе частот, требует проведения анализа существующих методов и средств измерения.

Зондируя вещество импульсами пикосекундной длительности, можно измерять спектральные характеристики атомных и молекулярных переходов, а также наблюдать процессы релаксации возбужденных состояний, из которых определяются времена жизни электронов на энергетических уровнях. Знание молекулярных релаксаций позволяет глубже понять природу превращения энергии молекулярными системами, проводить синтез новых эффективных соединений [1, 2].

Анализ последних исследований. До настоящего времени отсутствуют результаты измерения электрофизических параметров материалов и биологических веществ, находящихся под воздействием различных физических факторов. Это объясняется отсутствием адекватных моделей и сложностью алгоритмов определения электрофизических параметров биологических веществ, трудностью создания прецизионных СВЧ трактов формирования и распространения электромагнитных импульсов.

Выбор в качестве объекта исследования стационарных линейных систем связан с тем, что линейные системы можно рассматривать как частный вид полиномиальных систем, у которых все ядра, кроме ядра первого порядка, тождественно равны нулю. Поэтому, формальные правила действий с рядами Вольтерра будут содержать, как частный случай, правила формальных преобразований весовых функций линейных систем. В этом случае, вывод рекуррентных соотношений будет более наглядным, что важно при разработке инженерной методики расчета импульсных рефлектометрических систем с помощью функционального метода на основе рядов Вольтерра.

Формулировка целей статьи. Задача исследования заключается в построении математической модели зондируемого объекта на основе наблюдений за его реакциями на действие различных моделей аппаратной функции.

Основная часть. Пусть воздействие на объект описываются детерминированными функциями времени. Предположим, что решение задачи идентификации определяется в классе стационарных линейных систем.

В общем случае выходной сигнал рефлектометра $y(t)$ можно представить в виде функционального ряда:

$$y(t) = \sum_{i=1}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \dots \int_{-\infty}^{\infty} h_i(\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_i) \prod_{r=1}^i x(t - \tau_r) d\tau_r \quad (1)$$

где $x(t)$ – входной (зондирующий) сигнал рефлектометра;

$h_i(\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_i)$ – импульсная характеристика i -го порядка исследуемого биологического объекта; $d\tau_r = d\tau_1, \dots, d\tau_i$;

$$\int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \dots \int_{-\infty}^{\infty} = \int_{E^i} \quad - i - \text{кратный интеграл от } -\infty \text{ до } \infty.$$

Линейные свойства системы могут быть охарактеризованы выражением:

$$\nu_1[x(t)] = \int_{E^1} h_1(\tau) x(t - \tau) d\tau \quad (2)$$

В качестве входного сигнала выберем δ -функцию и ступенчатое воздействие амплитуды A . В первом случае имеем:

$$\int_{E^1} h_1(\tau) \delta(t - \tau) d\tau = h_1(t) \quad (3)$$

а во втором –

$$\int_{E^1} h_1(\tau) A \cdot 1(t - \tau) d\tau = A \int_0^t h_1(\tau) d\tau = g(t) \quad (4)$$

Дифференцируя по верхнему пределу, получим:

$$h(t) = \frac{1}{A} \frac{dg(t)}{dt} \quad (5)$$

Пусть теперь задан однородный регулярный оператор второй степени:

$$\nu_2[x(t)] = \int_{E^2} h_2(\tau_1, \tau_2) x(t - \tau_1) x(t - \tau_2) d\tau_1 d\tau_2 \quad (6)$$

Поскольку ядро $h_2(\tau_1, \tau_2)$ симметрично, то из определения однородной функции второй степени следует, что для этого оператора справедливо тождество [3]:

$$2\nu_2[x_1(t), x_2(t)] \equiv \nu_2[x_1(t) + x_2(t)] - \nu_2[x_1(t)] - \nu_2[x_2(t)], \quad (7)$$

где $\nu_2[x_1(t), x_2(t)]$ – билинейный, однородный оператор второй степени, т.е.:

$$\nu_2[x_1(t), x_2(t)] = \int_{E^2} h_2(\tau_1, \tau_2) \cdot x_1(t - \tau_1) \cdot x_2(t - \tau_2) d\tau_1 d\tau_2 \quad (8)$$

Система $\nu_2[x_1(t), x_2(t)]$ получена из системы $\nu_2[x(t)]$ с помощью структурной схемы, приведенной на рис. 1.

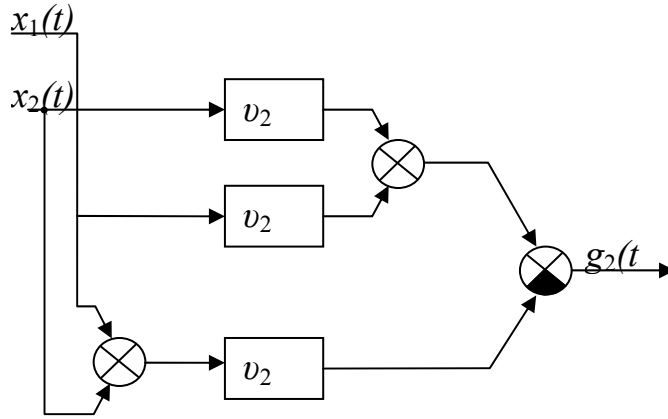


Рис. 1. Структурная схема получения ядер второй степени.

Пусть $x_1(t)$ и $x_2(t)$ это δ -функции: $\delta(t-T_1)$ и $\delta(t-T_2)$. Тогда из (7) и (8) получим:

$$2v_2[\delta(t-T_1)\delta(t-T_2)] = 2 \int_{E^2} h_2(\tau_1, \tau_2) \cdot \delta(t-T_1-\tau_1) \times \\ \times \delta(t-T_2-\tau_2) d\tau_1 d\tau_2 = 2h_2(t-T_1, t-T_2). \quad (9)$$

Обозначим $\tau_1 = t-T_1$, $\tau_2 = t-T_2$.

Положим наименьшее из чисел T_1 и T_2 равным нулю. Пусть это будет T_1 . Тогда имеем $\tau_1 = t$, $\tau_2 = t-T_2$. Это – параметрическое уравнение прямой, проходящей под углом 45° в плоскости с координатами τ_1 , τ_2 и сдвинутой по оси τ_2 на $-T_2$ (рис. 2).

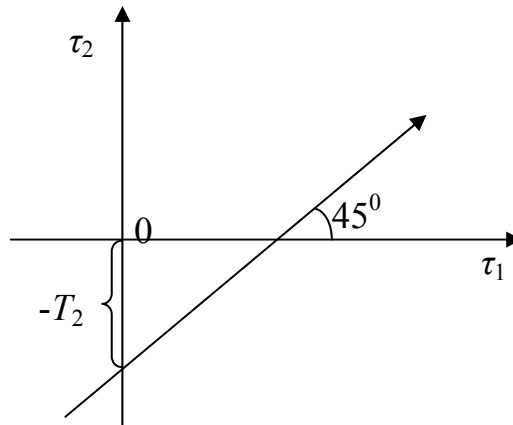


Рис. 2. График процесса измерений ядер.

Ядро h_2 будет измеряться на этой прямой. Вследствие условия причинности ядро будет отлично от нуля только в первом квадранте плоскости τ_1 , τ_2 . Меняя время между моментами подачи импульсов T_1 и T_2 , можно измерить ядро $h_2(\tau_1, \tau_2)$ на требуемом участке первого квадранта плоскости.

Подадим теперь на вход системы, структурная схема которой приведена на рис. 1, ступенчатые воздействия с амплитудой A . Тогда:

$$2\nu_2 [A \cdot 1(t - T_1), A \cdot 1(t - T_2)] = 2A^2 \int_{E^2} h_2(\tau_1, \tau_2) \cdot 1(t - T_1 - \tau_1) \times \\ \times 1(t - T_2 - \tau_2) d\tau_1 d\tau_2 = 2A^2 \int_0^{t-T_1} \int_0^{t-T_2} h_2(\tau_1, \tau_2) d\tau_1 d\tau_2. \quad (10)$$

Рассуждая как и выше, приходим к выводу, что измерения будут проведены по прямой в плоскости с координатами τ_1, τ_2 и проходящей под углом 45° (рис. 2). Здесь, как и при использовании δ -функций, осуществить идентификацию с помощью одного эксперимента невозможно [4]. Повторяя измерения при различных T_1 и T_2 , получим некоторую поверхность $g_2(\tau_1, \tau_2)$ в трехмерном пространстве. Вследствие условия причинности функция $g_2(\tau_1, \tau_2)$ будет отличаться от нуля только в первом квадранте. Для определения $h_2(\tau_1, \tau_2)$ продифференцируем $g_2(\tau_1, \tau_2)$ по τ_1 и τ_2 , получим:

$$h_2(\tau_1, \tau_2) = \frac{1}{2A^2} \frac{\partial^2 g_2(\tau_1, \tau_2)}{\partial \tau_1 \partial \tau_2}. \quad (11)$$

Для получения ядра $h_2(\tau_1, \tau_2)$ будем дифференцировать не вдоль прямой, по которой ведется измерение, а относительно координат τ_1 и τ_2 .

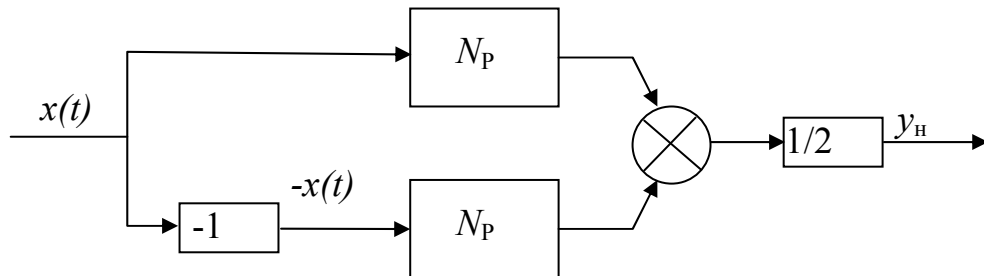
Для этого проведем все измерения в соответствии с формулой (9), а затем полученную функцию двух переменных дифференцируем по одной переменной, а потом результат этого дифференцирования продифференцируем по второй переменной.

Для полиномиальной системы произвольной степени имеем тождества :

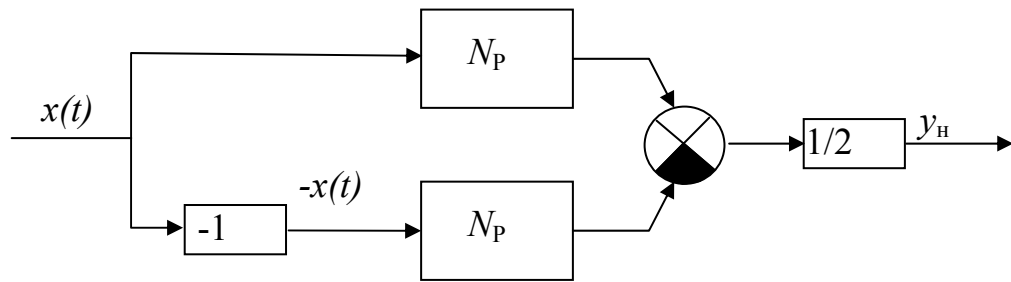
$$(x_1 + \dots + x_p)^n - [(x_1 + \dots + x_{p-1})^n + \dots + \\ + (-1)^{n-1} \cdot (x_1^n + \dots + x_p^n)] = 0. \quad (12)$$

для $n = 1, \dots, p-1$.

Определение ядра порядка $p-1$ проведем вычитая реакцию системы, которая представлена ядром порядка p , из выходного сигнала всей системы. Таким образом, все ядра определяются последовательно, начиная с ядра высшего порядка. Измерение ядер низшего порядка можно упростить, используя схемы, приведенные на рис. 3.



а)



б)

Рис. 3. Схема оптимизации ядер.

Первая схема удаляет из выходной реакции ту ее часть, которая обусловлена ядрами нечетного порядка, а вторая – четными. Это следует из того, что:

$$\begin{aligned} v_{2n}[x(t)] &= v_{2n}[-x(t)] ; \\ v_{2n-1}[x(t)] &= -v_{2n-1}[-x(t)] . \end{aligned}$$

Таким образом, для измерения ядра второго порядка в системе третьего порядка не обязательно сначала определять ядро третьего порядка. Можно, используя схему а) на рис. 3 удалить из выходной реакции составляющие, обусловленные ядрами нечетного порядка, и сразу измерить требуемое ядро.

Выводы. В результате проведенных исследований аналитическим путем установлена связь аппаратной функции рефлектометра с выходным сигналом и импульсными характеристиками исследуемого объекта. Разработана методика получения ядер Вольтера при различных моделях аппаратной функции рефлектометра: δ - импульса и ступенчатой функции для систем описываемых однородным регулярным оператором и многомерных неоднородных систем. К классу последних относятся, как правило все исследуемые биологические объекты.

Литература

1. Бедросян. Свойства выходного сигнала систем, описываемых рядами Вольтерра (нелинейных систем с памятью), при подаче на вход гармонических колебаний и гауссова шума / Бедросян, Райс. // ТИИРЭ. – 1971. – Т. 59, № 12. – С. 58 – 81.
2. Nicolson A.M. Broadband microwave transmissions characteristics from a single measurement of the transient response / A.M. Nicolson // IEEE. – 1968. – V. 1, – № 4. – P. 377 – 382.
3. Кабанов Д.А. Функциональные устройства с распределенными параметрами / Д.А. Кабанов. – М.: Сов радио, 1979. – 336 с.
4. Федюшко Ю.М. Аналітичне дослідження імпульсної рефлектометрії / Ю.М. Федюшко // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2008. – Вип. 8, Т.6. – С. 81 – 87.

ДОСЛІДЖЕННЯ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ЗОНДОВАНОГО ОБ'ЄКТУ НА ОСНОВІ РЕАКЦІЇ АПАРАТНОЇ ФУНКЦІЇ

Федюшко Ю. М., Мунтян В.О.

Анотація - Теоретично досліджена математична модель зондованого об'єкту для розрахунку імпульсних рефлектметричних систем за допомогою функціонального методу на основі рядів Вольтерра.

Ключові слова - математична модель, ряди Вольтерра, функціональний метод, біологічний об'єкт.

RESEARCH OF MATHEMATICAL MODEL SOUNDED OBJECT ON BASIS OF REACTION OF VEHICLE FUNCTION

Y. Fediushko, V. Muntjan

Summary

□ In theory the mathematical model of engineering method of calculation of the impulsive reflektometric systems is probed by a functional method on the basis of rows of Volterra.

УДК

РЕГЕНЕРАЦІЯ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ОЛИВ З МЕТОЮ ЇХ ПОВТОРНОГО ВИКОРИСТАННЯ

Мітков Б.В., доц.

Михайлов О.В. студент 21 МБ-МГ групи

Таврійський державний агротехнологічний університет

(72312 Запорізька обл. м. Мелітополь, пр. Б. Хмельницького, 18

факс (0619) 42-24-11, тел. 42-06-18, E-mail: office@tsaa.org.ua)

Аннотація

Ключевые слова

Постановка проблеми. В наслідок господарської діяльності сучасної цивілізації в світі щорічно накопичуються чималі об'єми відпрацьованих нафтопродуктів. Якщо виходити з технічно обгрунтованого нормативу утворення відпрацьованих олив - 80% від об'єму вжитку свіжих, то об'єм накопичення відпрацьованих повинен досягати близько 30 млн.т/рік [1]. Реальний збір відпрацьованих олив складає 19 млн.т/рік, близько половини споживаних свіжих олив.

Відпрацьовані нафтові оливи токсичні, мають невисоку ступінь біорозкладності (10-30%). Вони здатні накопичуватися в природному довіллі і рано чи пізно можуть викликати зрушення екологічної рівноваги. Тому, відповідними рішеннями світової спільноти, відпрацьовані нафтопродукти віднесені до категорії небезпечних відходів. Згідно з прийнятими рішеннями вони підлягають обов'язковому збору і утилізації, а в окремих випадках і знищенню. Найбільш ефективним способом утилізації є регенерація - вторинна

переробка відпрацьованих олив з метою повного відновлення їх первинних властивостей.

Збір і вторинна переробка відпрацьованих нафтопродуктів здійснюється практично в усіх розвинених країнах світу: по-перше, внаслідок екологічної необхідності, захисту природного довкілля від забруднення особливо небезпечними відходами; по-друге, із-за надзвичайної економічної доцільності і привабливості цього виду діяльності. Відсутність в країні такої діяльності свідчить про повну зневагу владних структур, що діють, до вирішення головних, насущних проблем держави: захисту природного довкілля, охороні здоров'я своїх громадян і ресурсозбереженню.

Актуальність даного питання полягає ще і в тому, що забезпеченість України своєю нафтою складає 8%, а відомо, що 90% паливно-мастильних матеріалів отримують з нафти. Відомо [2], що з 1 тонни нафти отримують 250 кг оливи, а з 1 тонни відпрацьованого олива отримують 700 – 850 кг регенерованого продукту. Забезпечення нафтопродуктами сільськогосподарських підприємств України - важливий елемент в процесі використання машинно-тракторного парку.

Сучасне сільське господарство України енергонасичене. Лише одне рослинництво споживає 80% паливно-енергетичних ресурсів, а це, в основному, нафтопродукти. Ефективна система збору відпрацьованих нафтопродуктів, яка існувала в умовах СРСР, на цей час повністю знищена, а нової не створено. Сьогодні утилізація відпрацьованих олив в Україні відбувається децентралізовано, а система їх збору не організована і носить стихійний характер, цьому багато в чому сприяє відсутність екологічного контролю. Технічно обґрунтований норматив утворення відпрацьованих олив складає 70-80% від об'єму використання свіжих олив. У реальному житті цей норматив, який доводиться до споживачів свіжих олив, нижчий за технічно обґрунтований норматив утворення відпрацьованих олив. Так, наприклад, в країнах ЄС він встановлюється в межах 50-60% [5]. У колишньому СРСР він був встановлений в межах 30-40%. Останній раз нормативи, збору відпрацьованих олив були встановлені в Україні в 1992 році і складали 30-40% від об'єму використання свіжих змащувальних олив.

Виходячи з чинного екологічного законодавства, сьогоднішній стан проблеми з відпрацьованими нафтопродуктами в Україні можна охарактеризувати як катастрофічний. Тому необхідно створити нову, ефективно працюючу в умовах ринку, систему раціонального збору відпрацьованих нафтопродуктів, як небезпечних відходів. Цього від виконавчої влади прямо вимагає законодавство України, [3] згідно з яким відпрацьовані нафтопродукти, перш за все, це небезпечні відходи, а потім вже - вторинний ресурс.

Фактично в Україні контроль за відпрацьованими нафтопродуктами останніми роками ніким не здійснювався. Це привело до того, що великою частиною відпрацьованих нафтопродуктів сьогодні забруднюється природне довкілля, або вони використовуються як лівий товар тіньового сектору економіки. Адже саме відпрацьовані нафтопродукти вносять найбільший вклад до глобального забруднення планети і, перш за все, її водних ресурсів. Необхідно відзначити, що всього лише один літр відпрацьованого олива здатний

забруднити близько 7 мільйонів літрів ґрунтових вод [4]. Їх злив в ґрунт і водоймища перевищує за об'ємом аварійні виливи і втрати нафти при її видобутку, транспортуванні і переробці. У зв'язку з цим велике значення має повне або часткове відновлення якості відпрацьованих олив. Україна щорічно використовує 3,0 млн.т/рік свіжих змащувальних олив [1]. В умовах відсутності контролю, офіційно збирає біля 50 тис.т/рік відпрацьованих нафтопродуктів (аналіз статистичної звітності № 4 МТП) [2], що складає близько 4% від об'єму вжитку свіжих олив. Слід нагадати, що в кінці 80-х років Україна споживала близько 1 млн.т/рік свіжих змащувальних олив. При цьому реально збиралося близько 380 тис.т/рік відпрацьованих нафтопродуктів, що складало приблизно 36% від об'єму використання свіжих олив.

Суть вирішення даної проблеми полягає в створенні в країні галузі по утилізації відпрацьованих нафтопродуктів. Вирішення її є поетапним. Спочатку необхідно розробити і затвердити відповідне положення, регламентуюче норматив збору відпрацьованих нафтопродуктів з урахуванням ринкової економіки. Потім провести достовірний первинний облік і інвентаризацію відпрацьованих нафтопродуктів. На базі достовірного обліку виникне нова, ефективно працююча в умовах ринкової економіки, система раціонального збору відпрацьованих нафтопродуктів. Головний аргумент тут чисто економічний. Регенерація може здійснюватися як на окремих невеликих заводах, створених у регіонах та областях, так і на НПЗ.

Сьогодні існують технології, що дозволяють виробляти кондиційні оливи з відпрацьованих, які за якістю ідентичні свіжим, виробленим з сирової нафти. При цьому собівартість виробництва таких олив в два рази нижча, ніж собівартість виробництва свіжих олив з сирової нафти [1]. Відновлення первинних властивостей, здійснюється, як правило, шляхом складної багатостадійної переробки.

Для вибору технології регенерації відпрацьованих олив необхідно знати види і величину забруднень відпрацьованих олив. Проведений інформаційний аналіз дозволив встановити, що в процесі експлуатації олив в них накопичуються продукти окислення, компоненти палив, механічні забруднення, вода і інші домішки, що знижують якість олив. Залежно від технології регенерації відпрацьованих олив середній вихід регенованого, що містить близько 2-4 % твердих домішок і воду, до 10 % палива, складає 70-85 % [6].

При регенерації відпрацьованих олив застосовуються різноманітні технологічні способи і методи, засновані на фізичних, фізико-хімічних і хімічних процесах і полягають в обробці олива з метою видалення з нього продуктів старіння і різних забруднень. У технологічних процесах дотримується наступна послідовність методів: механічний, для видалення з олива вільної води і твердих забруднень; теплофізичний (випаровування, вакуумна перегонка); фізико-хімічний (коагуляція, адсорбація). Якщо їх недостатньо, використовуються хімічні способи регенерації олив, зв'язані із застосуванням складнішого обладнання. При цьому застосовуються всілякі апарати і різні установки, дія яких заснована, як правило, на використанні поєднання методів (фізичних, фізико-хімічних і хімічних) [6,7,8]. Це дає можливість регенерувати відпрацьовані оливи різних марок з неоднаковим ступенем їх забруднення.

Однією з проблем, що різко знижує економічну ефективність утилізації відпрацьованих моторних оливо, є великі витрати, пов'язані з їх збором, зберіганням і транспортуванням до місця переробки. Організація міні-комплексів по регенерації оливо для задоволення потреб невеликих територій (області, району або ряду населених пунктів) дозволить знизити транспортні витрати на їх доставку, а отримання моторних оливо за якості, наближає такі міні-комплекси до їх виробництва з нафти.

Нами обґрунтована і запропонована технологічна лінія регенерації відпрацьованих оливо, схема якої представлена на (рис.1)

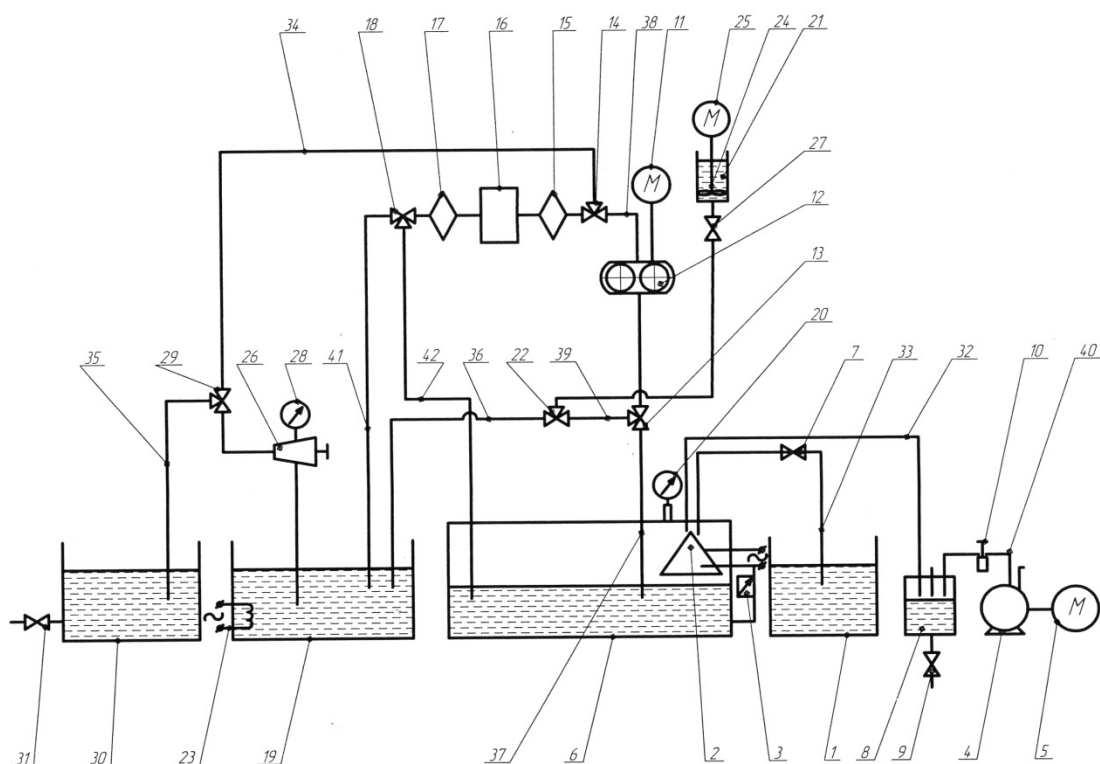


Рис.1 Технологічна схема регенерації відпрацьованих оливо.

- | | |
|--|-------------------------------|
| 1. Бак для збирання оливи | 18. Трьохходовий кран |
| 2. Випарювач плівковий оливи | 19. Бак для змішування оливи |
| 3. Датчик температури випарювача | 20. Вакууметр |
| 4. Вакуумний насос | 21. Бачок для присадок |
| 5. Електродвигун 4AC90L | 22. Трьохходовий кран |
| 6. Бак для очистки оливи | 23. Електронагрівач |
| 7. Кран | 24. Мішалка |
| 8. Збірник конденсата паливних фракцій | 25. Електродвигун 4AC80Б |
| 9. Кран | 26. Диспергатор |
| 10. Регулятор вакууму | 27. Кран |
| 11. Електродвигун 4AC112M | 28. Манометр |
| 12. Масляний насос | 29. Трьохходовий кран |
| 13,14. Трьохходовий кран | 30. Бак для регенованої оливи |

15. Фільтр грубої очистки
16. Реактивна центрифуга
17. Адсорбер

31. Кран
32,33. Вакуумпровід
34-42. Маслопровід

Принцип дії лінії регенерації олива наступний. Відроблена олива заливається (завантажується) в бак (1). Вмикається нагрів випарювальний елемент (2). Контроль температури на поверхні випарювача здійснюється датчиком (3). Після підігріву випарювача до робочої температури 250...300 °С до роботи підключається вакуумний насос (4), привід насосу здійснюється за допомогою електродвигуна (5), вакуумний насос створює розрідження в баці (6). Олива надходить з бака (1) по трубопроводу (33) через кран (7) на випарювач, розтікається по його поверхні тонкою плівкою. Легкі паливні фракції закипають і відсмоктуються вакуумним насосом (8) до конденсатозбірника по вакуумопроводу (32), де частково осідає, а частково видаляється насосом у атмосферу.

Далі починається друга стадія очистки олива. Ставлять крани (13) і (14) в положення «один». Після чого вмикається насос (12), який бере привід від електродвигуна через клиноремінну передачу. Олива всасується з бака (6) по оливопроводу (37), проходить через кран (13). Далі насос подає оливу по трубопроводу (38) під тиском на фільтр грубої очистки (15), потім на реактивну центрифугу (16), де відділяються механічні домішки, далі олива надходить до адсорбера (17) де відділяється вода. Після адсорбера, олива проходить через кран (18), який встановлено в положення «прохід», а далі по трубопроводу (42) в бак (6). Олива здійснює рух по цьому колу декілька разів (до повного очищення). Після цього кран (18) ставимо в положення «видача» і олива надходить до баку (19) по оливопроводу (41). Починається стадія відновлення олива.

Бачок (21) заповнюємо розчином присадок, де він змішується змішувачем (24), який бере привід від електродвигуна (25). Кран (22) ставимо в положення «видача», крани (13) і (14) переводимо в положення «два», а кран (29) в положення «болтогенізація». Вмикаємо електронагрівач (23), і нагріваємо оливу до температури 70...80°С. Після чого вмикаємо насос (12) і штурвальчиком диспергатора (26) регулюємо робочий тиск ± 20 мПа. Після, відкриваємо кран (27). Розчин присадок по оливопроводу (43) і (39) через кран (22) і (13) надходить із бака (19) по оливопроводу (36), яке через кран (14) по оливопроводу (34) подається в диспергатор (26). Де присадки рівномірно розподіляються по оливу. Після змішування кран (27) закриваємо, а кран (29) переводимо в положення «видача». Олива перекачується в бак (30) по оливопроводу (35).

З урахуванням того, що сільськогосподарські підприємства Приморського району Запорізької області за рік використовують близько 170 т олива, то при нормативному зборі в розмірі 35% (що відповідає існуючим нормам ЄС) необхідно регенерувати 68 т відпрацьованих олив.

Продуктивність запропонованої технологічної лінії складає 35 кг/год. Отже за рік можна отримати 71 тону регенерованої оливи. Запропонована технологічна лінія може бути встановлена як в ремонтних майстернях сільськогосподарських підприємств, так і в районних нафтобазах.

Література

1. Юзефович В.И. Организация сбора отработанных смазочных материалов в странах ЕС и России. Юзефович В.И., Школьников В.М., Петросова М.Р. // Материалы международной научно-практической конференции «Новые технологии в переработке и утилизации отработанных масел и смазочных материалов». Москва, 2003. 33-34с.
2. Школьников В.М. Рынок отработанных смазочных материалов в России. Школьников В.М., Гордукалов А.А., Юзефович В.И. // Материалы международной научно-практической конференции «Новые технологи в переработке и утилизации отработанных масел и смазочных материалов». Москва, 2003. 14-15с.
3. Кульшенко С.В. Необходимость и проблемы создания в Украине отрасли по вторичной переработке отработанных смазочных масел // Материалы I международной научно-практической конференции «Сотрудничество для решения проблем отходов». Харьков. 2004. 378-381с.
4. Джангиров Д.А. Об организации в Российской Федерации мониторинга загрязнения компонентов окружающей среды отработанными маслами и смазочными материалами в свете Стокгольмской конвенции // Материалы международной научно-практической конференции «Новые технологи в переработке и утилизации отработанных масел и смазочных материалов». Москва, 2003. 21-23с.
5. Шашкин П.И. Регенерация отработанных нефтяных масел // Шашкин П.И., Брай И.В. М., «Химия», 1970. 304с.
6. Способы очистки отработанного смазочного масла. 135. Пат. 6179999 США, МПК С 10 М 75/
7. Англ. Метод удаления загрязнений из отработанного масла. 136. Пат. 2004584 Россия, МКИ С 10 М175/02 Мухортов И.В. 50442454/04; Заявл. 26.5.92.; Оpubл. 15.12.93, Бюл. 45-46.
8. Писарева С.И. Способ очистки использованных масел / Писарева С.И., Каменчук я.А., Андреева Л.Н., Унтер Ф.Г. // Пат. Ха 2242504, Заявл. От 31.07.2003, опубл. БИ 35, 20.12.2004.

УДК 633.853.55

ВИБІР ПАРАМЕТРІВ ПРИСТРОЮ З КОНІЧНИМ БАРАБАНОМ ДЛЯ ОБЧІСУВАННЯ РИЦИНИ*

Головін С.В., інженер¹
Таврійський державний агротехнологічний університет
Тел. (0619) 42-14-38

¹ Науковий керівник д.т.н. (РФ) доц. Леженкін О.М.

Анотація – Робота присвячена дослідженню лабораторно-польової установки з конічним барабаном, стосовно застосування методу збирання обчісуванням на корені. В основі дослідження використовується теорія ймовірностей, математична статистика та теорія планування експерименту.

Ключові слова – рицина, зусилля, обчісування, пошукові експерименти, властивості, пристосованість, методика дослідження.

Постановка проблеми. Динамічний розвиток економіки країни передбачає перетворення агропромислового комплексу у високорозвинену галузь, здатну забезпечити населення якісними продуктами харчування. Одне з найважливіших завдань у цьому напрямку - створення стабільної енергетичної бази, розвиток якої стримується відсутністю необхідної кількості насіння олійних культур, а також засобів для їх збирання.

Втрати насіння рицини становлять 10...12%, що обумовлено значними відмінностями їх біологічних і фізико-механічних властивостей від насіння зернових культур. Для рицини характерна більша нерівномірність дозрівання коробочок по висоті кісті, низький їх вміст у загальній масі та схильність деяких сортів до розтріскування і опадання при незначних зовнішніх впливах, а також підвищена вологість стебел і листів рослин під час збирання.

Все це ускладнює роботу молотильно-сепаруючих пристроїв, зернових комбайнів, які використовують для збирання рицини на насіння. У цей час спеціальної збиральної машини для цієї культури немає. У зв'язку з цим представляє особливу актуальність вибір раціонального способу й конструктивно-технологічної схеми, робочих органів і збиральної машини в цілому.

Аналіз публікацій. Вивченню фізико-механічних властивостей сільськогосподарських рослин, в тому числі і рицини, присвячений цілий ряд наукових праць [3, 4, 5]. Розробкою технічних засобів збирання рицини займалися Черепухін В.Д. [1], Рой О.А. [2], Квач В.Г. [3] та інші. Але, дані дослідження присвячені, головним чином, комбайновій технології збирання рицини. Дослідження засобів для роздільного збирання рицини приведені в роботах [4, 5]. Будова робочого органу для очоса рицини приведена в [6].

Постановка завдання. З метою застосування методу обчісування рослин на корені обґрунтувати конструктивно-технологічну схему установки з конічним барабаном, робочі органи та збиральної машини в цілому.

Основний матеріал. Одним з перспективних шляхів вирішення цього завдання - використання для збирання коробочок рицини технології, що базується на обчісуванні рослин на корені. Така технологія дозволяє отримати більш концентрований по вмісту насіння ворох, знизити число проходів агрегату по полю. На збирання насіння практично не впливає збільшення вологості до 30% і вище, тобто до такого рівня, при якому можливе збирання зернозбиральними комбайнами.

В результаті вивчення міцнісних властивостей елементів рослин рицини встановлено, що обчісування коробочок рицини на корені можливий. Зусилля зв'язку рослини із ґрунтом і на розрив стебла, а так само його зв'язок з

коробочками визначали на дослідних ділянках поля дослідної станції ефіроолійних культур м. Запоріжжя. Досліди проводилися з використанням стандартних методик і відповідних ГОСТів із десятикратною повторністю, зусилля вимірювалися за допомогою спеціально виготовлених і протарированих динамометрів.

Результати аналізу отриманих результатів свідчать про те, що найменшу міцність має зв'язок зелених коробочок з рослиною – $0,27...1,9\text{Н}$, при цьому зусилля відриву стиглих коробочок від плодоніжки становить $0,14...2,1\text{Н}$. Зусилля на розрив стебла $80...150\text{ Н}$, зв'язку стебла із ґрунтом — $200...280\text{Н}$, що підтверджує можливість застосування методу обчисування коробочок рицини на корені при збиранні на насіння.

Для дослідження процесу обчисування, визначення раціональних конструктивних і режимних параметрів обчисуючого пристрою, виявлення характеру зміни якісних показників роботи з урахуванням взаємного впливу параметрів виготовлена експериментальна лабораторно-польова установка з кінцевим барабаном, схема якого представлена на рисунку 1.

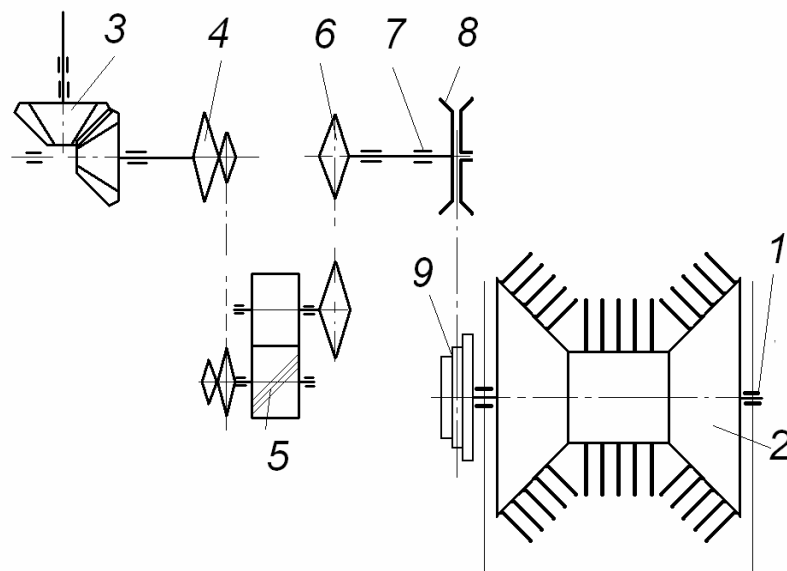


Рис. 1 – Схема експериментальної установки: 1- рама; 2 – обчисуючий барабан; 3 – конічний редуктор (передаточне відношення 1:1); 4 – ланцюгова передача; 5 – циліндричний одноступеневий редуктор (передаточне відношення 1:1); 6 – ланцюгова передача; 7 – опора підшипникова проміжна; 8 – варіатор механічний; 9 – пасова передача.

Пристрій містить раму 1, на валу встановлений обчисуючий барабан 2 з можливістю обертання в підшипникових вузлах. На валу на шпонках встановлена циліндрова частина обчисуючого барабану. На ній жорстко встановлені два конуси. У конусах і на барабані виконані скрізні отвори, в яких змонтовані секції робочих елементів. Кожна секція робочих елементів містить 6 елементів, виконаних у вигляді прямолінійних пальців. Довжина пальців однакова по всій довжині. У кожній окремій секції пальці закріплені жорстко, що забезпечує постійний як по величині, так і формою зазор між ними.

Пристрій забезпечений також кожухом, який в той же час виконує і роль бункера-накопичувача з можливістю вивантаження зібраного вороху через люк, який закривається щільно заслінкою.

Робочий процес установки реалізується в такий спосіб. Обчісуючий барабан впроваджується в стеблестій, прочісує рослини уздовж стебел і відокремлює коробочки. Отриманий ворох, відбиваючись від захисного кожуха, попадає в бункер [6].

Раціональні конструктивні й кінематичні параметри обчісуючого пристрою встановлені з використанням методики планування багатофакторних експериментів. Обробка експериментальних даних виконана на комп'ютері по програмі множинного регресійного аналізу.

В якості функцій відгуку обрані втрати коробочок рицини Y_1 на поверхні поля та фракційний склад обчісаного вороху Y_2 . Показники розраховували у відсотках від урожайності рицини (на дослідній ділянці вона становила 1837 кг/га – для сорту Донська крупнокістна).

Встановлено, що на якість обчісування найбільший вплив здійснюють частота обертання обчісуючого барабану (n , хв⁻¹), висота занурення барабану в стеблестій (H , м) і швидкість руху агрегату по полю (V , м/с) [1, 2, 3].

Фактори й інтервали їх варіювання, обрані з урахуванням результатів, отриманих у ході пошукових випробувань, наведені в таблиці 1.

У загальному вигляді математична модель збирання рицини з використанням конічного барабану може бути представлена у вигляді:

$$Y = b_0 + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + b_3 \cdot x_3 + b_{12} \cdot x_1 \cdot x_2 + b_{13} \cdot x_1 \cdot x_3 + b_{23} \cdot x_2 \cdot x_3 + b_{11} \cdot x_1^2 + b_{22} \cdot x_2^2 + b_{33} \cdot x_3^2, \quad (1)$$

де x_1 - частота обертання очошуючого барабана, n , хв⁻¹;

x_2 - глибина занурення барабану в масу, H , м;

x_3 - швидкість руху очошуючого агрегату, V , м/с.

Планування експерименту виконувалося на трьох рівнях (табл. 1).

Для проведення експерименту була складена матриця планування експерименту, у якій нижній рівень позначений знаком (-), верхній - знаком (+), основний рівень - (0).

Таблиця 1 - Фактори й інтервали їх варіювання

| | n , хв. ⁻¹ | H , м | V , м/с | Y_1 | Y_2 |
|---------------------|-------------------------|---------|-----------|-------|-------|
| Основний рівень | 380 | 0,96 | 1,83 | | |
| Верхній рівень | 420 | 1,1 | 2,87 | | |
| Нижній рівень | 340 | 0,82 | 0,8 | | |
| Інтервал варіювання | 40 | 0,14 | 1,04 | | |
| Досліди: | | | | | |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 8,7 | 44,1 |
| 2 | 1 | -1 | 0 | 8,3 | 48,3 |
| 3 | -1 | 1 | 0 | 8 | 56,5 |
| 4 | -1 | -1 | 0 | 7,4 | 50,5 |
| 5 | 0 | 0 | 0 | 7,2 | 58,6 |

| | | | | | |
|----|----|----|----|-----|------|
| 6 | 1 | 0 | 1 | 7,9 | 51,3 |
| 7 | 1 | 0 | -1 | 8,6 | 43,2 |
| 8 | -1 | 0 | 1 | 7,4 | 50,6 |
| 9 | -1 | 0 | -1 | 8,6 | 52,4 |
| 10 | 0 | 0 | 0 | 6,9 | 59,3 |
| 11 | 0 | 1 | 1 | 8,8 | 51,6 |
| 12 | 0 | 1 | -1 | 8,4 | 42,2 |
| 13 | 0 | -1 | 1 | 8,1 | 55,1 |
| 14 | 0 | -1 | -1 | 8 | 54,3 |
| 15 | 0 | 0 | 0 | 7,3 | 56,2 |

Досліди проводилися в п'ятикратній повторності. Для виключення неоднорідностей дискретного й безперервного типів, досліди рандомізувалися. Рандомізація проведення дослідів забезпечує рівномірне внесення елемента випадковості впливу некерованих і неконтрольованих факторів на відгук. При рандомізації були використані таблиці випадкових чисел.

Критерій Стюдента визначається за таблицею, в залежності від рівня значимості і числа ступенів свободи. При числі ступенів рівному 23 і 5% рівні значимості $t = 2,086$. Численні значення коефіцієнтів регресії виявилися більше їх довірчих інтервалів, з цього слід висновок, що всі коефіцієнти регресії значимі.

В результаті обробки експериментальних даних отримані наступні регресійні рівняння залежності втрат коробочок рицини Y_1 і фракційного складу обчисаного вороху Y_2 від досліджуваних факторів n , H і V :

$$Y_1 = 7,13333 + 0,2625 \cdot x_1 + 0,2625 \cdot x_2 - 0,175 \cdot x_3 - 0,005 \cdot x_1 \cdot x_2 + 0,125 \cdot x_1 \cdot x_3 + 0,075 \cdot x_2 \cdot x_3 + 0,383333 \cdot x_1^2 + 0,583333 \cdot x_2^2 + 0,6083333 \cdot x_3^2; \quad (2)$$

$$Y_2 = 58,03333 - 2,8875 \cdot x_1 - 1,725 \cdot x_2 + 2,0625 \cdot x_3 - 2,55 \cdot x_1 \cdot x_2 + 2,475 \cdot x_1 \cdot x_3 + 2,15 \cdot x_2 \cdot x_3 - 4,80417 \cdot x_1^2 - 3,37917 \cdot x_2^2 - 3,85417 \cdot x_3^2. \quad (3)$$

Адекватність отриманої моделі перевіряємо за F-критерієм. Для розрахунку дисперсії адекватності $S_{ад}^2$ знаходимо суму квадратів відхилень розрахованих значень \hat{Y} від експериментальних у всіх точках плану. Таким чином: для втрат коробочок рицини $S_{ад}^2 = 0,04333$; $F_p = 7,378$, а для фракційного складу $S_{ад}^2 = 2,643333$; $F_p = 6,2653$

В нашому випадку $F_T = 19,2$. Отже $F_T > F_p$ - моделі адекватні при 5% рівні значимості. Результати розрахунків коефіцієнтів регресії та статистичний аналіз рівнянь регресії приведені в таблиці 2.

Таблиця 2 - Параметри математичної моделі втрат насіння рицини та фракційного складу при обчисуванні на корені при роботі з конічним барабаном

| № | Найменування параметрів моделі | Розрахункові значення | |
|---|--------------------------------|-------------------------|------------------|
| | | Втрати коробочок рицини | Фракційний склад |

| | | | |
|---|--------------------------------------|---|--|
| 1 | Коефіцієнти регресії | $b_0 = 7.1333; b_1 = 0.2625;$ $b_2 = 0.2625; b_3 = -0.175;$ $b_{12} = 0.005; b_{13} = 0.125;$ $b_{23} = 0.075; b_{11} = 0.383333;$ $b_{22} = 583333; b_{33} = 0.683333$ | $b_0 = 58.0333; b_1 = -2.8875;$ $b_2 = -1.725; b_3 = 2.0625;$ $b_{12} = -2.55; b_{13} = 2.475;$ $b_{23} = 2.15; b_{11} = -4.80417;$ $b_{22} = -3.379; b_{33} = -3.854$ |
| 2 | Дисперсія відтворюваності | $S^2\{y\} = 0,027778$ | $S^2\{y\} = 5,286667$ |
| 3 | Дисперсія адекватності | $S^2_{ад} = 0.04333$ | $S^2_{ад} = 2.643333$ |
| 4 | Розраховане значення критерію Фішера | $F_p = 7.378$ | $F_p = 6.2653$ |
| 5 | Табличне значення критерію Фішера | $F_T = 19.2$ модель адекватна | $F_T = 19.2$ модель адекватна |

Після підстановки значень і розкодування рівнянь були отримані наступні вирази:

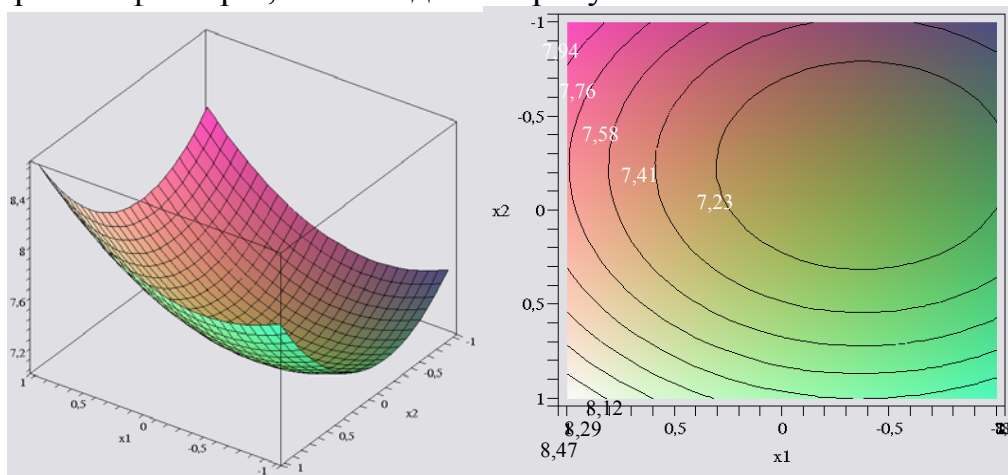
- для втрат коробочок рицини:

$$\Theta = 69.78 - 0,179 \cdot n - 55.87 \cdot H - 3.862 \cdot V - 0.0009nH + 0.003nV + 0.514 \cdot H \cdot V + 0.00024 \cdot n^2 + 29.75 \cdot H^2 + 0.56 \cdot V^2$$

- для фракційного складу обчисаного вороху:

$$\Delta = -609,85 + 2,53 \cdot n + 464,37 \cdot H - 21,71 \cdot V - 0.455nH + 0.06 \cdot n \cdot V + 14,73 \cdot H \cdot V - 0.003 \cdot n^2 - 172.34 \cdot H^2 - 3.55 \cdot V^2$$

За результатами досліджень були побудовані поверхні відгуку для взаємодії різних факторів, які наведені на рисунках 2 та 3.



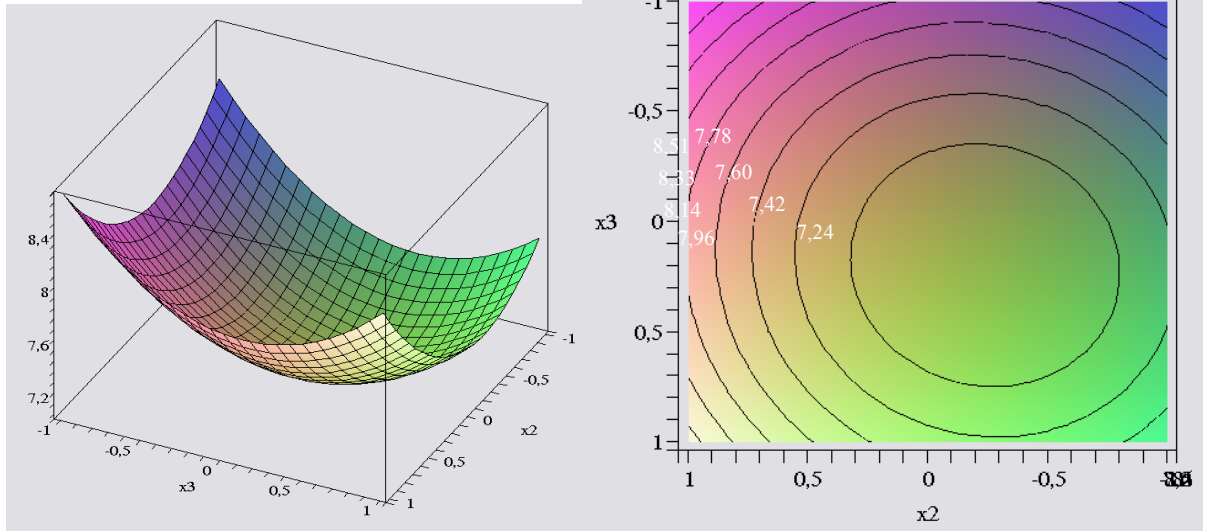
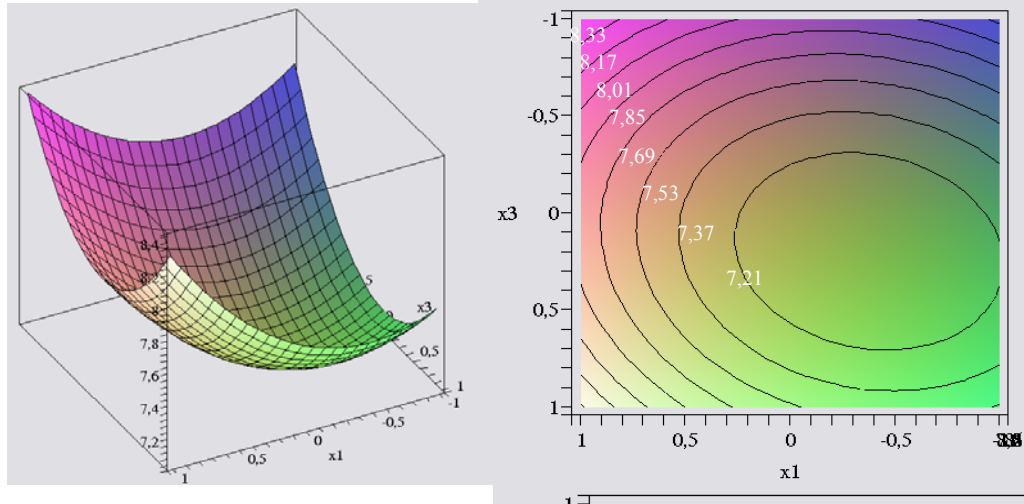
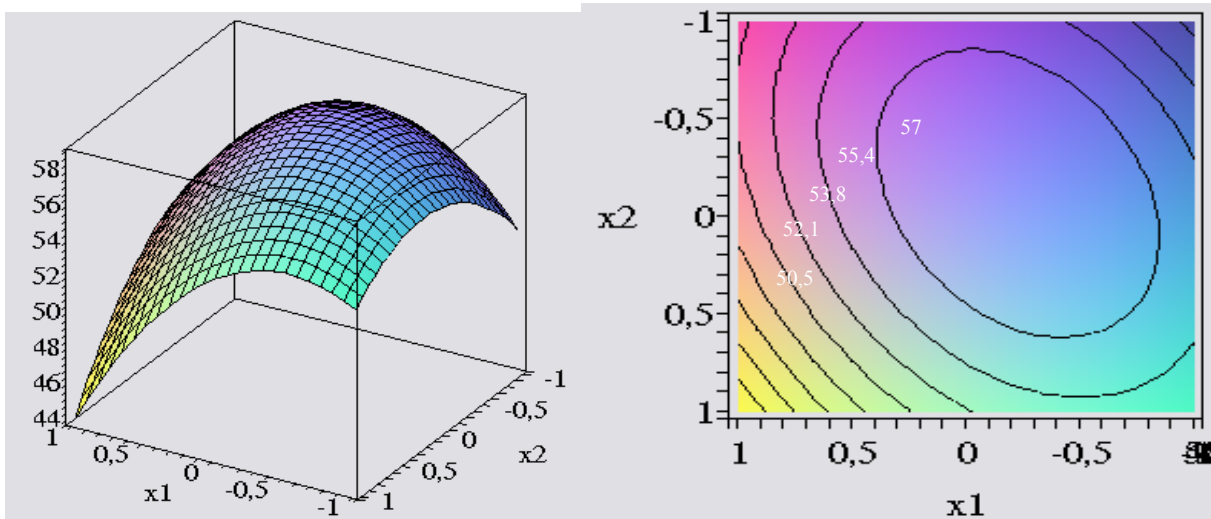


Рис. 2 – Поверхні відгуку для втрат насіння.



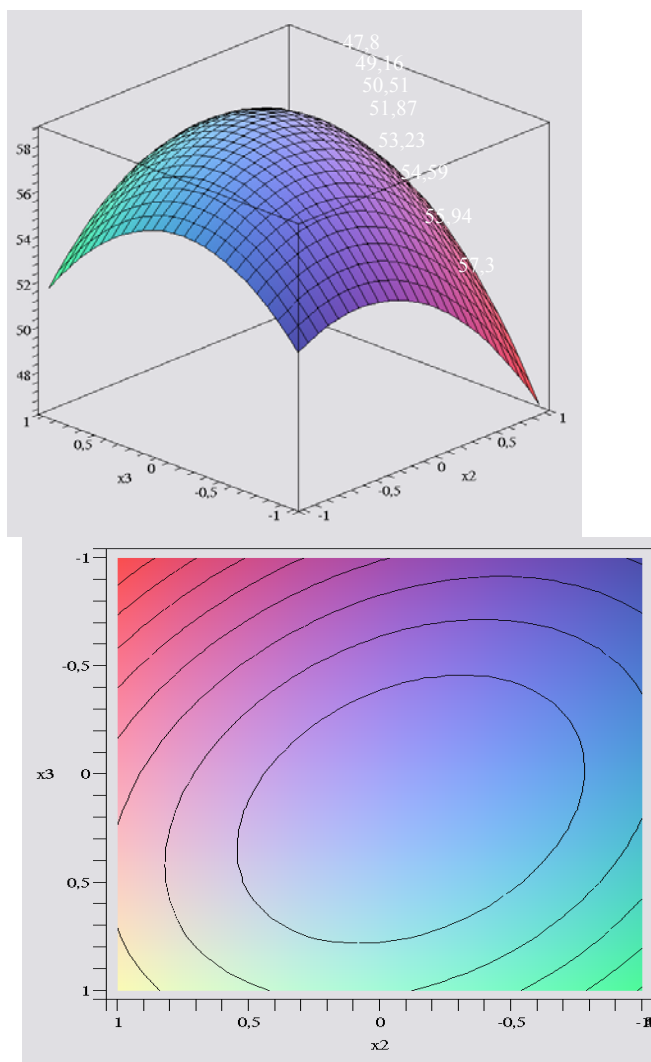
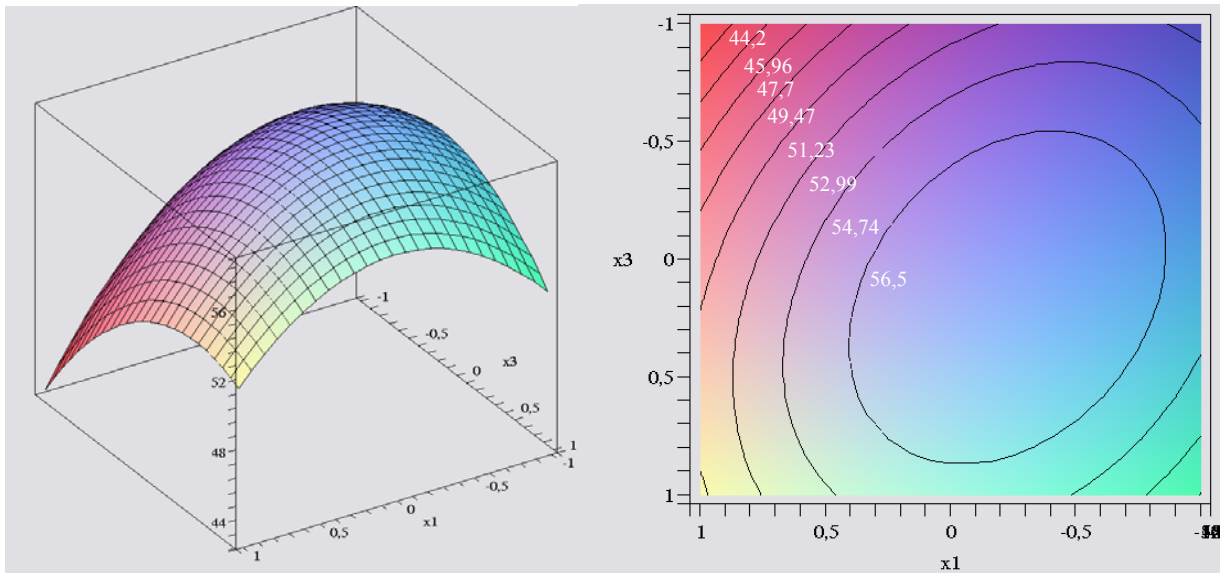


Рис. 3 - Поверхні відгуку для фракційного складу

Рівняння (2) і (3) послужили основою для пошуку раціональних режимів збирання за допомогою математичного пакета програм Математика. Встановлено, що раціональні значення $n = 365...371$ хв⁻¹; $H = 0,93...0,94$ м; $V = 2,04...1,99$ м/с.

При цьому втрати коробочок рицини становлять 8,7%, фракційний склад –

коробочки і вільне зерно з третинками становить 55%, рослинна маса – 41%, а домішки – 4%.

Висновок. 1. За результатами проведених досліджень виявлено, що збирання коробочок рицини методом обчисування можна проводити з вологістю рослинної маси до 35...40 % і вище.

2. Встановлено, що втрати коробочок при використанні конічного обчисуючого барабану дорівнюють 807%.

3. Виявлено, що обчесаний ворох рицини складається з коробочок і вільного зерна – 55%, рослинної маси - 41%, домішків – 4%.

4. У результаті проведених досліджень встановлені раціональні значення параметрів та режимів роботи конічного барабану, а саме $n = 365...371 \text{ хв}^{-1}$; $H = 0,93...0,94 \text{ м}$; $V = 2,04...1,99 \text{ м/с}$.

5. Найбільш раціонально використовувати конічний барабан при збиранні сортів рицини, які мають бокові кісті (наприклад, сорт Хортицька-3), для сортів рицини, що мають одну центральну кість найбільш доцільно використовувати циліндричний барабан з пружними елементами.

Література

1. *Черепухин В.Д.* Физико-механические свойства вороха клещевины в связи с механизацией его очистки / В.Д. Черепухин // Науч.-техн. бюл. ВНИИ масл. культур. - 1974. - №3. – С. 60-65.
2. *Рой А.А.* Исследование технологического процесса обмолота клещевины / Рой Александр Андреевич: автореф. дис...д.техн. наук. - Волгоград, 1969. – 57 с.
3. *Квач В.Г.* Двухфазная уборка клещевины / В.Г.Квач, В.Д. Черепухин, В.В. Сайченко // Техника в сельском хозяйстве. - 1979. - №10. – С.16-18.
4. *Головін С.В.* Розробка конструкції машини для збирання рицини методом очисування на корені / С.В.Головін. - Праці ТДАТУ. - Мелітополь, 2009. - Вип.9., т. 5. – С.208-213.
5. Результати польових досліджень машини для збирання рицини методом очисування на корені / В.А.Дідур, О.М.Леженкін, С.В.Головін. - Праці ТДАТУ. - Мелітополь, 2010. - Вип.9., т. 6.
6. Пат.37775 Україна МКИ⁷ А01D41/08 А01D45/30 Пристрій для збирання рицини / В.А.Дідур, В.Т.Надикто, О.М.Леженкін, С.В.Головін, ТДАТУ // Промислова власність. – 2008. – Бюл.№23.
7. *Маркова Е.В., Лисенков А.Н.* Планирование эксперимента в условиях неоднородностей / Е.В.Маркова, А.Н.Лисенков. – М.: Наука, 1973. – 220 с.
8. Three Level for the Study of Quantitative Variables. / G.E.P.Box, D.W.Behnken // Home New. – Technometrics, 1960, V.2, №4.
9. *Налимов В.В., Чернова Н.А.* Статистические методы планирования экспериментальных экспериментов / В.В.Налимов, Н.А.Чернова. – М.: Наука, 1965. – 340 с.
10. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю.П.Адлер, Е.В.Маркова, Ю.В.Грановский. – 2-е изд., пере раб. и доп. – М.: Наука, 1976. – 279 с.
11. *Спиридонов А.А.* Планирование эксперимента при исследовании технологических процессов / А.А.Спиридонов. – М.: Машиностроение, 1981. –

60 с.

12. Планирование эксперимента в технике / В.И.Барабашук, Б.П. Креденцер, В.И. Мирошниченко; Под ред. Б.П. Креденцер. – К.: Техніка, 1984. – 200 с.

13. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / С.В.Мельников, В.Р.Алешкин, П.М.Рошин. – Л.: Колос, 1980. – 165 с.

ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ УСТРОЙСТВА С КОНИЧЕСКИМ БАРАБАНОМ ДЛЯ ОЧЕСЫВАНИЯ КЛЕЩЕВИНЫ*

Головин С.В.

Аннотация

Работа посвящена исследованию лабораторно-полевой установки с коническим барабаном, относительно применения метода уборки с обчесыванием растений на корню. В основе исследования используется теория вероятностей, математическая статистика и теория планирования эксперимента.

CHOICE OF PARAMETERS OF THE DEVICE WITH THE CONIC DRUM FOR BREAKAGE CASTOR-BEAN TREES

Golovin S.V.

Summary

Work is devoted research of laboratory-field installation with a conic drum, concerning application of a method of cleaning with breakage plants on a root. At the heart of research the probability theory and the mathematical statistics is used and the theory of planning of experiment.

УДК 631.37

АНАЛІЗ РУХУ ЕНЕРГОЗАСОБІВ ПО ПОСТІЙНІЙ ТЕХНОЛОГІЧНІЙ КОЛІЇ

Кувачов В.П., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел./факс (0619) 42-12-65; e-mail: kuvachoff@mail.ru

Анотація – в роботі проаналізований досвід використання постійної технологічної колії в технологіях вирощування озимої пшениці і просапних культур - кукурудзи на силос і зерно.

Ключові слова – колійна технологія землеробства, постійна технологічна колія, машинно-тракторний агрегат.

Постановка проблеми. Землеробство з використанням постійної технологічної колії (маршрутизована технологія), або, як його називають зарубіжні дослідники, керованим рухом по полях (Controlled Traffic Farming - CTF) - це відокремлення зон руху машинно-тракторних агрегатів (МТА) від зон обробітку рослин.

Як варіант, науковцями [1] пропонується в якості постійної технологічної колії (ПТК) використовувати сліди від рушіїв енергозасобів на полі (рис. 1). При цьому, для практичного науково-обґрунтованого запровадження колійної технології землеробства необхідне вирішення питань формування колії та догляду за нею протягом технологічного циклу вирощування с.-г. культур, дослідження експлуатаційно-технологічних та техніко-економічних показників роботи МТА при русі по слідах технологічної колії та інше.

Постановка завдання. Проаналізуємо досвід використання постійної технологічної колії, який мав місце в технологіях вирощування озимої пшениці і просапних культур - кукурудзи на силос і зерно.

Основна частина. Експериментальними дослідженнями встановлено [2], що при формуванні слідів для технологічної колії агрегатом, керованим по маркерній лінії, відхилення від заданого кроку дорівнювало $12,6 \text{ м} \pm 0,09 \text{ м}$. Характер коливань кроку технологічної колії досить близький до коливань траєкторії маркерного сліду, який носить низькочастотний аперіодичний характер.

В процесі використання технологічної колії важливо зберегти утворений крок, тому що послідувачі операції (наприклад посів) потребують достатньо точного вписування суміжних проходів МТА в задану їх ширину захвату. Але, в процесі виконання багаторазових проходів агрегатів по колії крок її може відхилятися, що встановлено фактичними замірами контрольних суміжних кроків колії.



Рис. 1. Постійна технологічна колія, сформована після проходу трактора в зораному полі.

За результатами спостережень [2] в період літньої культивуації пару (24 липня) фактичний крок 1-2 колії склав 12,68 м, 2-3 колії - 12,70 м, 3-4 -12,73 м. В період підживлення озимої пшениці (01 квітня) ці кроки відповідно становили - 12,84; 12,16; 12,68 м, а перед оранкою – 12,44; 12,72 та 13,54 м. Середні коливання кроку становили достатньо допустиму величину ($\pm 0,06$ м), але порівняльні показники кожного кроку в різні періоди мають значні відхилення ($\min \pm 0,24$ м, $\max \pm 0,44$ м).

Виходячи з досвіду багаторазового використання колії (сівба озимої пшениці, догляд за посівом та післязбиральний обробіток ґрунту) потребує вивчення закономірностей щодо коректування кроку технологічної колії на виконанні певних операцій, якими може бути сівба с.-г. культур.

Встановлено [2], що в залежності від кваліфікації механізатора величина кроку технологічної колії при багаторазових проходах МТА може змінюватись на 1,36...2,5%, що не призведе до значних втрат врожаю, але може вплинути на розміри стикових міжрядь. Тому нами пропонується вивчити як варіант проведення сівби при одночасному проході агрегату по постійній колії та керуванні його по маркерній лінії.

Дані лабораторно-польових дослідів на операціях вирощування озимої пшениці показали [2], що до внесення мінеральних добрив (27 березня) технологічна колія не використовувалась з часу посіву озимої пшениці (19 вересня). За 5 місяців осінньо-зимового періоду твердість колії зменшилась з 1,61 до 0,68 мПа, а твердість ґрунту агрофону становила 0,54 мПа. Після проходу трактора ЮМЗ-6 з розкидувачем мінеральних добрив по сліду колії твердість її при вологості ґрунту 24,7% становила 0,83...0,94 мПа, тобто збільшення складало 22,0...38,2%. При контрольних замірах через місяць (05 травня), коли вологість ґрунту знизилась до 15%, різко зросла твердість ґрунту колії, середнє значення якого становило 2,25 мПа. В період збирання врожаю у зв'язку з випаданням опадів твердість зменшилась до значень 1,36...1,46 мПа при вологості ґрунту 22,4% (20 липня). Але при оранці зябу (16 вересня) вологість ґрунту впала до критичного значення 11,1%, а твердість ґрунту колії знову різко зросла до 2,72 мПа.

До збирання врожаю озимої пшениці було зроблено 13 проходів МТА по постійній колії. Але водіння збиральних агрегатів по постійній колії було неможливе, тому що ширина захвату їх (КПС-5Г+ЖВН-6-01 та Дон-1500) не рівна і не кратна ширині виробничих ділянок озимих (12,6 м). Збиральні агрегати та транспортні засоби (Т-150К+2ПТС-4) ущільнили досить вологий ґрунт (22,4%) до 70% площі, твердість ґрунту якої (1,9 мПа) не набагато відрізнялась від твердості ґрунту колії (2,72 мПа). Оранка такого ґрунту привела до утворення брил [2].

На виконанні операції підживлення озимих твердими мінеральними добривами МТА, який складався з трактора ЮМЗ-6 та розкидувача РМГ-4, керованість по колії здійснювалась задовільно [2]. Агрегат рухався зі швидкістю 11,5 км/год, наїзди коліс МТА на рослини в зоні відхилення технологічного кроку колії рівного 0,24 м не перевищували 7%. При підживленні рідкими добривами агрегат у складі трактора МТЗ-80 з оприскувачем ОП-2000 рухався по колії в екстремальних умовах - після дощу, коли на інших полях виконувати

механізовані роботи не було можливості (вологість ґрунту агрофону - 27,1%). Швидкість агрегату становила 12,0...13,9 км/год. Наїзди на рослини в зоні колії склали 9...11%. Стан рослин озимої пшениці був добрий: густина - 590... 650 млн. шт/га, забур'яненість слабка: в посіві - 2,4 шт/м, в колії - 4,8 шт/м, полеглих рослин не було [2].

Маршрутизація руху енергетичного засобу призводить до ущільнення ґрунту в зоні слідів постійної технологічної колії. Природно виникає питання можливості і якості наступного її обробітку (особливо глибокого). У зв'язку з цим була розроблена методика польового дослідження, яка передбачала оранку поля поперек слідів ПТК [2]. Згідно прийнятої робочої гіпотези передбачалось, що ущільнений ґрунт в зоні слідів проходження ходової системи енергетичного засобу буде викликати різку зміну тягового опору плуга. Кореляційна функція цього параметру повинна мати при цьому чітко виражену періодичну складову з довжиною періоду, приблизно рівною кроковій слідів ПТК.

Експериментальний МТА складався з енергетичного засобу і чотирьох корпусного тензометричного плуга і рухався по заліковій ділянці поперек слідів ПТК з середньою швидкістю 1,74 м/с. Глибина обробітку стерньового фону складала в середньому 28 см. Довжина залікової ділянки була рівною 100 м, тобто включала вісім кроків постійної технологічної колії [2].

Проведення експериментальних досліджень показало, що згадана вище періодична складова коливань цього параметра була відсутня [2].

Запровадження маршрутизованої технології на вирощуванні кукурудзи на зерно та силос для 16 технологічних операцій, більшість яких виконувалася по постійній колії з кроком 4,2; 5,6; 8,4 та 12,6 м, показало [2], що завдяки більш високим зчипним якостям енергозасобів на твердому ґрунті слідів технологічної колії, знижуються витрати пального від 8 до 22 %. Найбільше зниження витрат праці спостерігається у варіанті технологічного кроку 12,6 м і становить 13,4 %. В порівнянні з ним варіанти з кроком колії 4,2 та 5,6 м дуже програють по витратам праці (відповідно 60 та 57%).

Найбільше підвищення продуктивності МТА досягається при технологічних кроках 12,6 та 8,4 м. Так, на сівбі просапних продуктивність праці за 1 годину змінного часу відповідно підвищується у 2,05 та 1,42 рази, а при міжрядному обробітку - в 2,58 та 1,76 рази. Питома тягова потужність також більш ефективна у варіантах комплексах машин з технологічними кроками 8,4 та 12,6 м (приріст 17,9 та 15,6% відповідно) [2]. Це свідчить про можливість підвищення робочих швидкостей при русі МТА по технологічній колії.

За даними досліджень [3] слідуює, що чотири проходження трактора МТЗ-82 по одному й той самому сліду призводять до утворення постійної технологічної колії із заданими характеристиками. Причому, колія, що утворена першим проходом збільшувала її глибину на $50 \pm 3\%$ від максимальної. Суттєве збільшення глибини колії на 60% спостерігалось після другого проходження трактора, два наступні проходження давали зниження темпів зростання глибини колії до 32% за третій і четвертий проходження разом взяті.

У зв'язку з тим, що після четвертого проходження все ж таки спостерігалось збільшення глибини колії був проведений дослід з 14 проїздами трактора МТЗ-82 по одному сліду. Експериментальні дослідження показали [3], що за перші

два проходи трактора глибина колії досягла 44% від максимальної. Найбільший відносний темп зростання глибини колії спостерігався після другої пари проходів трактора - 24%. Надалі ця величина коливалася від 9% до 19%. Після десяти проїздів величина становила 43%, щодо чотирьох, і після чотирнадцяти щодо десяти - 27%. Тобто відносне ущільнення ґрунту після 5 і 6 проходів трактора із 14 становило не більше 17% і не було визнано суттєвим [3].

Висновки. Дослідження з використання постійної технологічної колії на вирощуванні озимої пшениці і просапних культур підтвердили факт її формування із заданими характеристиками шляхом проїздів енергозасобів по тому ж самому сліду на полі. Величина кроку технологічної колії рівного 12,6 м при багаторазових проходах МТА може змінюватись на 1,36...2,5%, що не призводить до значних втрат врожаю, але може вплинути на розміри стикових міжрядь.

Темп зростання щільності ґрунту в слідах технологічної колії після проїзду по ним рушіями енергозасобів наступний: після 1 проходу – на 50% від максимального, після 2 – на 60%, після 3 і 4 – на 32%, подальші проходи трактора – не більше 17%, що визнано ні суттєвим.

Утворене ущільнення ґрунту в слідах технологічної колії не оказує вплив на енерговитрати енергозасобу при оранці поля поперек слідам.

Література

1. А. с. 1824040 СССР, МКИ³ А 01 В. Способ прокладки постоянной технологической колеи колесами транспортного средства одновременно с мелким рыхлением почвы / Надикто В.Т., Черепухин В.Д., Савченко П.С. Товмаченко, В.В. Чеботарьев С.М., 1992.
2. Звіт про дослідження Південного філіалу ІМЕСГ УААН по темі «розробити та здійснити в умовах півдня України прогресивні технологічні процеси вирощування сільськогосподарських культур на основі серійних енергетичних засобів та комплексів машин до них»/ керівник теми Гвоздев А.В., 1992.
3. Анализ движения трактора МТЗ-82 по постоянной колее / [по материалам БГИТА г.Брянск, авт. Чайка О.Р., Кривченкова Г.Н.]. - <http://rus-teh.narod.ru/sov.html>.

АНАЛИЗ ДВИЖЕНИЯ ЭНЕРГОСРЕДСТВ ПО ПОСТОЯННОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ КОЛЕЕ

В.П. Кувачев

Аннотация - в работе проанализирован опыт использования постоянной технологической колеи в технологиях выращивания озимой пшеницы и пропашных культур - кукурузы на силос и зерно.

MOTION ANALYSIS OF TRACTORS IN CONSTANT TECHNOLOGICAL TRACK

V. Kuvachov

The summary - the experience in the use of constant technological track in cultivation technologies of winter wheat and cultivated crops - corn silage and grain.

УДК 621.791

ЗБІЛЬШЕННЯ КОМПЕНСАЦІЇ ЗАЗОРУ В КОНІЧНИХ ТРИБОВУЗЛАХ

Камель Г.І., Д-р техн. наук

Єршов А.В., д-р техн. наук

Волков Г.П., к.т.н.

Яковлева Г.Г. асистент

(Луганський східноукраїнський національний університет)

(Запорізький національний технічний університет)

Анотація - розглянуто конструктивні, енергосилові і кінематичні характеристики конічних трибосистем. Розглянуто основні напрямки збільшення компенсуючої здатності роторних живильників. Розроблена і впроваджена у виробництво раціональна технологія компенсації зазору.

Ключові слова: ротор, конічні вузли, зазор, компенсація зазору, конусність, живильник, прижим ротора, привод ротора.

Постановка проблеми. В даний час довговічність і надійність конічних трибовузлів залежить від кількості можливих компенсацій зазору, що утворюються в результаті зносу сполучаємих робочих конічних поверхонь обертового ротора і нерухомого корпуса.

Аналіз досліджень. Згідно роботи [1] в автоматизованій системі шведської фірми Камюр використовуються конічні трибосистеми – роторні живильники високого тиску. Через 40% обертаємих конічних поверхонь ротора проходить гідросуміш (30% деревної тріски і 70% лугу). Під дією гідросуміші відбувається знос ротора і корпуса, що супроводжується збільшенням зазору між ними і зниженням продуктивності всієї установки. Для зменшення зазору здійснюється осьове переміщення ротора всередину корпуса. Чим більше ротор може переміщатися всередину корпуса, тим більше термін служби живильника.

Постановка задачі. Задачею збільшення терміну служби роторних живильників є збільшення можливості компенсувати зазор у живильнику за рахунок конструктивних і експлуатаційних параметрів.

Основна частина. Метою поставлених задач у роботі є: отримання відношення математичної залежності зв'язку сумарного зносу з конструктивними параметрами живильника; установлення впливу на сумарний знос схеми компенсації зносу.

Роторні живильники установок Камюр сконструйовані таким чином, щоб у процесі експлуатації було можливо циклічно компенсувати, зазор, що

утворився між обертовим ротором і корпусом, шляхом присадки ротора. Компенсація критичного зазору (ККЗ) на різних підприємствах виконується один раз у тиждень. Величина ККЗ, що компенсується в живильниках, визначається формулою:

$$S = P_p \cdot \frac{K}{2},$$

(1)

де $S = S_p + S_r$ - сумарний знос ротора і корпуса, мм; P_p - притиск ротора, мм; DO - конусність.

Згідно формули (1) і робіт [1] і [2] величину сумарного зносу можна збільшити за рахунок: 1) зміною конусності (зміна конусності поверхонь, що сполучаються, 1:20 за технологією на 1:15 і 1:10 – дозволяє збільшити сумарний знос ротора і конуса відповідно в 1,33 і 2,0 рази). Необхідна конусність на роторі і корпусі виходить при механічній обробці на лоботокарному і карусельному верстатах при виготовленні чи ремонті і збільшення присадки ротора, сорочки корпуса, одночасного збільшення присадки ротора і корпуса, повороту окремих секторів чи сорочки пластин на ділянках максимального зносу [2].

З метою збільшення ресурсу живильників розроблена нова схема примусової мікротолчкової компенсації зазору (ПМКТКЗ). Порівняльні результати аналізу параметрів приведені в табл. 1. Розглянутий спосіб ПМККЗ уніфікований і доцільний для живильників усіх типів і не вимагає додаткових витрат.

ПМКТКЗ дозволяє:

- експлуатувати живильники при мінімальному зазорі;
- знизити інтенсивність зношування деталей живильника в 12-25 разів завдяки заміні граничного тертя рідинним;
- збільшити ресурс живильників у 2 - 4 рази;
- підвищити кількість компенсацій у 16 разів;
- знизити навантаження на привод ротора в 1,25 рази;
- збільшити кількість присадок ротора з 50 - 100 циклів 800.

У табл.1 приведені порівняльні результати енергосилових і кінематичних характеристик живильника установок Камюр і аналітичні формули визначення ККЗ і ПМКТКЗ. При традиційній схемі ККЗ експлуатації параметри агрегатів змінюються в 2 - 4 рази, навпроти - при ПМКТКЗ - не перевищують 1.4 рази. Запропонована нова схема компенсації зазору знижує інтенсивність зносу деталей живильника і дозволяє знизити вимоги до застосовуваних антифрикційним сплавами (сталям) деталей живильників [1,2]. Досліджено робочі параметри установки Камюр при різних схемах компенсації зазору ККЗ і ПМКТКЗ. Показано, що нова схема компенсації зазору збільшує надійність виконання операції по компенсації зазору при низькій кваліфікації обслуговуючого персоналу.

Таблиця 1 Порівняльні результати енергосилових і кінематичних характеристик живильника Камюр при ККЗ і ПМКТКЗ

| Параметри | Базовий | ККЗ | Збільшення, разів | ПМКТКЗ | Збільшення |
|--|-------------|-----------------|-------------------|---------------|------------|
| 1. Потужність електродвигуна привода, кВт | 8 | 38 | 4,75 | 10 | 1,25 |
| 2. Ток на електродвигуні, А | 20,13 | 95 | 4,75 | 25 | 1,25 |
| 3. Рівень луку в живильній трубці, М. $H = 600 \pm 12,1 + 4,5\tau^3 \pm 0,82$ | 0,6 | 1,18 | 1,96 | 0,65 | 1,08 |
| 4. Крутний момент на роторі, Н | 13 | 62 | 4,76 | 15 | 1,15 |
| 5. Зменшення зазору в живильнику, ΔS , мкм: $\Delta S = \Delta\Pi \cdot \frac{K}{2} = \varphi^0 \cdot \frac{1000}{360^0}$ | - | 25 - 30 | - | 3,25 | - |
| 6. Осьова сила на роторі, T_{ep} , кН: $T_{ep} = 0,5Fa \cdot d_2 \cdot [(D_{ep} \cdot d_1) \cdot f + tg[\varphi + \Psi]]$ | 0 | 0-18 | - | 0-5 | - |
| 7. Питомий тиск на робоче сполучення живильника, Р, МПа: $P = \frac{Fa \cdot 2}{3v \cdot \Pi \cdot D_{ep} \cdot \kappa}$ | 0,2 | 0,88 | 4,4 | 0,22 | 1,1 |
| 8. Швидкість ковзання, м/с | - | 0.3 | - | 0,337 | - |
| 9. Розрахунковий коефіцієнт тертя в живильнику, f: $f = \frac{T \cdot 2}{P \cdot 3v \cdot \Pi \cdot D_{ep}}$ | 0,06 | 0,17 | 2,83 | 0,07 | 1,16 |
| 10. Середня величина зазору в живильнику по вікнах, б, мкм: $\sigma = 75 \pm 15 \pm 2,8\tau^3 \pm 0,035$ | 0-75 | 75-0 | 3,2 | 85-75 | 1,13 |
| 11. Витрата проточок луку з живильника, Q, л/с: $Q = \sqrt[3]{22170 \cdot e^x + 317}$ | 5-80 | 80-0 | 16 | 5-7 | 14 |
| 12. Інтенсивність зносу, a_r , $\frac{Нм \cdot с}{м^2}$: $a_r = P \cdot f \cdot V_s$ | 1200 0 | 12000- 54000 | 4,5 | 14000 | 1,16 |
| 13. Найбільша висота нерівностей профілю, Ra , по вікнах, мкм: $Ra = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i $, по підставах: | 500- 600 | 500-600 | - | 50-60 6-10 | - |

| | | | | | |
|--|-----|--------|---|-------|---|
| 14. Час між ККЗ і ПМКТКЗ, доба $t = \frac{S_p + S_k}{\tau}$ | -50 | 30-50 | - | 0,5-1 | - |
| 15. Сумарне число циклів | -30 | 50-100 | - | 800 | - |
| 16. Термін служби живильників, % | | 100 | - | 200- | - |

Таблиця 2 – Робочі параметри живильника “Камюр” при ККЗ і ПМКТКЗ

| Параметр | Схема компенсатора зазору | |
|--|-----------------------------------|--------------|
| | ККЗ | ПМКТКЗ |
| 1. Продуктивність | 500 | 500 |
| 2. Повна вироблення | 100 | 100 |
| 3. Конусність сполучаємих | 1:20 | 1:20 |
| 4. Осьове переміщення ротора за цикл, $\Delta\Pi$, $\frac{\text{мм}}{\text{мм}}$: $\Delta\Pi = \varphi^0 \cdot \frac{t}{360^0} = \frac{1000\text{мм}}{360^0}$ | $\frac{1000}{1} - \frac{2000}{2}$ | 62,5-125 |
| 5. Кут поворота штурвалу | 360-720 | 12,5-4,5 |
| 6. Зменшення зазора в питателі за цикл, ΔS , мм: $\Delta S = \frac{\Delta\Pi \cdot K}{2} = \varphi^0 \cdot \frac{1000\text{л}}{360^0}$ | 25-50 | 1,5625-3,125 |
| 7. Час між циклами, доба | 4 | 0,5-1 |
| | 1. | 2. |
| 8. Число можливих компенсацій зазора, N: $N = \frac{\Pi}{\Delta\Pi} = \frac{\Pi \cdot 360^0}{\varphi^0 \cdot 1000}$ | 50-100 | 800-1600 |
| 9. Середня швидкість прижима ротора, V_{cp}^{Π} , мм/с: $V_{cp}^{\Pi} = \frac{\Pi}{\tau \cdot n}$ | 50-100 | 12,5-2,5 |
| 10. Середня швидкість компенсації зазора, V_{cp}^{Π} , мм/с: $V_{cp}^{\Pi} = V_{cp}^{\Pi} \cdot \frac{K}{2}$ | 1,25-2,5 | 0,3125-0,625 |

| | | |
|---|------------------|----------|
| 11. Сумарна величина зноса ротора і корпуса, S , мм/мкм: $S = S_n + S_r$ | 2,5/2500 | 2,5/2500 |
| 12. Середня швидкість зноса деталей питателя за цикл, $V_{пзк}$, $\frac{мкм}{с}$: | 6,25-12,25 | 3,125 |
| 13. Термін служби питателя, t , доб/міс: $t = \frac{S_p + S_k}{\tau}$ | 400/16,6-200/8,5 | 800/33,4 |

Висновки

1. В роботі приводяться конструктивні зміни сполучаємих деталей ротора і корпуса, спрямованих на збільшення сумарного зносу живильника, що витрачається на компенсацію зазору (зміна конусности, збільшення притиску ротора, введення переміщенні сорочки корпуса, секторів сорочки).

2. Розроблена, випробувана і впроваджена у виробництво ПМКТКЗ, що дозволяє збільшити надійність виконання операції по компенсації зазору в конічній трибосистемі.

3. На підставі отриманих даних експлуатації роторних живильників високого тиску установки Камюр зроблений прорив в області конструювання та експлуатації конічних трибосистем. Підтверджено перспективність використання конічних трибосистем в автоматизованих системах, де є можливість без розбирання деталей і вузлів конічних трибовузлів надійно компенсувати зазори, які постійно утворюються при зносі.

4. У подальших роботах планується досліджувати вплив на надійність роботи конічних трибосистем технологічних параметрів: використання сучасних відбудовних технологій, зносостійких і антифрикційних матеріалів, на різних ділянках ротора, сорочки і корпуса при виготовленні і ремонті деталей і вузлів конічних трибосистем.

Література

1. Камель Г.И. Роторные питатели установок непрерывной варки целлюлозы//М.: Лесная промышленность, 1987.-160с.
2. Нечаев Г.И., Камель Г.И.. Повышение надежности и продуктивности загрузочных устройств непрерывной варки целлюлозы и полуцеллюлозы. Монография. - Луганск: из-во Восточноукр. нац. ун-та им. В.Даля, 2005. - 392с.

POSSIBILITY OF CLEARANCE REDUCTION IN THE CONIC TRIFOSYSTEMS

Design, power and motion characteristics of the conic tribosystems are considered. The main directions of the compensation ability increase of the rotor

feeders are given. Rational technology of the clearance reduction is developed and put into operation.

Keywords: rotor, conical triboknarl, clearance, clearance compensation, taper, clamp of potator, potator drive.

УДК 671.791.5

ОСНОВНІ ФІЗИЧНІ ПРОЦЕСИ, ЩО ВІДБУВАЮТЬСЯ В ПРОМИСЛОВОМУ ТРАНСПОРТІ УСТАНОВКИ ТИПУ КАМЮР

Яковлева Г.Г., аспірант.,

Волков Г.П., к.т.н.,

Камель Г.І., д.т.н.,

Єршов А.В. д.т.н.

Запорізький національний технічний університет

Анотація - Розглянуто основні фізичні процеси, що відбуваються в транспортно-завантажувальній системі варочного котла типу Камюр при безупинній експлуатації протягом року.

Ключові слова: ротор, тріска, луг, тиск, гідросуміш, кишені, траса, тробопровід, котел.

Постановка проблеми. У своїх роботах Непінін Ю.М. [1], загалом повідомляє про роботу гідравлічної транспортно-завантажувальної системи (ТЗС). При цьому не розкриваються основні фізичні процеси, що відбуваються в гідравлічній ТЗС варочного котла Камюр.

В даний час у варочних котлах типу Камюр одержують 85% товарної целюлози. Таких установок у світі більш 500, у Росії – 75, в Америці – 150, на Україні подібні установки експлуатуються на Жидачевському і Херсонському ЦБК.

Основною вимогою, що пред'являється до гідравлічних ТЗС є безупинне на протязі року завантаження деревною тріскою варочного котла. Будь-які перерви в роботі на одну добу і більше приводять до появи браку товарної целюлози і порушенню техпроцеса варіння у варочному котлі.

Для стабільної роботи варочного котла необхідно розкрити основні фізичні процеси, що відбуваються в гідравлічній ТЗС при експлуатації.

Аналіз літературних джерел показав на відсутність фізичних процесів, що відбуваються в гідравлічній ТЗС при експлуатації.

Метою роботи є описання основних фізичних процесів і основних конструктивних елементів, знаючи які можна цілеспрямовано керувати і підвищувати надійну роботу всієї гідравлічної ТЗС.

Рішення задачі

Для рішення поставлених задач використовувалися діючі гідравлічні ТЗС, що працюють на Україні, в Росії і Болгарії. Експериментальний матеріал був

зібраний на більш ніж 50 діючих установках, продуктивністю 320, 500, 800, 1000, 1700 т/доба на різних підприємствах.

1. Конструкція роторного живильника.

Основним регулювальним органом гідравлічної ТЗС варочного котла є живильник високого тиску (ПВД), що представляє собою конічну трибосистему і складається з двухсекційного конічного (конусність 1:20) ротора, що обертається в конічному корпусі.

Перевага конічної трибосистеми: 1) рівномірний знос третьових конічних поверхонь при експлуатації; 2) наявність механізму присадки, що дозволяє компенсувати зазор у роторному живильнику, утвореному при зносі; 3) відсутня необхідність у розбиранні і знятті з експлуатації живильника після утворення критичного зазору.

2. Декомпозиція функцій, що виконується робочими конічними поверхнями роторного живильника.

Корпус ПВД конічної трибосистеми: 1) на завантаження і вивантаження гідросуміші використовується 40% поверхонь. На вікна завантаження приходить 25% усіх поверхонь, і вони розташовуються у вертикальній площині знизу (12,5%) і зверху корпуса (12,5%) дугового градуса). На вікна вивантаження приходить 15%, і вони розташовуються в горизонтальній площині з боків корпуса праворуч (7,5% і ліворуч 7,5%). Вікна завантаження і вивантаження розділені (ізольовані) 60% поверхнями. З який (по годинній стрілці обертання ротора) між вікнами завантаження і вивантаження по 17,5 %, а між вікнами вивантаження і завантаження по 12,5%. З яких 10% дугового градуса використовується для пом'якшення гідроударів або 5% на кожній ділянці, що примикають до вікон завантаження. Дуговий градус вікон наскрізних кишень більше на 3%, що забезпечує стабільне вивантаження гідросуміші наскрізних кишень, що знаходяться в горизонтальній площині.

Ротор ПВД конічної трибосистеми: 1) вікна наскрізних кишень кожної секції зміщені щодо вікон наскрізних кишень другої секції на 45°. На вікна завантаження (вивантаження) приходить 42% (на кожне наскрізне вікно – 10,5%) на робочі конічні поверхні між вікнами 50% (на одну робочу поверхню між вікнами – 14,5%).

3. Виконання роторним живильником запірних функцій. (Надійна ізоляція вікон завантаження від вікон вивантаження). При виході зі сполучення вікон наскрізних кишень ротора з вікнами завантаження корпуса до сполучення наскрізних кишень ротора з вікнами вивантаження, вікна наскрізних кишень ротора повинні пройти (вільну) контрольну зону корпуса між вікнами завантаження корпуса. Це досягається тим, що на поверхні корпуса між вікнами приходить 12,5% і 17,5% площі, а на вікна наскрізних кишень ротора 10,5% - що забезпечує виконання надійних запірних функцій. Дуговий градус між вікнами завантаження і вивантаження в корпусі на 2° (19%) більше чим дуговий градус вікон ротора.

4. Характеристика трас переміщення лугу, деревної тріски і гідросуміші в гідравлічній трубопроводній ТЗС. На рис. 1 наведена технологічна схема роботи ТЗС. Вона складається з трьох трас: 1) механічної траси переміщення тріски, що включає стрічковий конвеєр, бункер, дозатор

тріски. Живильник низького тиску (ПНД) і пропарювальна камера; 2) траса циркуляції лугу низького тиску (ЦЩНД), що включає насос, трубопровід, живильну трубу, підключених до вікон корпусу у вертикальній площині і наскрізних кишнях обертового ротора у вертикальній площині; 3) циркуляція лугу високого тиску (ЦЩВД), що включає насос, трубопровід, що підключається до вікон корпусу в горизонтальній площині і верхній частині варочного котла і 4) переміщення гідросуміші від живильної труби. Вікна корпусу і наскрізні кишені ротора у вертикальній площині, вікна

корпусу і наскрізні кишені ротора в горизонтальній площині, трубопровід і верхня частина варочного котла.

5. Призначення трас і устаткування гідравлічної ТЗС.

Механічна траса переміщення тріски призначена для: 1) дозування тріски у варочний котел; 2) підігрівання і пропарювання тріски і видалення з неї скипидару й інших летучих з'єднань і 3) видалення з тріски металевих предметів (цвяхів, болтів і т.д.).

Траса ЦЩНД призначена для формування гідросуміші і вирівнювання її концентрації в живильній трубі. Тріска з механічної траси попадає в зону дії траси ЦЩНД. У живильній трубі зустрічаються два потоки: тріски з пропарювальної камери і два струмені лугу з траси ЦЩНД. При падінні цих потоків до живильної труби формується гідросуміш у живильній трубі 0,6 м і концентрація гідросуміші на виході з живильної труби близько 30%, що надходять у вікна корпусу і кишені обертового ротора у вертикальній площині. При цьому концентрація тріски в гідросуміші зростає з 30% до 90% в залежності від кратності ЦЩНД, обумовленої по формулі

$$n = \frac{Q}{V \cdot n},$$

(1)

де $n = 2 \dots 5 \dots 5$ – кратність ЦЩНД; $Q = 0,2 \text{ м}^3/\text{з}$ – продуктивність насоса; V – обсяг корпусу ротора, м^3 ; n – частота обертання ротора, хв^{-1} .

Траса ЦЩВД призначена для виштовхування гідросуміші концентрацією 90% з вікон і наскрізних кишень ротора в горизонтальній площині по трубопроводу у верхню частину варочного котла, де відбувається збільшення концентрації гідросуміші з 30% до 90%, з наступним відсмоктуванням через сита лугу в трасу ЦЩВД.

У залежності від кратності ЦЩВД відбувається зміна концентрації тріски в гідросуміші з 90% до 30%, і визначається по формулі (1).

Висновки

1. Гідравлічна трубопровідна транспортно-завантажувальна система для завантаження деревної тріски повинна складатися з трьох трас: 1) траса механічного переміщення і термічної обробки тріски; 2) траса циркуляції низького тиску – для формування і вирівнювання концентрації гідросуміші і завантаження її в наскрізні кишені ротора у вертикальній площині; 3) траса циркуляція лугу високого тиску для виштовхування гідросуміші з кишень ротора

в горизонтальній площині і транспортування її у верхню частину варочного котла.

2. Для безупинної, на протязі року, подачі деревної тріски у варочний котел, що знаходиться під надлишковим тиском 1,25 МПа необхідно використовувати: 1) конічний двухсекційний роторний живильник; 2) кільцеву трасу циркуляції лугу низького тиску для завантаження тріски в кишені у вертикальній площині і 3) кільцеву трасу циркуляції лугу високого тиску для вивантаження тріски з кишень ротора в горизонтальній площині у верхній частині варочного котла.

3. Кільцеві траси циркуляції лугу низького і високого тиску працюють в автономному режимі і перехрещуються в наскрізних кишенях ротора в ізолюваному режимі.

4. Декомпозиція робочих поверхонь ротора і корпуса здійснюється в таких співвідношеннях: ротор – вікна завантаження – 25%, вікна вивантаження – 15%, запірні функції – 50% (12,5+12,5+12,5+12,5%) і 10% на пом'якшення гідравлічних ударів у живильнику при переході кишень ротора в область високого тиску.

Література

1. Непинин Ю.Н. Технология целлюлозы/ Ю.Н. Непинин // Том.2.М.: Гослесбумиздат, 1963.-936 с.

2. Нечаев Г.И. Повышение надежности и продуктивности загрузочных устройств непрерывной варки целлюлозы и полуцеллюлозы / Монография / Г.И. Нечаев, Г.И. Камель.-Луганск: Изд-во ВНУ им. В. Даля, 2005.-392 с.

Аннотация

ОСНОВНЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, ПРОИСХОДЯЩИЕ В ПРОМЫШЛЕННОМ ТРАНСПОРТЕ УСТАНОВКИ ТИПА КАМЮР

*Яковлева А.Г., аспирант., Волков Г.П., к.т.н., Камель Г.И., д.т.н.,
Ершов А.В. д.т.н.*

Рассмотрены основные физические процессы, происходящие в транспортно-загрузочной системе варочного котла типа Камюр при непрерывной эксплуатации в течение года.

Ключевые слова: ротор, щеп, щелочь, гидросмесь, карманы, трасса, трубопровод, котел.

Анотація

ОСНОВНІ ФІЗИЧНІ ПРОЦЕСИ, ЩО ВІДБУВАЮТЬСЯ В ПРОМИСЛОВОМУ ТРАНСПОРТІ УСТАНОВКИ ТИПУ КАМЮР

*Яковлева Г.Г., аспірант., Волков Г.П., к.т.н., Камель Г.И., д.т.н.,
Єршов А.В. д.т.н.*

Розглянуті головні фізичні процеси, які виникають у транспортно-завантажувальній системі варильного котла типу Камюр при безперервній експлуатації на протязі року.

Ключові слова: *ротор, тріска, луг, тиск, гідросуміш, кишені, траса, тробопрвід, котел.*

Abstract

THE BASIC PHYSICAL PROCESSES OCCURRING IN INDUSTRIAL TRANSPORT OF INSTALLATION KAMYR

Yakovleva A.G., postgraduate student, Volkov G.P., candidate of science, Kamel G.I., doctor of science, Ershov A.V., doctor of science

Basic physical processes, what is going on in transport-load system of kier of type Kamyr during continuous exploitation during a year, are considered.

Keywords: *rotor, chip, alkali, pressure, liquid, pockets, right-of-way, pipework, digester.*

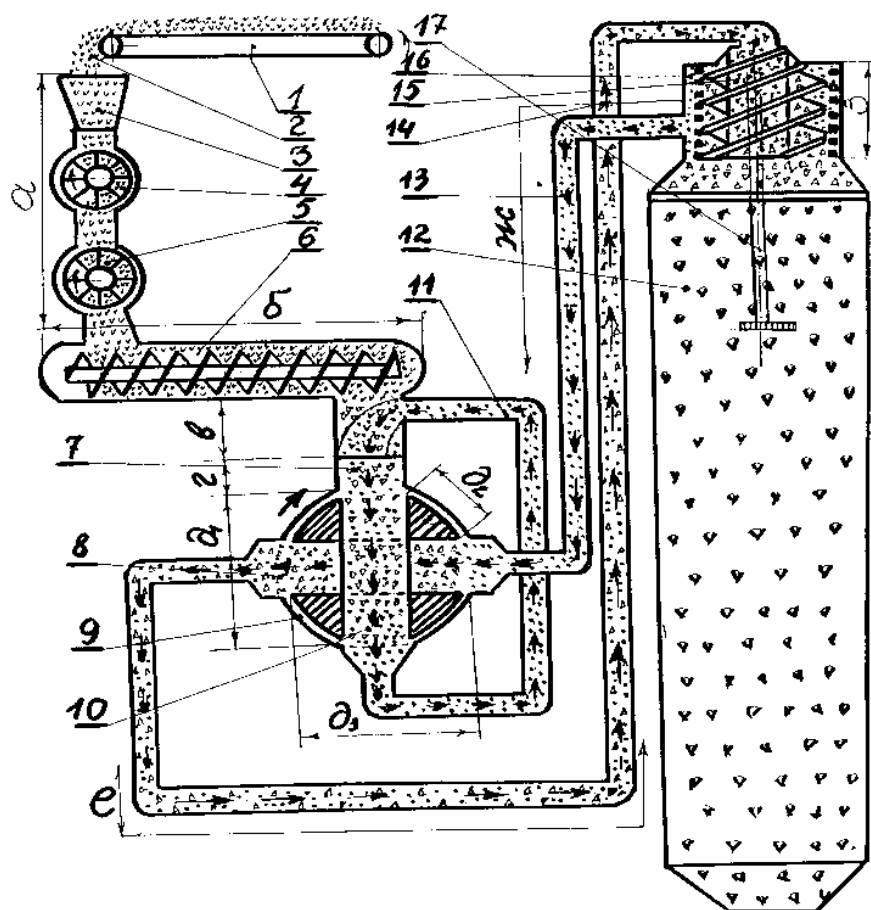


Рис. 1 – Технологічна схема транспортно-завантажувальної системи:
 1 - конвеєр; 2 - тріска; 3 - бункер; 4 - дозатор; 5 - ПНД; 6 - пропарювальна камера; 7 - живильна труба; 8 - горизонтальна кишеня ПВД; 9 - корпус ПВД; 10 - вертикальна кишеня ПВД; 11 - труба повернення луку НД; 12 - котел; 13 - труба повернення луку ВД; 14 - труба завантаження гідросуміші котла; 15 – шнек; 16 – добір луку; 17 – регулятор рівня тріски в казані;

а, в, ..., ж – лінійні розміри елементів установки.
IV-й блок. Зростання тиску в кишені ротора.
V-й блок. Скидання тиску в кишені ротора.

УДК 651.354

ИДЕНТИФИКАЦИЯ МОДЕЛЕЙ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ УБОРОЧНЫХ МАШИН

Леженкин А.Н., д.т.н. (РФ), доц.

Таврический государственный агротехнологический университет

Тел. (0619) 42-68-74

Аннотация – в статье приводится методика идентификации моделей функционирования уборочных машин, а также математические модели технологического процесса очесывания растений на корню.

Ключевые слова: идентификация, математическая модель, уравнение регрессии, взаимные корреляционные функции, степень идентичности.

Постановка проблемы. Как известно математическое описание моделей функционирования сельскохозяйственных агрегатов и их технологических процессов заключается в определении операторов A , т.е., в установлении характера и вида преобразования входных векторных функций в выходную функцию.

Почти во всех исследуемых нами случаях построение указанных математических моделей аналитическими методами является сложной задачей и практически осуществимой лишь в некоторых случаях и при значительных допущениях.

Эта задача значительно упрощается при использовании методов идентификации, базирующихся на использовании и специальной обработке достаточной экспериментальной информации о входных и выходных переменных моделей функционирования. При типовой идентификации устанавливаются для исследуемых моделей оптимальные оценки операторов из заданного класса операторов по типовым вероятностным характеристикам ансамблей реализаций случайных функций на входе и выходе моделей.

Применительно к уборочным машинам встает проблема построения математических моделей процесса очесывания растений на корню с использованием методов идентификации.

Анализ публикаций. Теоретические основы построения математических моделей сельскохозяйственных агрегатов и их технологических процессов изложены в работах [1, 2, 3, 4, 5, 6]. Для уборочных машин построение моделей функционирования приведено в работе [7].

Постановка задания. Процедуры идентификациям требуют решения ряда

задач, основными из которых являются следующие:

- разработка на основании априорной информации частных моделей исследуемых объектов;
- получение достаточной, с точки зрения достоверности, информации о процессах при функционировании объекта в нормальных условиях;
- установление и анализ связей между входами и выходами моделей, уточнение информационных моделей;
- построение математических моделей процесса очесывания растений на корню.

Основная часть. Полевая уборочная машина (рис.1) работает в условиях постоянно меняющихся внешних воздействий, обусловленных многочисленными и разнообразными факторами.



Рис.1. Общий вид прицепной уборочной машины.

Таковыми факторами являются неровности поверхности поля, вызывающие колебания очесывающего устройства, урожайность соломы и зерна, высота стеблестоя, скорость движения агрегата и т.д. Абсолютное большинство названных факторов имеет статистическую природу, в связи с чем, все внешние воздействия и выходные показатели работы полевой уборочной машины, следует рассматривать как случайные функции (процессы).

Поэтому для изучения динамики уборочной машины представим ее в виде блок-схемы модели функционирования, построенной по принципу «вход-выход». Такая схема наиболее полно отражает реальные условия и позволяет учитывать влияние различных факторов случайного в вероятностно-статистическом смысле процесса.

Используя такой подход, информационную модель технологического процесса уборочной машины можно представить в виде системы (рис. 2) на входе которой действует вектор-функции условий работы (внешних возмущений):

$$X = \{Z(\ell), U(\ell), H(\ell), U_c(\ell), f(\ell), W_3(\ell), W_c(\ell)\} \text{ и управления } U = \{h, V_a, H_y\}$$

где $Z(\ell)$ - неровности поверхности поля;

$U(\ell)$ - урожайность зерна;

$H(\ell)$ - высота стеблестоя;

- $U_c(\ell)$ - урожайность соломы;
- $f(\ell)$ - физико-механические свойства растений;
- $W_3(\ell)$ - влажность зерна;
- $W_c(\ell)$ - влажность соломы;
- h – глубина погружения очесывающего устройства в стеблестой;
- V_a - скорость движения уборочного агрегата;
- H_y - высота установки режущего аппарата.

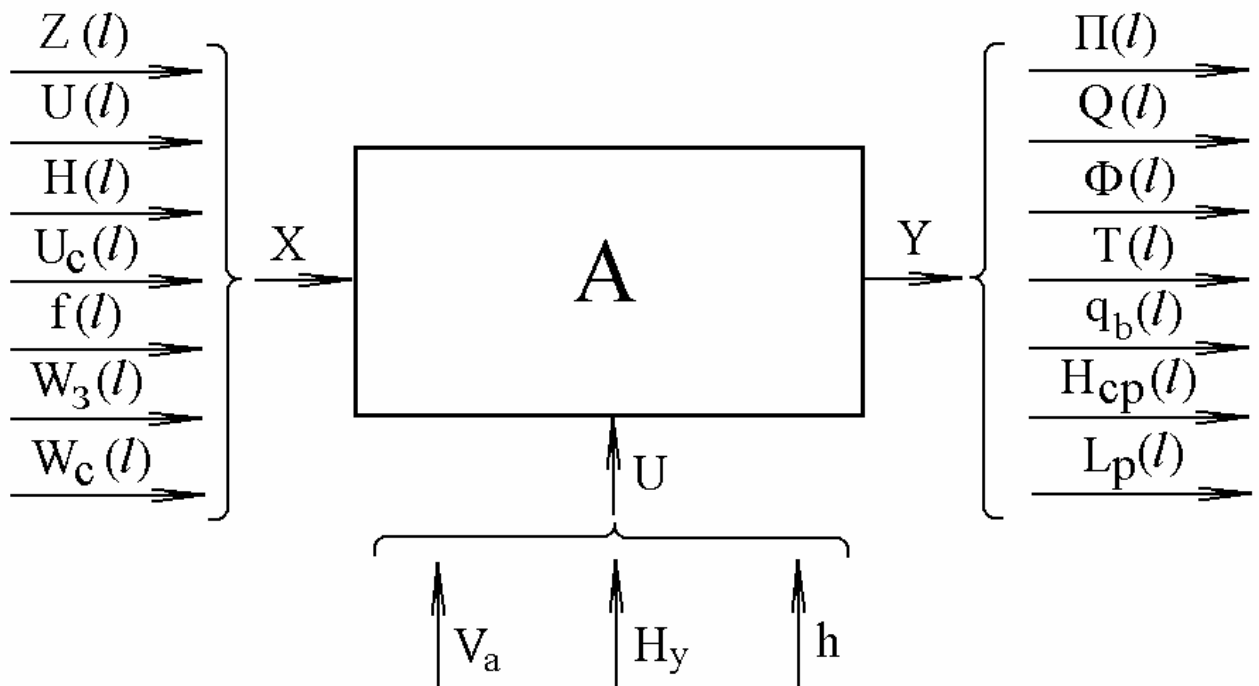


Рис. 2. Информационная модель технологического процесса полевой уборочной машины.

В качестве выходной переменной принимается вектор-функция количественных и качественных показателей выполнения технологического процесса уборки:

$$Y = \{П(\ell), Q(\ell), Ф(\ell), Т(\ell), q_b(\ell), H_{CP}(\ell), L_P(\ell)\},$$

где $П(\ell)$ - суммарные потери зерна за машиной, которые слагаются из потерь неочесом и потерь свободным зерном;

$Ф(\ell)$ - фракционный состав вороха;

$Т(\ell)$ - общее травмирование зерна;

$q_b(\ell)$ - производительность уборочной машины, которая характеризуется количеством очесанного вороха в единицу времени (кг/с);

$Q(\ell)$ - производительность уборочной машины, характеризующаяся количеством убранной площади в единицу времени (га/ч);

$H_{CP}(\ell)$ - высота среза стерни;

$L_P(\ell)$ - длина резки соломы.

Исходя из информационной модели технологического процесса полевой уборочной машины (рис. 2) [7] оператор очесывания растений на корню может быть представлен в виде:

$$A_{O.Y.} = \left\{ \begin{array}{l} A_{H_{O.C.}}^{W_C} ; A_{q_b}^{W_C} ; A_{\Phi}^{W_C} ; A_{T_1}^{W_C} ; A_{\Pi}^{W_C} ; A_Q^{W_C} ; \\ A_{H_{O.C.}}^W ; A_{q_b}^W ; A_{\Phi}^W ; A_{T_1}^W ; A_{\Pi}^W ; A_Q^W ; \\ A_{H_{O.C.}}^U ; A_{q_b}^U ; A_{\Phi}^U ; A_{T_1}^U ; A_{\Pi}^U ; A_Q^U ; \\ A_{H_{O.C.}}^{U_C} ; A_{q_b}^{U_C} ; A_{\Phi}^{U_C} ; A_{T_1}^{U_C} ; A_{\Pi}^{U_C} ; A_Q^{U_C} ; \\ A_{H_{O.C.}}^H ; A_{q_b}^H ; A_{\Phi}^H ; A_{T_1}^H ; A_{\Pi}^H ; A_Q^H ; \\ A_{H_{O.C.}}^f ; A_{q_b}^f ; A_{\Phi}^f ; A_{T_1}^f ; A_{\Pi}^f ; A_Q^f ; \\ A_{H_{O.C.}}^{\Theta_{\Gamma}} ; A_{q_b}^{\Theta_{\Gamma}} ; A_{\Phi}^{\Theta_{\Gamma}} ; A_{T_1}^{\Theta_{\Gamma}} ; A_{\Pi}^{\Theta_{\Gamma}} ; A_Q^{\Theta_{\Gamma}} ; \\ A_{H_{O.C.}}^{\Theta_B} ; A_{q_b}^{\Theta_B} ; A_{\Phi}^{\Theta_B} ; A_{T_1}^{\Theta_B} ; A_{\Pi}^{\Theta_B} ; A_Q^{\Theta_B} . \end{array} \right\} (1)$$

Как видно из выражения (1), модель технологического процесса очесывающего устройства получилась довольно громоздкой, поэтому был проведен априорный анализ, и на его основании некоторые малозначимые факторы не учитывались, в результате была получена упрощенная модель функционирования очесывающего устройства (рис. 3), на входе которой действуют случайные процессы $q_3(\ell)$ (подача по зерну) и $H(\ell)$ (высота стеблестоя). При выборе входных воздействий, учитывался тот факт, что наиболее важным фактором для работы любого молотильного устройства является подача. Двухбарабанное очесывающее устройство, как показали многолетние исследования [8, 9], является молотильным аппаратом.

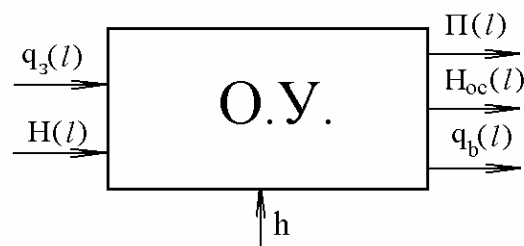


Рис. 3. Модель функционирования очесывающего устройства.

В качестве выходных параметров были приняты потери зерна $\Pi(\ell)$, высота очесанной соломы $H_{O.C.}$ и производительность уборочной машины по вороху $q_b(\ell)$. Регулируемыми параметрами являлись глубина погружения очесывающего устройства в стеблестой.

Тогда оператор очесывания растений на корню будет иметь вид:

$$A_{O.Y.} = \{ A_{\Pi}^{q_3}, A_{H_{O.C.}}^{q_3}, A_{q_b}^{q_3}, A_{\Pi}^H, A_{H_{O.C.}}^H, A_{q_b}^H \}. (2)$$

Для идентификации полученной модели был использован метод, предложенный проф. А.Б.Лурье [10]. Метод учитывает специфику условий и особенности функционирования сельскохозяйственных агрегатов. Эта специфика заключается в том, что при регистрации входов и выходов моделей каждой реализации входа соответствует только одна реализация выхода. Каждая ℓ -ая пара реализаций $x_{ij}^{[\ell]}(t)$ и $y_{ej}^{[\ell]}(t)$ рассматривается как информация о элементарной системе с оператором $A_j^{[\ell]}$. Совокупность из k таких элементарных операторов образует оператор j -ой частной модели (1).

$$A_j = \{A_j^{[1]}, A_j^{[2]}, \dots, A_j^{[\ell]}, \dots, A_j^{[k]}\}. \quad (3)$$

На первом этапе были определены статистические связи между входными и выходными процессами.

Для выяснения статистических связей между входными и выходными процессами модели функционирования очесывающего устройства (рис.3) вычислялись взаимные корреляционные функции. На рис. 4 приведены графики взаимных корреляционных и дисперсионных функций по каналам характеризующимся высоким уровнем статистической связи входных и выходных переменных ($q_3 - q_b$). Используя принцип суперпозиции, представим многомерную модель очесывающего устройства (рис. 3) в виде элементарных систем и рассмотрим статистические связи по каждому из каналов.

Анализ корреляционной связи между воздействием $q_3(\ell)$ и выходным $q_b(\ell)$ показал наличие высокого уровня статистической связи: $\rho_{q_3q_b} = 0.84 \dots 0.89$. Сопоставление взаимных корреляционных и взаимно дисперсионных функций показывает наличие линейной связи между данными процессами, при этом, степень нелинейности составляет $n = 0.12 \dots 0.17$. Следовательно, при идентификации этой модели можно использовать описания из класса линейных операторов. Причем, с изменением скорости движения агрегата характер связи не нарушается. Этот факт свидетельствует об устойчивости корреляционной связи.

По каналу «подача – потери» наблюдается высокая степень статистической зависимости (рис. 5): коэффициент корреляции составляет $0,61 \dots 0,71$. Характер протекания взаимных корреляционных и дисперсионных функций, показывает, что по данному каналу существует линейная связь, степень нелинейности равняется $0,13 \dots 0,17$. Следует отметить, что с увеличением скорости движения уборочного агрегата, статистическая связь незначительно уменьшается. В силу наличия высокой корреляционной связи, а так же ее линейного характера, для математического описания технологического процесса будем использовать линейные модели.

Оценка взаимной корреляционной связи между случайными процессами изменения стеблестоя $N(\ell)$ и высоты очесанной соломы $N_{о.с.}(\ell)$ свидетельствует о том, что между данными процессами существует корреляция, при этом коэффициент корреляции составляет $0,77 \dots 0,81$. Некоторое отличие взаимных дисперсионных функций от корреляционных свидетельствует о незначительной нелинейности связей ($n = 0.19 \dots 0.21$).

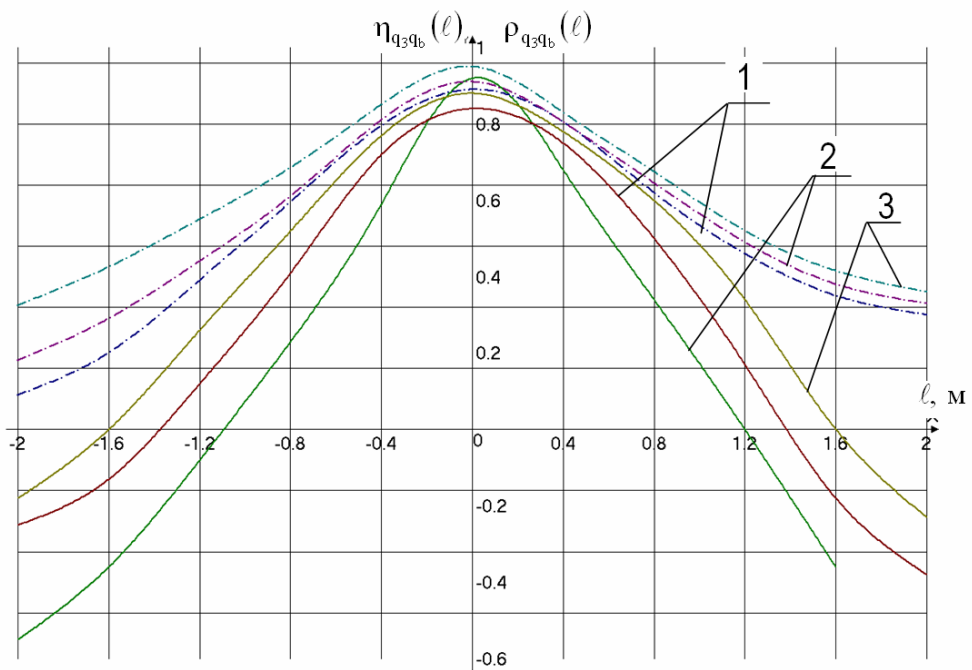


Рис. 4. Взаимные корреляционные и дисперсионные функции по каналу связи $q_3 - q_b$: 1 – скорость машины 1 м/с; 2 – скорость машины 1,5 м/с; 3 – скорость машины 2,2 м/с.

————— взаимные корреляционные функции;
 - - - - - взаимные дисперсионные функции.

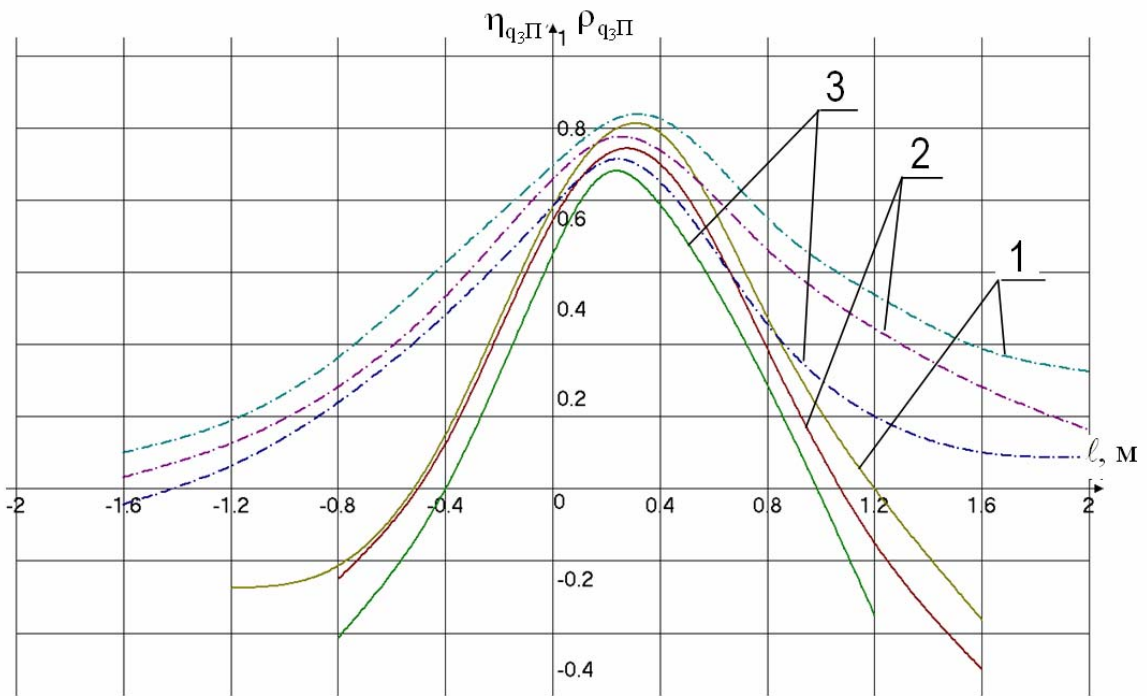


Рис. 5. Взаимные корреляционные и дисперсионные функции по каналу связи подача – потери $q_3 - II$: 1 – скорость машины 1 м/с; 2 – скорость машины 1,5 м/с; 3 – скорость машины 2,2 м/с.

————— взаимные корреляционные функции;
 - - - - - взаимные дисперсионные функции.

Таким образом, в первом приближении можно использовать линейные модели.

График взаимной корреляционной и дисперсионной функций процессов $H(\ell)$ и $H_{O.C.}(\ell)$ не приводится, т.к. он аналогичен графикам рис. 4 и 5.

По остальным каналам связи модели функционирования очесывающего устройства (рис. 5) статистическая связь оказалась незначительной с высокой степенью нелинейности.

Из приведенного анализа следует, что основным фактором, который влияет на количественные и качественные показатели технологического процесса очесывающего устройства является подача.

В результате проведенных в условиях нормального функционирования исследований очесывающего устройства навешенного на полевую уборочную машину и обработки данных на ПЭВМ было установлено, что с достаточной для практических расчетов точностью, можно принять некоррелированность входных воздействий $q_3(\ell)$ и $H(\ell)$; наибольшие значения коэффициентов корреляции не превышали 0,15. В первом приближении, на основании проведенного анализа статистических связей, а также оценки линейности были приняты операторы в виде одномерных регрессионных моделей (7).

Исходя из проведенного анализа статистических связей на входе и выходе модели функционирования технологического процесса очесывающего устройства полевой уборочной машины, регрессионную модель можно представить в виде:

$$\left. \begin{aligned} m &= a_{q_3q_b} + b_{q_3q_b} q_3 \\ m &= a_{q_3n} + b_{q_3n} q_3 \\ m &= a_{H_{H_{O.C.}}} + b_{H_{H_{O.C.}}} H \end{aligned} \right\} (3)$$

Численные значения коэффициентов регрессии приведены в табл. 1.

Таблица 1 - Значения коэффициентов и степени идентичности одномерных моделей регрессии

| Модели | Скорость движения агрегата, м/с | Численные значения | | |
|----------------|---------------------------------|--------------------|--------|---------|
| | | a | b | ζ |
| $q_3 - q_b$ | 1 | 0,71 | 0,85 | 0,70 |
| $q_3 - \Pi$ | | -0,0135 | 0,0097 | 0,61 |
| $H - H_{O.C.}$ | | 0,2125 | 0,5722 | 0,63 |
| $q_3 - q_b$ | 1,5 | 0,591 | 0,943 | 0,79 |
| $q_3 - \Pi$ | | -0,016 | 0,01 | 0,60 |
| $H - H_{O.C.}$ | | 0,074 | 0,693 | 0,65 |

| | | | | |
|----------------|-----|---------|-------|------|
| $q_3 - q_b$ | 2,2 | 3,18 | 0,384 | 0,72 |
| $q_3 - \Pi$ | | -0,0012 | 0,014 | 0,5 |
| $H - H_{O.C.}$ | | -0,38 | 1,216 | 0,65 |

Выводы.

1. Технологический процесс очесывания растений на корню является случайным в вероятностно-статистическом смысле и для его описания наиболее целесообразно использовать модели, полученные методом идентификации.

2. Установлено, что между процессами «подача-производительность» имеет место корреляционная зависимость, при этом коэффициент корреляции составил $\rho_{q_1, q_2} = 0,84 \dots 0,89$.

3. Выявлено, что по каналу «подача-потери» наблюдается высокая степень статистической зависимости, коэффициент корреляции составляет $0,61 \dots 0,71$.

4. Анализ оценок взаимной корреляционной связи между случайными процессами изменения стеблестоя и высоты очесанной соломы, показал, что между данными процессами существует корреляция, при этом коэффициент корреляции составляет $0,77 \dots 0,81$.

5. Составление взаимно-корреляционных и взаимно-дисперсионных функций показало наличие линейной связи по каналам: «подача-производительность», «подача-потери» и «высота стеблестоя» - высота очесанной соломы, при этом степень нелинейности составила $n = 0,12 \dots 0,17$; $n = 0,13 \dots 0,17$; $n = 0,19 \dots 0,21$, что дает возможность для описания технологического процесса очесывания растений на корню использовать модели из класса линейных операторов.

6. Расчет степени идентичности полученных моделей показал, что $\zeta = 0,61 \dots 0,70$, это достаточно высокая точность для моделей такого класса и их можно использовать для описания технологического процесса очесывания.

Литература

1. Лурье А.Б. Статистическая динамика сельскохозяйственных агрегатов. – М.: Колос, 1981. – 387 с.

2. Лурье А.Б., Любимов А.И. Широкозахватные почвообрабатывающие машины. – Л.: Машиностроение, 1981. – 270 с.

3. Лурье А.Б., Еникеев В.Г. К методике моделирования сельскохозяйственных агрегатов и их систем регулирования при случайном характере входных возмущений //Записки /ЛСХИ, т.108. – Л., 1966. – С. 5 – 11.

4. Лурье А.Б., Громбчевский А.А. Расчет и конструирование сельскохозяйственных машин. – Л.: Машиностроение, 1977. – 527 с.

5. Лурье А.Б. Математические модели сельскохозяйственных агрегатов и их систем управления при стационарных случайных воздействиях //Автоматизация мобильных сельскохозяйственных агрегатов: Сб. науч. тр. /ЛСХИ. – Т.121. – Л., 1968. – С. 7 – 14.

6. Моделирование сельскохозяйственных агрегатов и их систем управления /А.Б.Лурье, И.С.Нагорский, В.Г.Озеров и др. Под ред. А.Б.Лурье. – Л.: Колос, 1979. – 312 с.

7. Леженкин А.Н. Моделирование полевой уборки зерновой части урожая машиной для фермерских и крестьянских хозяйств //Механизация и электрификация сел.х-ва. – 2005. - №5. – С. 15 – 18.

8. Шабанов П.А. Механико-технологические основы обмолота зерновых культур на корню: Дис... докт.техн.наук. – Мелитополь – 1988. – 336 с.

9. Голубев И.К. Обоснование основных параметров и режимов работы двухбарабанного устройства для очеса риса на корню: Дис...канд.техн.наук /ВСХИЗО. – М., 1989. – 201 с.

10. Лурье А.Б. Методология и основные принципы автоматического контроля и управления технологическими процессами сельскохозяйственных машин //Автоматический контроль и управление технологическими процессами мобильных агрегатов сельскохозяйственного производства: Сб. науч. тр. /ЛСХИ. – Л., 1986. – С. 4 – 11.

ІДЕНТИФІКАЦІЯ МОДЕЛЕЙ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЗБИРАЛЬНИХ МАШИН

Леженкін О.М.

Анотація

У статті приводиться методика ідентифікації моделей функціонування збиральних машин, а також математичні моделі технологічного процесу обчісування рослин на корені.

IDENTIFICATION OF MODELS FUNCTIONING OF HARVESTERS

Lezhenkin A.N.

Summary

In article the technique of identification of models of functioning of harvesters, and also mathematical models of technological process plants on a root is resulted.

УДК 651.331

ФОРМИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДОРАБОТКИ ОЧЕСАННОГО ВОРОХА ЗЕРНОВЫХ В УСЛОВИЯХ ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВ

Леженкин А.Н., д.т.н. (РФ), доц.,

Леженкин И.А., магистр

Таврический государственный агротехнологический университет

Тел. (0619) 42-68-74

Аннотація – в статті приводиться структурно-логічна схема

процесса доработки очесанного вороха, а также технологическая схема агрегата доработки вороха.

Ключевые слова: очесанный ворох, ворохоочиститель, фракционный состав, агрегат доработки вороха.

Постановка проблемы. При работе уборочных машин с рабочими органами очесывающего типа получается очесанный ворох, фракционный состав которого приведен на рис.1 [1, 2].

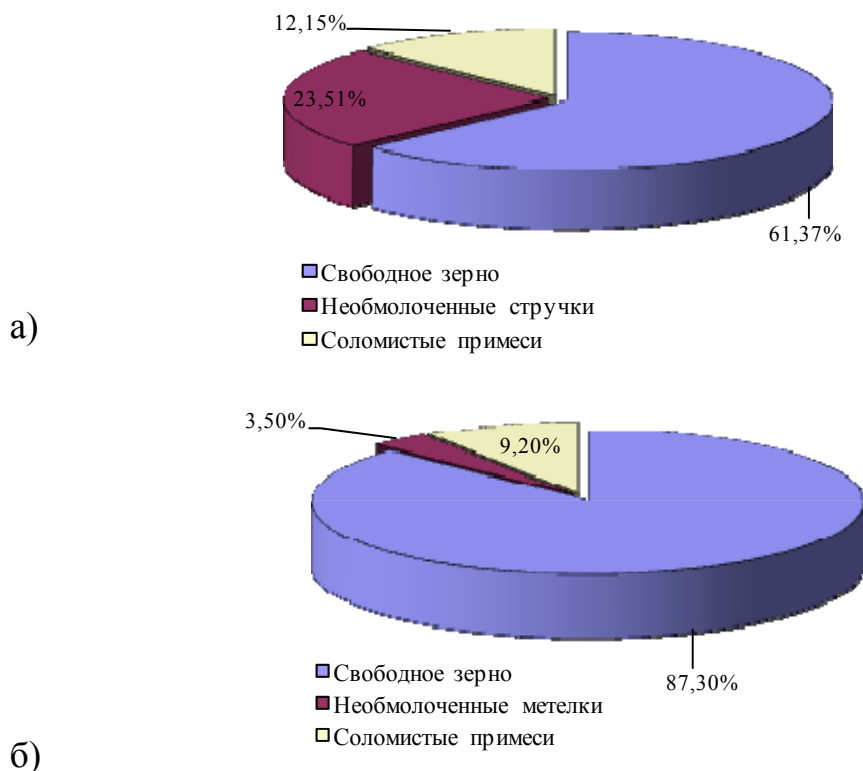


Рис.1. Фракционный состав очесанного вороха сои (а) и проса (б).

Приведенные диаграммы показывают, что свободного зерна в очесанном ворохе содержится 61,37...87,30%, остальное соломистые примеси и необмолоченные метелки (бобы).

Для получения конечного продукта – зерна, встает проблема доработки очесанного вороха.

Анализ публикаций. На протяжении многих лет исследованием доработки очесанного вороха занималась лаборатория уборочных машин МИМСХ (ТГАТУ) [3, 4, 5], однако эти исследования проводились в условиях крупнотоварного производства зерна.

Проблеме доработки очесанного вороха зерновых культур в условиях фермерских хозяйств посвящены работы [6, 7, 8, 9].

В патенте [10] приведен способ одновременного получения зерна и кормовых брикетов. Работа [11] посвящена описанию технологической схемы и методике расчета стационарного агрегата доработки вороха с приготовлением кормовых брикетов.

Постановка задания. Разработать технологическую схему агрегата доработки очесанного вороха, позволяющую получать в качестве конечного продукта очищенное зерно.

Основная часть. Рассмотрим процесс доработки очесанного вороха. Доработка зернового вороха может быть представлена в виде взаимосвязанных операций, описывающей возможные реализации отдельных технологических операций различными рабочими органами (рис. 2). Стационарная работа этих рабочих органов в поточной линии, особенности их технологических процессов, а также особенности очесанного вороха, определяют специфику моделей, а также методов и средств обеспечения их технологической надежности.

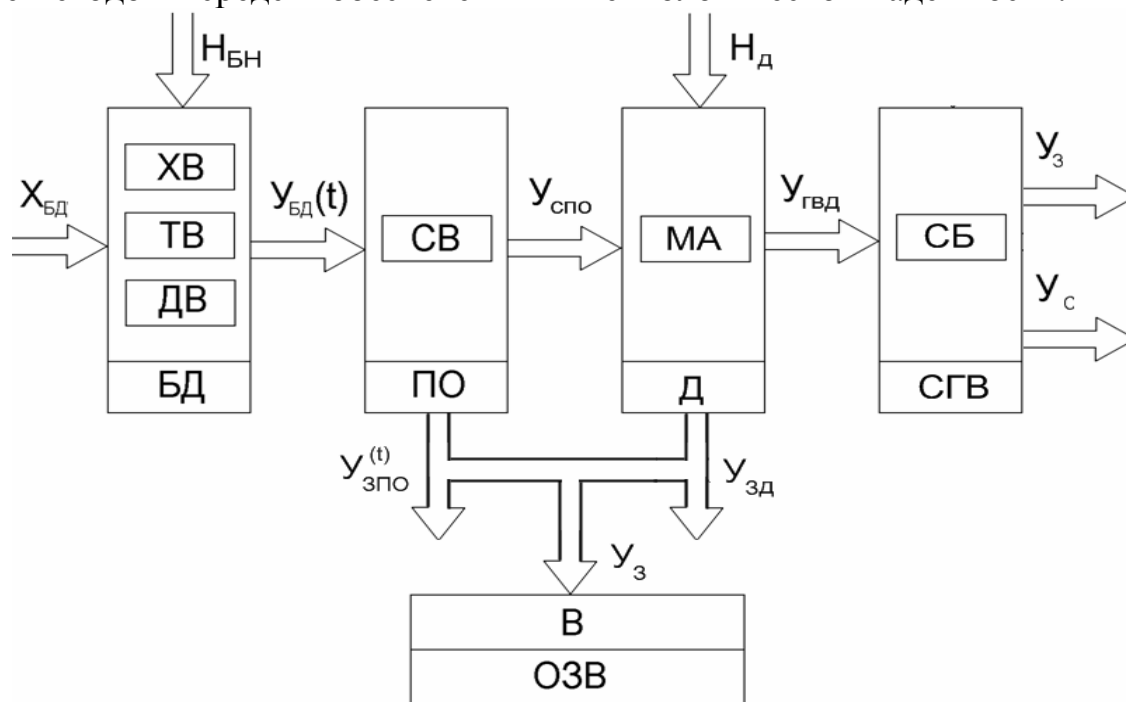


Рис.2. Схема функционирования стационарного пункта доработки очесанного вороха

Модель функционирования технологического процесса, выполняемого бункером-дозатором очесанного вороха, можно рассматривать, как модель трех основных технологических операций: кратковременное хранение (ХВ), транспортирование (ТВ) и дозирование (ДВ). Вектор входных возмущений модели (БД) целесообразно рассматривать как многокомпонентный градиент, описывающий состояние очесанного вороха, характеризуемого его фракционным составом $\Phi(t)$, размерно-массовыми характеристиками $L(t)$, влажностью зерна $W(t)$ и влажностью соломы $W_c(t)$.

Результатом функционирования $Y_{БД}(t)$ технологического процесса бункера-накопителя является дозированная подача вороха на предварительную обработку. Величина подачи характеризуется вектором $H_{БН}$.

Первая составляющая выходного вектора модели ПО - $Y_{зпо}$ является входным вектором модели очистки зернового вороха (ОЗВ), а вторая ($Y_{спо}$) – входом в домолочивающее устройство. Домолот зерна в колосе осуществляется молотильным аппаратом, который представляет собой молотильный барабан с подбарабаньем.

Выходные процессы домолота можно представить в виде двух векторов, один из которых характеризует качество и количество зернового вороха $Y_{зд}$, а

второй – определяет состояние грубого соломистого вороха $У_{ГВД}$. Вектор $Н_{Д}$ описывает настройку домолачивающего устройства на заданные режимы работы (регулировку молотильных зазоров и регулировку молотильного барабана).

Для очистки зернового вороха используется ворохоочиститель ОЗВ, в результате работы которого входной поток разделяется на два выходных. Первый характеризует качественные характеристики очищенного зерна $У_3$, а второй – состояние соломистых примесей – $У_С$.

Аналогичным образом функционирует сепаратор грубого вороха (СВГ).

В результате выполненных исследований была разработана технологическая схема агрегата доработки очесанного вороха для стационарных пунктов доработки (рис.3).

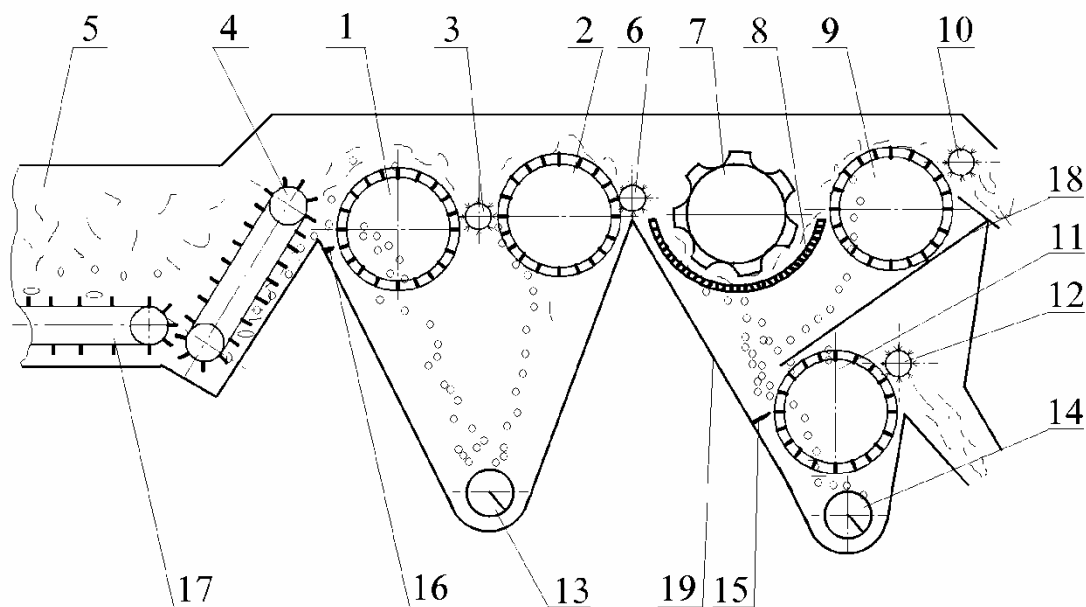


Рис.3. Технологическая схема стационарного агрегата для доработки очесанного вороха: 1, 2, 9, 11 – цилиндрические решета с наружной рабочей поверхностью (скальператоры); 3, 6, 10, 12 – ротационные очистительные щетки; 7 – молотильный барабан; 8 – подбарабанье; 5 – бункер; 4 – дозирующий транспортер; 13 и 14 – зерновые шнеки; 15 и 16 – плоские пассивные щетки; 17 – питающий транспортер.

Рабочий процесс агрегата протекает следующим образом. Поступающий с поля очесанный ворох из прицепа выгружается в бункер 5, при помощи питающего транспортера 17 он перемещается к дозирующему транспортеру 4.

Дозирующий транспортер тонким слоем подает его на рабочую поверхность цилиндрического решета. Свободное зерно, мелкие примеси и незначительная часть соломистых примесей идут проходом через ячейки барабана, а крупные соломистые примеси, оборванные колоски (метелки), а также часть свободного зерна, не прошедшего через ячейки решета снимаются ротационной очистительной щеткой 3 и подаются на рабочую поверхность цилиндрического решета 2. В результате прохождения сходовой фракции по второму решету в «проход» выделяется часть зерна, которая не выделилась на первом решете, а в «сход» идут крупные примеси и оборванные колоски (метелки), которые снимаются с решета 2 ротационной щеткой 6. Проходовая фракция с решет 1 и 2 выводится зерновым шнеком 13, сходовая фракция

направляется на домолот.

Для домолота можно использовать серийный молотильный аппарат. В результате воздействия молотильного барабана 7 выделяется свободное зерно из оборванных колосков (метелок), которое просеивается через отверстия подбарабанья 8, обмолоченная солома, грубые примеси и часть зерна, которая не просеялась, через отверстия подбарабанья поступает на рабочую поверхность цилиндрического решета 9, где зерно идет в «проход», а солома идет «сходом». Для очистки цилиндрического решета 9, предусмотрена установка ротационной щетки 10.

Выделенное в результате обмолота зерно, а также «проход» с решета 9 очищается на цилиндрическом решете 11. В результате очищенное зерно выводится зерновым шнеком 14, а соломистые примеси снимаются ротационной щеткой 12.

Выделенное свободное зерно поступает на дальнейшую очистку. Для этой цели рекомендуется использовать плоскорешетный ворохоочиститель ОВС-25, а солома метателем (на схеме не показан) загружается в прицеп-тележку 2ПТС-4.0.

Выводы. В результате проведенных исследований разработана технологическая схема агрегата доработки очесанного вороха.

Литература

1. Леженкін О.М. Аналіз виробничої перевірки збиральної машини для фермерських господарств/ О.М. Леженкін// Праці / ТДАТА.- Мелітополь,2007.- Вип.7, т.2.- С.194-202.

2. Леженкин А.Н. Результаты полевых испытаний полевой уборочной машины для фермерских и крестьянских хозяйств//Техніка АПК.-2007.-№3.- С.30-32.

3. Разработать и внедрить перспективную технологию уборки зерновых культур в хозяйствах Приазовского района, обеспечивающую повышение производительности в 1,5...2,0 раза, снижение потерь зерна в 2...3 раза. Отчет о НИР/МИМСХ. Рук. В.Н.Цыбульник. – Тема 0270-Х; №ГР01860043979. – Мелитополь, 1986. – 79 с.

4. Разработать и внедрить перспективную технологию уборки зерновых культур в хозяйствах Приазовского района, обеспечивающую повышение производительности в 1,5...2,0 раза, снижение потерь зерна в 2...3 раза. Отчет о НИР/МИМСХ. Рук. Н.Н.Данченко. - Тема 0270-Х; №ГР01860043979. – Мелитополь, 1987. – 82 с.

5. Разработать и внедрить перспективную технологию уборки зерновых культур в хозяйствах Приазовского района, обеспечивающую повышение производительности в 1,5...2,0 раза, снижение потерь зерна в 2...3 раза. Отчет о НИР/МИМСХ. Рук. П.А.Шабанов. - Тема 0270-Х; №ГР01860043979. – Мелитополь, 1988. – 44 с.

6. Леженкин А.Н. Перспективная технология уборки зерновых для фермерских и крестьянских хозяйств Юга Украины/ А.Н. Леженкин // Актуальные проблемы инженерного обеспечения АПК: междунар. науч. конф.- Ярославль,2003.- Ч. III.- С.28-29.

7. Кушнарєв А.С. Енергосберегаюча технологія уборки зернових для фермерських і крєстьянських господарств/ А.С. Кушнарєв, А.Н. Леженкин // Перспективні технології уборки зернових культур, риса і зернової трави: сб. докл. междунар. науч.- техн. конф. / ТГАТА.- Мелітополь, 2003.-С.17-21.

8. Леженкин А.Н. Ресурсозберегаючі технології і технічні засоби уборки зернових культур методом очєса і післяуборочної доробки зерна/ А.Н. Леженкин// Механізація і електрифікація технологічних процесів АПК/ Известия междунар. академії аграрного освіти.- СПб, 2006.- Вып.2.- С.98-111.

9. Леженкин А. Уборка зернових методом очєса / А. Леженкин// Сел. механізатор.-2004.-№11.- С.27.

10. Пат. 20841 Україна, МПК А01D41/08. Спосіб збирання зернових культур/ О.М. Леженкин (Україна).- №И200609091; под. 16.08.2006; надр. 15.02.2007, бюл.№2.

11. Леженкин О.М. Схемотехнічні рішення і основи розрахунку стаціонарного агрегату доробки очєсаного вороху зернових для фермерських господарств /О.М.Леженкин // Праці ТДАТУ. – Мелітополь, 2010. – Вип.10, т.3. – С.14-22.

ФОРМУВАННЯ ПРОЦЕСУ ДОРОбКИ ОБЧОСАНОГО ВОРОХУ ЗЕРНОВИХ В УМОВАХ ФЕРМЕРСЬКИХ ГОСПОДАРСТВ

Леженкин О.М., Леженкин І.О.

Анотація

У статті приводиться структурно-логічна схема процесу доробки обчесаного вороху, а також технологічна схема агрегату доробки вороху.

FORMATION OF PROCESS OF COMPLETION SCRATCH OF LOTS GRAIN IN THE CONDITIONS OF FARMS

Lezhenkin A.N., Lezhenkin I.A.

Summary

In article the structurally-logic scheme of process of completion scratch lots, and also the technological scheme of the unit of completion of lots is resulted.

УДК 631.312.32:001.57

МЕТОДИКА АПРОКСИМАЦІЇ КОРЕЛЯЦІЙНИХ ФУНКЦІЙ ОПОРУ ГРУНТУ

Дюжаєв В.П., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 42-11-72

Анотація – в роботі представлено методикау апроксимації кореляційних функцій яка апробована для визначення коефіцієнтів кореляційного зв'язку опору ґрунту, що представлено у вигляді випадкової дії на робочі органи ґрунтообробних машин.

Ключові слова – статистична динаміка, випадкові коливання, кореляційна функція, апроксимація.

Постановка проблеми. Флуктуації загрузок на робочі органи ґрунтообробних машин мають складний характер , тому їх неможливо моделювати детермінованими функціями часу. Адекватне представлення таких навантажень , а також коливань які вони збуджують, можливо у рамках методів статистичної динаміки. Відомо, що не завжди побудова математичної моделі можлива на основі прямого фізичного аналізу процесу, що досліджується. В такому випадку необхідну інформацію про поведінку об'єкту знаходимо по результатам експериментального дослідження в умовах нормального функціонування, коли об'єкт знаходиться під дією випадкових збуджень. Діючі на динамічну систему випадкові збудження не завжди є білим шумом, тоді вхідну дію можливо представити у вигляді формуючого фільтру дії, який є результатом проходження процесу типу білого шуму через деяку лінійну систему з постійними параметрами у вигляді диференційного рівняння другого чи першого порядку у яких є невідомі коефіцієнти кореляційного зв'язку.

Аналіз останніх досліджень. Для дослідження вхідної дії – опору ґрунту деформуванню у роботах А.Б.Лур'є [1,2] використовують твердомір динамічної дії, що дозволяє виконувати безперервне визначення повздовжньої твердості ґрунту, первинною інформацією для визначення оцінок вірогідних характеристик якої є осцилограми записів змінення повздовжньої твердості ґрунту у роботі агрегату у польових умовах.

Формулювання цілей статті. Для моделювання вхідної дії при обробі ґрунту необхідно виконати апроксимацію кореляційної функції та спектральної

щільності процесу у аналітичному вигляді та визначити значення коефіцієнтів кореляційного зв'язку.

Основна частина. Ґрунтообробні машини з пружними підвісками робочих органів призначені для виконання корисних вібрацій. При рішенні задач оптимізації робочих режимів таких машин необхідно враховувати випадкові збудження, що реально діють на робочі органи машин. В таких випадках виникають флуктуаційні переходи системи з одного стійкого періодичного руху до іншого періодичного руху. При цьому оптимальні значення характеристик руху, що відповідають максимальній продуктивності, досягаються на рубежі існування заданого періодичного руху.

Широко відома методика рішення задач динаміки лінійних коливальних систем з постійними параметрами, що знаходяться під дією зовнішніх випадкових збуджень, коли коливальні процеси виражаються у вигляді лінійних інтегральних операторів. Для нелінійних систем такий метод неможливий, тому приходиться використовувати спеціальні методи аналітичного дослідження основані на результатах експериментів. Аналітичні рішення стохастичних нелінійних диференційних рівнянь відомі лише для деяких стохастичних нелінійних диференційних рівнянь частного вигляду і їх відомо небагато [3,4]. Для задач, що не мають аналітичного рішення раціонально використати метод імітаційного моделювання. При моделюванні вхідної дії виникає необхідність апроксимації кореляційної функції опору ґрунту аналітичним виразом з достатньою для подальшого дослідження процесу точністю. У роботі А.Ф. Крюкова [5] доказано, що опір ґрунту достатньо гарно можливо описати кореляційною функцією виду

$$K_y(\tau) = D \cdot e^{-\alpha|\tau|} \cdot \cos \beta\tau, \quad (1)$$

та відповідній їй спектральною щільністю

$$S_y(\omega) = \frac{2D\alpha}{\pi} \cdot \frac{\omega^2 + \alpha^2 + \beta^2}{\left(\omega^2 - \alpha^2 - \beta^2\right) + 4\alpha^2 \cdot \omega^2}. \quad (2)$$

Коефіцієнт α характеризує інтенсивність згасання кореляційної функції, а коефіцієнт β характеризує частоту періодичної складової випадкового процесу. Для моделювання вхідного процесу необхідно визначити значення коефіцієнтів кореляційного зв'язку α і β . Апроксимуючи опір ґрунту виразами (1) і (2), значення коефіцієнтів кореляційного зв'язку можливо підібрати по наступним формулам

$$\alpha = \frac{2\nu_0}{T_0}, \quad (3)$$

$$\beta = \frac{2\pi}{T_0}, \quad (4)$$

де $T_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T_i$ - середній період функції $R(\tau)$.

Вісь τ розбивається на n відрізків T_i проміж максимумами кривої $R(\tau)$. На цих відрізках визначаються екстремуми кривої $R(\tau)$ та визначається логарифмічний коефіцієнт згасання

$$\nu_i = \ln \left| \frac{R(\tau_i)}{R(\tau_{i+1})} \right|, \quad (5)$$

$$\nu_0 = \frac{1}{2n} \sum_{i=1}^{2n} \nu_i. \quad (6)$$

В експериментальному дослідженні [6] виконувалось безперервне визначення повздовжньої твердості ґрунту, первиною інформацією для визначення оцінок вірогідних характеристик якої є осцилограми запису змінення повздовжньої твердості ґрунту, що одержано при роботі агрегату у польових умовах. При цьому прийняте допущення ергодичності випадкових процесів при роботі агрегату, що дає можливість у якості первинного матеріалу для визначення кореляційної функції і спектральної щільності використовувати одну осцилограму процесу змінення твердості ґрунту.

Одержані кореляційні функції і спектральні щільності опору ґрунту представлено на графіку 1. Коефіцієнти кореляційного зв'язку залежать, в

основному від фізико-механічних властивостей ґрунту та від швидкості оранки. Апроксимацією кореляційної функції та спектральної щільності реалізацій опору ґрунту визначені значення коефіцієнтів α і β , які представлено у таблиці 1.

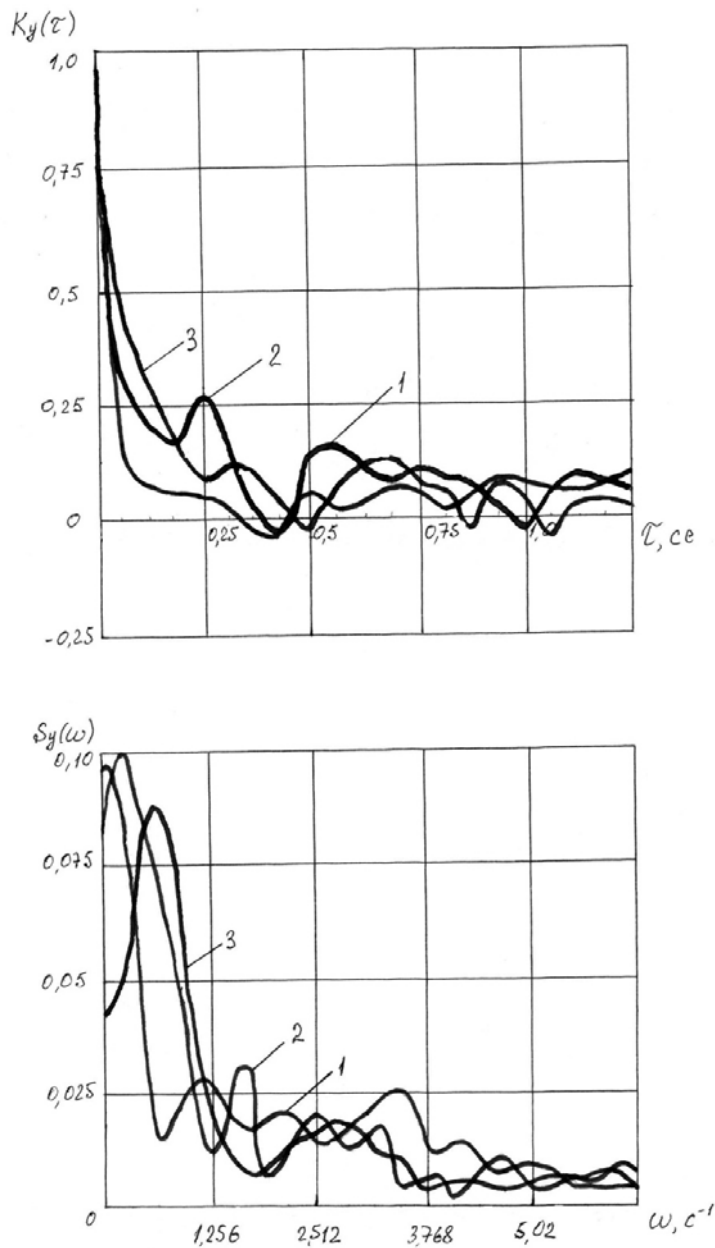


Рисунок 1. Кореляційна функція $K_y(\tau)$ і спектральна щільність $S_y(\omega)$ повздожньої твердості ґрунту на швидкостях руху агрегату: 1 – $V = 1,5$ м/с; 2 – $V = 1,78$ м/с; 3 – $V = 1,96$ м/с

Висновки. Одержані у результаті дослідження коефіцієнти кореляційного зв'язку дають можливість вибирати диференційне рівняння вхідної дії у ґрунтообробні машини для моделювання динаміки взаємодії робочого органу з ґрунтом. Наведену методику можливо використовувати для моделювання будь яких ґрунтообробних машин.

Таблиця 1 – Статистичні оцінки повздовжньої твердості ґрунту

| Статистичний параметр | Обозначення | Швидкість руху, м/с | | |
|-----------------------------------|------------------|---------------------|--------|--------|
| | | 1,96 | 1,78 | 1,6 |
| Математичне очікування | $m_y(t), Н$ | 2679,0 | 2358,2 | 2149,1 |
| Середньоквадратичне відхилення | $\sigma_y(t), Н$ | 51,02 | 49,1 | 45,35 |
| Частота зрізу | $\omega_0, 1/с$ | 0,210 | 0,628 | 0,314 |
| Коефіцієнти кореляційного зв'язку | α | 0,230 | 0,290 | 0,320 |
| | β | 3,100 | 2,295 | 2,282 |

Література:

1. А.Б.Лурье. Статистическая динамика сельскохозяйственных агрегатов / А.Б.Лурье.-Ленинград.-Колос, 1970.-376 с.,илл.
2. А.Б.Лурье, А.И.Любимов. Широкозахватные почвообрабатывающие машины / А.Б.Лурье, А.И.Любимов.-Ленинград.-Машиностроение, 1981.-270 с.,илл.
3. Стратонович Р.Л. Избранные вопросы теории флуктуаций в радиотехнике / Стратонович Р.Л. – Москва.- Советское радио, 1961.- 120 с.
4. Gaughey T.K. Nonlinear theory of random vibrations / Gaughey T.K. Advances in Applied Mechanics. – 1971. – V. 11.
5. Крюков А.Ф. Исследование динамики процесса взаимодействия плужного корпуса с почвой: Дисс...канд.техн.наук. – Волгоград, 1969. – 176 с.
6. Дюжаев В.П. Моделирование входного воздействия динамической системы корпус плуга – почва // Праці / ТДАТА. – Мелітополь, 2003. – Вип. 13. – С.40

Method of approximation of correlation functions of resistance of soil

V.Duyzhaev

Summary

In the present method of approximation of correlation functions is tested to determine the correlation coefficients of resistance of soil that is represented as a random effect on the working bodies of agricultural machines .

УД К 631.3.004 (075.8)

**АНАЛИТИЧЕСКИЙ ВЫВОД УРАВНЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ
ДИАГНОСТИЧЕСКОГО ПАРАМЕТРА ВО ВРЕМЕНИ И ЕГО
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИ ДИАГНОСТИРОВАНИИ ЭЛЕМЕНТОВ
ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

М. В. Кузьмин к. т. н., профессор ФГОУ ВПО РГАЗУ

***Аннотация.* Предложен аналитический вывод уравнения изменения диагностического параметра и его использование при диагностировании элементов технических систем. Определен доверительный интервал изменения остаточного ресурса на основе нормального закона распределения значений диагностического параметра для принятой доверительной вероятности.**

Ключевые слова: диагностика, параметр, уравнении, интервал, вероятность.

Для определения остаточного ресурса составных единиц (элементов) машин в настоящее время используется два основных метода: решение дифференциального уравнения скорости изменения диагностического параметра Π технического состояния элемента машины: $\frac{d\Pi}{dt} = -ky(t)$ [1]; на основе средней скорости V_c изменения ПТС с использованием степенной зависимости изменения Π во времени (по предложению ГОСНИТ): $\Pi = V_c t^\alpha$, где $\alpha = \text{const}$ В [1] предлагается пять различных функций $y(t)$. Основными недостатками первого метода являются следующие: необходимость установления вида функции $y(t)$ для каждого конкретного элемента (в том числе на основе многократного измерения Π в различное время), определение постоянных коэффициентов

выбранной $y(t)$, отсутствие единой формулы для определения остаточного ресурса $t_{\text{ост}}$ элемента машины с использованием табличных данных. Большинство указанных недостатков устранено в методе, разработанном ГОСНИТИ. Для определения остаточного ресурса предложена формула

$$t_{\text{ост}} = t_{\text{и}} \left(\left(\frac{\Pi_{\text{пр}} - \Pi_{\text{н}}}{\Pi_{\text{и}} - \Pi_{\text{н}}} \right)^{1/\alpha} - 1 \right),$$

(1)

где $\Pi_{\text{пр}}$ – предельное значение диагностического параметра, $\Pi_{\text{н}}$ – его номинальное значение, $\Pi_{\text{и}}$ – измеренное при диагностировании значение диагностического параметра, α – параметр, для конкретного элемента $\alpha = \text{const}$.

Численные значения α представлены табличными данными. Однако, отсутствие аналитического вывода (1) на основе принятой гипотезы уменьшает возможности анализа формулы (1) и обоснования значений α . К тому же при использовании вероятностных методов не определяется доверительный интервал изменения $t_{\text{ост}}$; значение $t_{\text{ост}}$ оценивается одним числом.

Мы полагаем, что определение $t_{\text{ост}}$ следует производить на основе аналитически выведенного уравнения, характеризующего изменение диагностического параметра во времени. Такой вывод осуществляется решением дифференциального уравнения, полученного на основе принятой гипотезы или анализе количественных характеристик протекания исследуемого процесса. В связи с изложенным в качестве руководящей гипотезы целесообразно принять зависимость скорости изменения значения диагностического параметра $d\Pi/dt$ во времени, и решением полученного дифференциального уравнения получить уравнение изменения его во времени.

Все логически возможные варианты изменения $d\Pi/dt$, кроме волнообразного и пульсирующего, могут описываться степенной зависимостью

$$y(t) = t^{\beta}.$$

(2)

С учётом того, что в зависимости от вида элемента машины при работе происходит увеличение или уменьшение значения диагностического параметра, дифференциальное уравнение скорости изменения Π принимает вид

$$(3) \quad \frac{d\Pi}{dt} = \pm kt^\beta,$$

где знак $+$ и $-$ соответствуют увеличению и уменьшению численного значения Π в процессе работы машины; k - постоянный коэффициент.

Если скорость изменения диагностического параметра в (3) постоянна, то $d\Pi/dt = \text{const}$, $\beta=0$; если скорость изменения Π линейно зависит от времени, $\beta=1$; если скорость изменения Π растёт быстрее, чем по линейному закону, $\beta > 1$; если увеличение скорости изменения Π замедляется во времени, $\beta < 1$. При $\beta < 0$ необходимо рассмотреть три случая: $\beta > -1$, $\beta = -1$ и $\beta < -1$. В первом случае скорость изменения Π в процессе работы уменьшается и в пределе стремится к 0, поэтому такой характер скорости изменения Π маловероятен и требует тщательной проверки в каждом конкретном случае. При $\beta = -1$ скорость изменения Π в процессе работы уменьшается по гиперболе, причём очень быстро стремится к нулю; то есть скорость изменения Π практически ничтожно мала, и элемент машины может работать бесконечно долго, чего в практике не наблюдается. При $\beta < -1$ после интегрирования (3) показатель степени t будет отрицательным, и при работе машины будет происходить не ухудшение состояния элемента, а его улучшение, что нереально. Таким образом, допустимыми значениями будут $\beta > -1$, наиболее вероятными для большинства элементов – $\beta \geq 0$.

Общее решение (3) имеет вид $\Pi = \pm \frac{k}{1+\beta} t^{\beta+1} + C$. При $t = 0$ $\Pi = \Pi_n$, где Π_n – номинальное значение диагностического параметра; тогда частное решение уравнения (3) при указанных начальных условиях запишется в виде

$$(4) \quad \Pi = \pm \frac{k}{1+\beta} t^{\beta+1} + \Pi_n.$$

Для приведения вида зависимости (4) в соответствие с общепринятыми обозначениями (например с табл. 3.2 [2]) положим $v+1 = \alpha$, $\frac{k}{1+\beta} = K$. Тогда уравнение (4) примет вид

$$\Pi = \pm K t^{\alpha} + \Pi_{н}. \quad (5)$$

Уравнение (5) описывает зависимость $\Pi(t)$ при различном характере изменения диагностического параметра. На его основе можно строго аналитически получить формулы для определения остаточного ресурса $t_{ост}$, а также прогнозировать время достижения диагностическим параметром Π предельного значения $\Pi_{пр}$ при неизвестном α . В последнем случае необходимо определить значения коэффициентов K и α . Остаточный ресурс составной единицы машины $t_{ост} = t_p - t_{и}$, где t_p – время достижения диагностическим параметром предельного значения $\Pi_{пр}$, $t_{и}$ – время проведения измерения Π (диагностирования).

При известном времени диагностирования остаточный ресурс будем искать в виде

$$t_{ост} = t_{и} \left(\frac{t_p}{t_{и}} - 1 \right). \quad (6)$$

Примем во внимание, что диагностический параметр принимает номинальное значение $\Pi_{н}$ при t_0 . Если определение диагностического параметра проводится в момент времени $t_{и}$, то ему соответствует значение Π , равное $\Pi_{и}$. Тогда из (5) имеем: $\Pi_{и} = \pm K t_{и}^{\alpha} + \Pi_{н}$, $\Pi_{пр} = \pm K t_p^{\alpha} + \Pi_{н}$. Откуда $t_{и}^{\alpha} = \frac{\Pi_{и} - \Pi_{н}}{\pm K}$, $t_p^{\alpha} = \frac{\Pi_{пр} - \Pi_{н}}{\pm K}$; находя из этих уравнений $t_{и}$, t_p и подставляя их в уравнение (6), получим

$$t_{ост} = t_{и} \left(\left(\frac{\Pi_{пр} - \Pi_{н}}{\Pi_{и} - \Pi_{н}} \right)^{1/\alpha} - 1 \right).$$

Таким образом, мы аналитическим методом получили известную формулу ГОСНИТИ (В. М. Михлина) [2] для определения остаточного ресурса.

Использование для вывода формулы (1) уравнения (5) даёт возможность оценить численное значение α . Так как в (2) наименьшее значение $v=0$, то в (5) наименьшее значение $\alpha=v+1=1$. Поэтому численное значение $\alpha < 1$, например в таблице 3.2 [2 и др.], вероятно, необходимо уточнить.

В реальных условиях эксплуатации характеризовать $t_{\text{ост}}$ более целесообразно не одним числом, а временным интервалом с учётом вероятностного характера значения остаточного ресурса, то есть с заданной доверительной вероятностью P_d . Решение этой задачи проведено для характера изменения диагностического параметра во времени по ломаной линии [3]; причём значение $t_{\text{ост}}$ характеризуется одним числом, то есть производится не интервальная, а точечная оценка. При изменении диагностического параметра Π во времени в реальных условиях (по непрерывной линии) на основе нормального закона распределения вероятностей целесообразно определять доверительный интервал изменения Π_n для принятой доверительной вероятности P_d [4]:

$$\bar{\Pi}_n - \frac{t_c s}{\sqrt{n}} < \Pi_n < \bar{\Pi}_n + \frac{t_c s}{\sqrt{n}}, \quad (7)$$

где $\bar{\Pi}_n$ выборочная средняя s , $\frac{t_c s}{\sqrt{n}}$ — точность оценки, t_c — случайная величина, имеющая распределение Стьюдента с учётом принятой доверительной вероятности (надёжности) и числа степеней свободы k , s — «исправленное» среднеквадратическое отклонение (эмпирический стандарт), n — объём выборки (количество опытов по определению $\bar{\Pi}_n$), $n = k + 1$, Π — математическое ожидание значения диагностического признака.

Обозначим точность оценки d через \bar{U} . Тогда уравнение (1) примет вид

$$Dt_{\text{ост}} = t_n \left(\left(\frac{\Pi_{\text{пр}} - \Pi_n}{\bar{\Pi}_n \pm \bar{U} - \Pi_n} \right)^{1/\alpha} - 1 \right), \quad (8)$$

где $Dt_{\text{ост}}$ — диапазон (доверительный интервал изменения остаточного ресурса), $Dt_{\text{ост}} = t_{\text{ост макс}} \dots t_{\text{ост мин}}$.

Так как значение s до проведения n измерений $\bar{\Pi}_n$ и определения на этой основе $\bar{\Pi}_n$ неизвестно, то при диагностировании после определения $\bar{\Pi}_n$ надо

вычислить s и по таблице значений распределения Стьюдента с учётом P_d и k , определить t_c , затем вычислить d (\bar{U}). После этого по уравнению (8) определяется $Dt_{\text{ост}}$. Так как

в таблицах распределения Стьюдента значения t_c приводятся, начиная с $n=5$, а практические измерения обычно проводят в трёхкратной повторности, то следует пользоваться таблицей критических точек распределения Стьюдента (4). При этом надо иметь в виду, что уровни значимости, указанные в ней, равны $1 - P_d$. Например, значения t_c при уровне значимости 0,05 соответствуют $P_d = 0,95$ и т. д.

Для прогнозирования времени достижения диагностическим параметром предельного значения $\Pi_{\text{пр}}$ при испытании новых машин и их элементов, для которых неизвестны численные значения K и α , целесообразно на основе уравнения (5) вычислить значения K и α любым способом определения коэффициентов эмпирических зависимостей. Проще всего это можно сделать способом избранных точек. Для этого необходимо провести два определения диагностического параметра Π в различное время. Пусть при времени испытаний t_1 интересующий нас диагностический параметр имеет значение Π_1 , при времени испытаний t_2 – значение Π_2 . Подставляя эти значения в (5), получим систему двух уравнений относительно неизвестных K и α . Решая её, найдём α :

$$\alpha = \frac{\log_{10} \left(\frac{(\Pi_2 - \Pi_H)}{(\Pi_1 - \Pi_H)} \right)}{\log_{10} (t_1 / t_2)}, \quad (9)$$

затем K . После этого из уравнения $\Pi_{\text{пр}} = \pm K t_p^\alpha + \Pi_H$ находим значение t_p .

Для уменьшения времени испытания новых машин и их элементов значения K и α желательно определить как можно раньше. Но при этом зависимости $y(t) = t^\beta$ при любом приемлемом значении β будут близки к прямолинейным, что затруднит точное определение значения α указанным выше методом. Тогда можно воспользоваться соображением, что зависимость $\Pi(t)$ диагностируемых элементов машин, для которых $\alpha = 1 \dots 1,1$, является линейной или близкой к

ней. Следовательно, продолжительность периода t_p определяется коэффициентом K . Поэтому можно поступить следующим образом. Для упомянутых элементов машин α не определять по (9), а принять значение, приведённое в существующих таблицах.

Таким образом, решением дифференциального уравнения, полученного на основе принятой гипотезы изменения $d\Pi/dt$, получено уравнение (5) изменения диагностического параметра в процессе работы машины. Совпадение формул для $t_{ост}$, полученных ГОСНИТИ и в данной работе, подтверждает допустимость принятой гипотезы о характере изменения $d\Pi/dt$, которая создаёт возможность обоснования и уточнения значений α в (1), а также аналитического вывода уравнения (5). На основе стохастического подхода получена интервальная оценка значения $t_{ост}$ (5).

Уравнение (5) можно использовать при испытании новых машин для выявления характера изменения диагностических параметров их элементов с использованием формулы (9) и для определения их рабочего периода t_p .

Использованная литература

1. Калявин В. П. Основы теории надёжности и диагностики: Учебник. – СПб.: Элмор, 1988. 172 с.
2. Ананьин А. Д. и др. Диагностика и техническое обслуживание машин: Учебное пособие. – М.: Изд. РГАЗУ, 2004. 230 с.
3. Аллилуев В. А. и др. Техническая эксплуатация машинно-тракторного парка. – М.: Агропромиздат, 1991. 367 с.
4. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика. Уч. пос. для втузов. – М.: «Высш. Школа», 1977. 479с.

АЛГОРИТМ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ МТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЛОГИСТИЧЕСКИХ МАТРИЦ

М. В. Кузьмин, к. т. н., ФГОУ ВПО «Российский государственный аграрный заочный университет» (РГАЗУ)

Предложен алгоритм разработки системы повышения производительности МТА в сельскохозяйственных предприятия с использованием логистических матриц. Для практического пользования представлены мероприятия по улучшению использования времени смены.

Ключевые слова: Система, производительность, логистика, матрица, предприятие, агрегат.

Увеличение производительности машинно-технологических агрегатов (МТА), выполняющих полевые работы, ведёт к значительному повышению эффективности использования техники и эффективности производства в целом. Анализ классической формулы для определения производительности МТА $W = f(W_c, \tau) = W_c \tau = 0,1 B_p v_p \tau$,

где W_c – производительность за час чистой работы, $W_c = 0,1 B_p v_p$; τ – коэффициент использования времени смены; B_p, v_p – соответственно рабочая ширина захвата (м) и скорость (км/ч) МТА, даёт простые рекомендации по повышению производительности – увеличение v_p, B_p, τ . При использовании имеющихся в хозяйстве с.-х. машин их ширина захвата и рабочая скорость являются заданными величинами, поэтому основное внимание необходимо уделять методам увеличения коэффициента использования времени смены τ .

Использование нетрадиционных рабочих органов сельскохозяйственных машин создаёт возможность многократного повышения производительности машинно-технологических агрегатов (МТА) [1]. В этих условиях начинают

действовать предельные законы теории производительности МТА [2], в соответствии с которыми

$$\tau = 1 / (1 + W_q t_{HEP}), \quad (1)$$

$$W = W_q / (1 + W_q t_{HEP}), \quad (2)$$

$$W_{CB} = W_q T_{CM} / (1 + W_q t_{HEP}), \quad (3)$$

где t_{HEP} – удельное нерабочее время, приходящееся на единицу обработанной площади ($t_{HEP} = T_{HEP} / W_c$, ч/га); W_c – сменная выработка МТА (га); T_{HEP} – нерабочее время смены (ч.).

Из (1) следует, что при увеличении W_q коэффициент использования времени смены при $t_{HEP} = \text{const}$ уменьшается. Для полного использования возможностей рабочих органов необходимо работать так, чтобы $\tau = \text{const}$, а для этого необходимо, чтобы удельное нерабочее время, как это следует из (1) уменьшалось по гиперболе $t_{HEP} = (1 - \tau) / W_q \tau$, что на практике является весьма сложной задачей, так как $T_{HEP} = \sum_{i=1}^{i=20} T_i$, где i – число нормируемых составляющих нерабочего времени смены. Поэтому уменьшением одной составляющей T_{HEP} (одним мероприятием), например внедрением заправки сеялок на ходу, нельзя значительно уменьшить нерабочее время. Это предопределяет необходимость системного подхода и использования логистики сельскохозяйственного производства.

Необходимость использования логистики отмечается академиком РАСХН Н. В. Краснощёковым [3]. Им же намечены основные этапы её разработки. Большой материал по повышению эффективности использования техники в сельскохозяйственном производстве представлен в [4], в котором содержатся основные базовые данные для разработки логистики использования с.-х. техники.

Современные сельскохозяйственные предприятия являются сложным биотехносоциальными системами, состоящими из трёх подсистем: социальной (люди), технической (машинные агрегаты, машины, оборудование) и

биологической (обрабатываемая среда, растения, животные и др.). Логистика технической подсистемы (средств механизации) разделяется на 2 части: логистика эффективного использования МТА в работе (производственной эксплуатации) и логистика поддержания эксплуатационных показателей с.-х. техники (технического сервиса).

Основы разработки логистики производственной эксплуатации. Мероприятия по повышению эффективности использования МТА при выполнении полевых работ представлены в основной логистической матрице (таблица 1).

Таблица 1

Перечень мероприятий по повышению эффективности использования МТА

| Мероприятия | Время проведения | Руководители | Ответственные исполнители | Рядовые исполнители |
|--|---------------------------------|---|-------------------------------|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Совершенствование и применение новых технологий возделывания и уборки сельскохозяйственных культур | В течение всего года | Руководитель хозяйства | Главные специалисты хозяйства | Специалисты хозяйства |
| Подбор с.-х. техники для прогрессивных технологий | В течение всего года | Руководитель хозяйства | Главные специалисты хоз. | Специалисты хозяйства |
| Разработка и внедрение операционных технологий на основе новых технологий и техники | В рабочий период | Руководитель хозяйства | Главные специалисты хозяйства | Специалисты хозяйства |
| Повышение квалификации: специалистов, механизаторов и других работников хозяйства. | Нерабочий период. Зимний период | Руководитель хозяйства. Главные специалисты | Главные специалисты хозяйства | Механизаторы и др. работники хозяйства |

Разработка системы повышения производительности МТА должна проводиться по каждому мероприятию основной логистической матрицы (табл. 1) в соответствии со следующим алгоритмом:

1. Анализ функционирования подсистемы и фактических показателей производительности, качества и стоимости работы МТА, в том числе анализ

непроизводительных затрат времени при выполнении с. - х. работ.

2. Определение причин, обусловивших выявленные недостатки.

3. Разработка мероприятий по устранению недостатков в работе технической подсистемы и причин, их вызывающих. Составление плана реализации разработанных мероприятий с учётом их экономической и экологической эффективности.

4. Организация и обеспечение (материально - техническое, финансовое, кадровое и др.) выполнения плана мероприятий по повышению производительности и качества работы МТА и снижению их стоимости.

5. Контроль реализации плана.

Содержание мероприятий по реализации этой системы с учётом уменьшения всех затрат зависит от положения дел в хозяйстве и местных условий. В связи с этим конкретные рекомендации необходимо разрабатывать в с.-х. предприятиях.

Наиболее эффективным мероприятием, из указанных в табл. 1, является совершенствование технологий производства с.-х. продукции. Поэтому в первую очередь необходимо принять меры по внедрению в производство прогрессивных технологий. Основными направлениями совершенствования технологий являются повышение продуктивности (в частности урожайности) и энергосбережение.

В настоящее время появилась настоятельная необходимость сбережения природных ресурсов – в первую очередь уменьшение вредных воздействий на почву с переходом на сохранение и повышение её агротехнических свойств с учётом и использованием всех возможностей как природы, так и техногенных воздействий. Такие технологии производства с.-х. продукции получили название сберегающих. Основными направлениями в реализации сберегающих технологий является уменьшение применения гербицидов, минимизация обработки почвы с переходом на обоснованное беспашотное земледелие, уменьшение воздействия на неё движителей. С целью уменьшения применения ядохимикатов для борьбы с сорняками, вредителями и болезнями следует переходить на агротехнические, технические и биологические методы, в том

числе на использование естественного антагонизма растений. Для уменьшения использования гербицидов целесообразно разработать методы уничтожения или подавления сорняков предварительно обработанной концентрированной навозной жижей при сплошном и при полосном (в междурядья) её внесении [5]. Дополнительным преимуществом этого будет возможность использования её как удобрения при естественном постепенном разбавлении дождем и почвенными водами.

В последнее время в с.-х. РФ значительно снизились возможности применения органических и минеральных удобрений. К тому же использование существующих минеральных удобрений экологически небезопасно, так как с суперфосфатом вносят кадмий, с сапропелем – кадмий, с фосфором – стронций и фтор и т. д. Дополнительно к этому поддержание плодородия почв при использовании существующих агротехнических способов и средств механизации очень энергоемко, поэтому не может быть в ближайшее время полностью осуществлено [6].

Из изложенного следует, что для повышения плодородия почвы, уменьшения её загрязнения следует расширить применение пожнивных посевов сидеральных удобрений. Дополнительно к известным способам их применения мы считаем целесообразным высевать сидераты одновременно с посевом пропашных культур в их междурядья с последующей заделкой в почву при междурядных обработках [5].

Для реализации в хозяйстве прогрессивных технологий и получения от них максимального эффекта должна быть проведена следующая работа:

— подбор для местных условий высокоурожайных сортов с хорошим качеством продукции, качественное хранение, полная предпосевная обработка;

— обеспечение растений необходимым количеством питательных веществ: разработка и реализация системы удобрений для получения запрограммированного урожая;

— повышение плодородия почвы: правильная обработка, увеличение содержания гумуса и сбалансированность по основным питательным элементам;

— борьба с вредителями, болезнями и сорняками (химическая, биологическая,

агротехническая, селекционная и др.);

— подбор необходимой техники для выполнения всего комплекса работ в полном соответствии с требованиями агротехники;

— внедрение операционных технологий: соблюдение правил выполнения полевых работ, послеуборочной обработки продуктов урожая и их хранения.

Поскольку технологии производства с.-х. продукции реализуются механизированными средствами, определяющее значение приобретает с.-х. техника. В настоящее время отечественные и зарубежные производители поставляют на рынок разнообразную технику. К сожалению, по ряду причин преимущества иностранной техники, особенно зерноуборочных комбайнов, значительно преувеличены [7], поэтому следует ориентироваться на с.-х. технику отечественного производства.

Успех реализации любой технологии производства с.-х. продукции определяется тщательным и технически грамотным выполнением каждой операции, входящей в состав технологии. Упущение на любом этапе значительно ухудшает или даже сводит к нулю результаты всей работы, так как брак при выполнении полевых работ в подавляющем большинстве случаев является неисправимым. Поэтому необходима разработка и внедрение операционных технологий на основе новых технологий и техники. При их использовании необходимо иметь в виду, что в соответствии с [2] максимальная производительность за час сменного времени

$$W_{\text{макс}} = \lim W_{\text{ч}} / (1 + W_{\text{ч}} t_{\text{нер}}) \Big|_{W_{\text{ч}} \rightarrow \infty} = 1/t_{\text{нер}}. \quad (4)$$

Поэтому основное внимание необходимо уделять уменьшению $T_{\text{нер}}$, что приведёт и к уменьшению $t_{\text{нер}}$. Дело в том, что на величину $T_{\text{нер}}$ влияют практически все факторы производственной деятельности и состояние дел в хозяйстве. Поэтому реализацией мероприятий по уменьшению $T_{\text{нер}}$ можно в основном выстроить систему улучшения использования техники в предприятии.

Мероприятия по уменьшению всех нормируемых составляющих $T_{\text{нер}}$, полученные на основе наших исследований приведены в рабочей логистической матрице (табл. 2). Их следует использовать при анализе эксплуатации МТП хозяйства и при реализации указанного алгоритма повышения эффективности использования МТА при выполнении полевых работ.

Таблица 2

Мероприятия по улучшению использования времени смены (уменьшению $T_{\text{пер}}$)

| Основные составляющие $T_{\text{пер}}$ | Содержание операций, на выполнение которых затрачивается $T_{\text{пер}}$ | Содержание мероприятий по уменьшению затрат времени $T_{\text{пер}}$ при использовании техники | | | | | |
|---|--|--|---|-----------------------------------|---|-------------------------------------|---|
| | | Техническое | Организационные | Технологические (агротехнические) | Улучшение угодий (полей), подъездных путей и т.п. | Кадровые | Направления изобретательской работы и конструирования |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Нерегулярное подготовительно-заключительное время $T_{\text{н.пз}} = T_{\text{ком}} + T_{\text{пер}} + T_{\text{п.п.}} + T_{\text{ср}}$ | | | | | | | |
| $T_{\text{ком}}$ | Комплектование и перестройка агрегата при переходе с одной работы на другую | Применение приспособлений для регулировки машин. Использование мастеров-наладчиков | Использование специализированных звеньев | | | Подбор кадров и организация звеньев | Изготовление сцепок и приспособлений |
| $T_{\text{пер}}$ | Переезд агрегата с места стоянки (хранения) к месту работы на поле и обратно | | Разработка планов-маршрутов. Внедрение поточно-групповой работы | | Увеличение площади полей с целью уменьшения количества переездов, улучшение дорог, подъездных путей, конфигурации полей | | |

| | | | | | | | |
|------------|--|---|--------------------------------|---|--|---|--|
| $T_{п.п.}$ | Подготовка поля к работе (отбивка загонов, обкосы и др.) | Выбор способов движения агрегатов, упрощающих подготовку поля | Своевременная подготовка полей | Планирование землепользования и севооборотов с учетом уменьшения количества переездов агрегатов, укрупнение полей | | Обучение бригадиров и учетчиков методами подготовки поля для работы МТА | |
|------------|--|---|--------------------------------|---|--|---|--|

Продолжение таблицы 2.1.

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|------------------------------------|--|--|
| $T_{ср}$ | Сдача выполненной работы | | | | | | Изготовление удобных измерительных приспособлений |
| Регулярное подготовительно-заключительное время $T_{пз} = T_{т.в} + T_3 + T_{в.с.}$ | | | | | | | |
| $T_{т.в.}$ | Ежесменное техническое обслуживание агрегата | Оснащение хозяйств средствами механизации для выполнения технического обслуживания, а также постами технического обслуживания (ПТО) | Совершенствование инженерной службы в хозяйстве. Использование мастеров-наладчиков. Совершенствование технического обслуживания машин | | | Повышение технической грамотности трактористов | Разработка приспособлений для более быстрого и качественного выполнения отдельных операций технического обслуживания |
| T_3 | Переезды к месту работы и передача агрегата в конце смены | | Рациональное расположение полевых станков. Организация стоянок техники в поле | Планирование землепользования и севооборотов с учетом уменьшения количества переездов агрегатов | Улучшение подъездных путей к полям | | |

Продолжение таблицы 2.1.

| 1 | 2692 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|--------------------------------------|--|--|--|---|--|---|
| $T_{y.e.}$ | Устранение мелких неисправностей. | То же, что для T_{my} | То же, что для T_{my} Организация диспетчерской службы | | | Создание условий, заинтересовывающих механизаторов в улучшении технического состояния и увеличении долговечности и машин | Устранение мелких конструктивных недостатков сельскохозяйственных машин и переоборудование их с целью приспособления к условиям зоны |
| Вспомогательное время $T_{всп} = T_{п} + T_{то} + T_{пер} + T_{па}$ | | | | | | | |
| $T_{п}$ | Повороты и заезды агрегата на загоне | Определение рационального состава агрегата (по количеству сельскохозяйственных машин) и режимов его работы (в основном V_p). Применение рациональных видов поворотов. Агрегатирование машин в шеренгу | Отбивка поворотных полос в соответствии с возможностями агрегата. Выбор направления движения, при котором получается наименьшее количество поворотов | Введение севооборотов с укрупненными полями. | Улучшение конфигурации полей. Устранение препятствий за пределами поля (пней, кустов и т.д.) для обеспечения поворотов агрегата на рабочей скорости за пределами поля | Обучение выполнению специальных видов поворотов на повышенной скорости. | Разработка способов агрегатирования, сцепок, позволяющих поворачивать (особенно многомашинные агрегаты) с наименьшим радиусом поворота и не ограничивающих скорости движения на повороте. Разработка средств автоматического вождения на повороте и при заездах |

Продолжение таблицы 2.1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|-------------------|---|---|--|---|--|---|--|
| T _{то} | Технологическое обслуживание агрегата: загрузка семенами и удобрениями, ядохимикатами, водой и другими технологическими материалами, выгрузка собранной продукции и др. | Увеличение емкостей бункеров (например надставкой бортов). Переоборудование транспортных средств в заправщики. Оснащение хозяйства заправщиками | Использование заправщиков. Рациональное размещение пунктов заправки технологическими материалами. Применение оборотных прицепов и бункеров-накопителей при уборке зерновых | Использование семенного и посадочного материала высокого качества, позволяющее уменьшить норму посева (по-садки). Разработка технологии возделывания с.-х. культур с совмещением операций | | Обучение методам заправки (загрузки) машин из механизированных средств, в том числе и без остановки агрегата. Обучение передовым методам работы | Переоборудование транспортных средств в заправщики. Разработка мероприятий по повышению производительности погрузчиков |
| T _{пер} | Внутрисменные переезды агрегата с поля на поле или с участка на участок | | Разработка маршрутов движения агрегата, уменьшающих количество переездов | Планирование севооборотов, уменьшающих переезды агрегата | Увеличение площади полей, исключение из оборота полей с небольшой площадью. Улучшение дорог и подъездных путей к полям | Повышение квалификации механизаторов | |
| T _{п.а.} | Перевод агрегата из рабочего положения в транспортное и обратно | Применение сцепок, позволяющих быстро переводить машину из рабочего положения в транспортное и обратно | | | | | Изготовление сцепок и приспособлений для уменьшения затрат труда и времени на перевод МТА из рабочего положения в транспортное и обратно |

Продолжение таблицы 2.1.

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|--|--|---|--|---|--|---|
| Обслуживание агрегата на загоне в течение смены $T_{об} = T_{у.н.т.} + T_{кач} + T_{туб}$ | | | | | | | |
| $T_{у.н.т.}$ | Устранение нарушений технологического процесса: очистка рабочих органов борон, очистка от забивания плугов и др. | Поддержание в исправном состоянии чистиков, оснащение машин устройствами встряхивания звеньев борон | Улучшения контроля за качеством выполнения предыдущих операций. | Повышение качества выполнения предыдущей операции; повышение культуры земледелия; уменьшение засоренности; улучшение выровненности полей и др. | Очистка полей от пней, камней и других посторонних предметов. Выкорчевывание кустарников и деревьев на разворотных полосах | Обучение механизаторов методами повышения качества работы | Приспособление машин для работы в трудных условиях |
| $T_{кач}$ | Проверка качества выполнения работ и технологическая регулировка агрегата | Внедрение датчиков потерь и другой сигнальной автоматики. Изготовление мерительных инструментов, а также механизированных средств проверки качества работы и настройки машин | Организация работы звеньев мастеров-наладчиков. Оснащение хозяйства техническими средствами для регулировки машин | Организация службы проверки качества работы в поле, применение комплекта инструментов и механизированных средств контроля качества работы | Улучшение состояния полей и других угодий с целью создания более равномерных физико-механических свойств почвы и условий для более равномерного развития растений | Обучение механизаторов выполнению технологических регулировок, а также основным положениям системы управления качеством работы с.-х. машин | Усовершенствование измерительных средств, а также механизированных средств настройки машин. Оснащение машин средствами технологической автоматики |
| $T_{туб}$ | Смазка точек, требующаяся более одного раза в смену; подтяжка креплений, ослабляющихся во время работы; | Внедрение механизированных средств технологического обслуживания | Организация работы по техническому обслуживанию, диспетчерской службы | | | | Разработка специального инструмента, улучшение конструкции узлов машин |

| | | | | | | | |
|--|------------------------------------|-----|--|--|--|--|--|
| | устранение других мелких неполадок | МТП | | | | | |
|--|------------------------------------|-----|--|--|--|--|--|

Продолжение таблицы 2

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|--|--|---|---|--|---|--|
| Дополнительное время $T_{доп} = T_{об} + T_{дх} + T_{об}$ | | | | | | | |
| $T_{об}$ | Объезд препятствий, мешающих движению агрегата (столбы, валуны, пни) | Внедрение специальных способов движения | Организация подготовки поля для работы машинных агрегатов (разметка поля, обозначение препятствий и опасных мест) | Повышение культуры земледелия, разработка специальных технологий обработки почвы, возделывания и уборки культур | Улучшение полей и других сельско-хозяйственных угодий, очистка их от камней, древесных и растительных остатков (пней, корней), металлического и другого промышленного и бытового мусора; выравнивание поверхности поля, заравнивание ям, промоин и др. | Обучение механизатора в работе в сложных условиях | Приспособление машин для работы в сложных условиях (на полях засоренных камнями и т.п.) |
| $T_{дх}$ | Холостые проходы агрегата, вызванные сложной конфигурацией; остановка из-за каменистости | Поддержание в порядке предохранительных устройств на с.-х. машинах. | | | | | |
| Простои агрегата – непроизводительные остановки агрегата и потери времени, не предусмотренные технологическим процессом: $T_{пр} = T_{т.н} + T_{орг} + T_{мст} + T_{н.д}$ | | | | | | | |
| $T_{т.н}$ | По техническим причинам, связанным с простоями тракторов и с.-х. машин | Улучшение качества ремонта и технического состояния машин. Улучшение качества технического обслуживания. | Организация и внедрение ТО МТП; организация диспетчерской службы; организация группового использования машин. Закрепление техники за механизаторами | | | Повышение квалификации трактористов-машинистов, механизаторов | Совершенствование методов ремонта. Улучшение конструкции деталей, имеющих недостаточную надежность |

Продолжение таблицы 2.

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|------------------|---|--|--|---|---|--|--|
| T _{орг} | По организационным причинам – ожидание семян, удобрений и других технологических материалов, работы (или указаний о порядке ее выполнения), транспортных средств, обслуживающих агрегат и др. | Применение заправщиков семян и удобрений | Организация диспетчерской службы, внедрение планов-маршрутов, организация групповой и поточно-групповой работы, поточно-циклового метода | Организация и внедрение поточных технологий | | Обучение механизаторов в прогрессивным приемам организации работ и взаимодействию с транспортными средствами | |
| T _{мет} | По метеорологическим условиям – дождь, повышенная влажность почвы, роса | | Организация диспетчерской службы информации, оперативное переключение на выполнение другой работы | | | Повышение квалификации и механизаторов | Приспособление машин к работе в неблагоприятных условиях |
| T _{н.д} | Простои из-за недисциплинированности механизаторов | | | | | Повышение сознательности и механизаторов, их заинтересованности в результатах труда | |

Список использованной литературы

1. Кузьмин М. В. Нетрадиционные рабочие органы сельскохозяйственных машин / М. В. Кузьмин // Техника в сельском хозяйстве. – 2006. – №6. – С.23 – 28.
2. Кузьмин М. В. Предельные законы теории производительности машинно-технологических агрегатов / М. В. Кузьмин // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2005. – № 10. – С.6 – 8.
3. Краснощёков Н.В. Логистика производства сельскохозяйственной продукции /Н.В. Краснощёков // Техника в сельском хозяйстве. – 2007. – №3. – С. 3 – 8.
4. Система использования техники в сельскохозяйственном производстве/ Н. В. Краснощёков и др. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2003.
5. Кузьмин М. В. Нетрадиционные направления развития техники будущего / М. В. Кузьмин.– М.: ОАО ИНИЦ «ПАТЕНТ», 2006.
6. Булаткин Г.А. Эколого-энергетические проблемы оптимизации продуктивности агроэкосистем. – Пушкино: ОНТИ ПНЦ АН СССР, 1991.
7. Жалнин Э. В. Отечественные и зарубежные зерноуборочные комбайны – как они есть /Э. В. Жалнин // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2008.– № 2(3). – С. 43 – 47.

Автор: М. В. Кузьмин, д. т. н., профессор кафедры эксплуатации машинно-тракторного парка ФГОУ ВПО «Российский государственный аграрный заочный университет» (РГАЗУ), телефоны: рабочий – 8.495.521 47 22, домашний – 8. 495.377 23 33. За консультациями по рассмотренным в статье вопросам можно обращаться по адресу 143900, Московская область, г. Балашиха-8, ул. Ю. Фучика, д. 1, кафедра эксплуатации МТП; по телефону 521 47 22, кафедра эксплуатации МТП РГАЗУ (консультации платные).

ALGORITHM DEVELOPMENT SYSTEM OF IMPROVING PERFORMANCE AIT using a logistic Matrix"

M.V. Kuzmin, Ph.D., professor of Federal State Institution of Higher Professional Education "Russia State Agrarian Correspondence University"

An algorithm for developing a system for increasing productivity in the agricultural enterprises AIT using logistic matrices. For practical use are measures to improve the use of time shifts.

Keywords: system, productivity, logistics, matrix.

УДК

СТАНДАРТИЗАЦИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЭКОТЕХНОЛОГИЙ

Н.Д. Келлер д.т.н., проф. Всероссийский институт механизации РАСХН
Г. Москва

Человечество давно живет по установленным людьми правилам и нормам, именуемым стандартами. Качество стандартов определяет качество жизни. Ежегодно, осенью во многих странах мира проводятся два форума - Всемирный день стандартов и Всемирный день качества. На форуме качества в ноябре 2006 года был объявлен девиз XXI века, - *век качества, основанный на знаниях.*

Для современной экономики характерна экологическая направленность стандартизации и инвестиций – т.н. **экоинновационная деятельность** /1/. Требования и нормы, закладываемые в стандарты, направлены на внедрение и совершенствование перспективных технологий, в которых преобладает экологический вектор (нанотехнологии, Cells-технологии и др.).

В основу развития любого производства в странах Европейского Союза закладываются принципы замкнутого жизненного цикла продукции (ЖЦП), основанные на критериях экологии: безотходность технологий, сокращение вредных выбросов производств, извлечение ценных побочных продуктов и утилизация отходов, снижение материалоемкости и энергопотребления, увеличение экологической эффективности экономической деятельности, стимулирование внедрения систем экологического менеджмента, создание экологичного производственного оборудования и др.

В Азиатском регионе в числе направлений инноваций на стандартизацию и развитие производств следует отметить экологический аспект[2]:

- экологическая ориентация и повышение эффективности малого и среднего бизнеса;
- развитие форм финансирования экорынков и экоиндустрии для развития альтернативной энергетики, а также международных рынков для материалов с возможностью их вторичной переработки;
- эффективное использование местных ресурсов (в т. ч. энергия биомассы);
- стимулирование инновационной активности местного населения с целью развития экологического образования и создания базы для управления ресурсами на основе накопленного опыта и знаний с учетом местных традиций).

В современном мире соответствие продукции и технологий её производства требованиям качества и безопасности устанавливается и поддерживается сериями стандартов на систему управления качеством (ISO 9001), экологического менеджмента (ISO 14001), на пищевую безопасность (HACCP, ISO 22000, BRC) и др.

Для инженерно технической сферы АПК наибольший интерес представляют серии стандартов (ISO 9001), (ISO 14001), а также стандарты системы SA 8000 о социальной корпоративной ответственности.

Страны, имеющие наиболее жесткие экологические стандарты, оказываются и наиболее конкурентоспособными. Например, в Германии закон о замкнутом цикле вещества и обращении с отходами, который вступил в действие в 1996 г., уже оказывает влияние на научные исследования и разработки.

Правительства развитых стран активно поддерживают экопроизводство, так как оно способствует укреплению внутреннего рынка, увеличению экспорта, помогая решать экономические и экологические проблемы. Торговые барьеры для предприятий, которые не соблюдают международных экологических норм, становятся реальной угрозой их экспортной деятельности.

Экспорт из стран, проводящих эффективную экологическую политику, имеет тенденцию к быстрому росту.

Формируется и развивается мировой рынок экологически чистой продукции. Его мировой объем в 2003 г. составил 25 млрд долл. Ежегодные темпы роста в развитых странах составляют 20—30% [3].

В сельском хозяйстве это относится прежде всего к производству экологически чистой продукции растениеводства и животноводства.

В 2002 г. продажи такой продукции в США составили 11,7 млрд долл., или 1,8% от общего объема рынка продуктов питания.

Экологически чистое питание (**organic food**) развивается в США с 1970-х годов (как антипод fast food – пища быстрого приготовления). Около 25% жителей США сегодня употребляют экологически чистую продукцию. Продукция **organic food** производится в специализированных хозяйствах и реализуется через сеть специализированных супермаркетов [4].

В настоящее время 32 страны мира имеют утвержденные стандарты на экологически чистую продукцию, 9 стран занимаются их внедрением, а 15 — разработкой таких стандартов.

Отставание России в этой области (по многим товарам) превратилось в серьезное препятствие для выхода ее продукции на мировые рынки. До сих пор в стране выпуск некачественной продукции в общем объеме производства еще очень велик. Из-за фальсификации продукции и несовершенной системы подтверждения соответствия прямые убытки ведущих российских и иностранных производителей — владельцев товарных знаков в РФ в конце 1990-х годов превышали 1,5 млрд долл. США ежегодно [6].

Основными факторами, тормозящими развитие экологически чистой продукции в России специалисты считают отсутствие национальных стандартов на такую продукцию, а также сырьевую ориентацию экономики, которая привела к аккумуляции инвестиционных ресурсов в компаниях добывающих отраслей [1].

Низкая конкурентоспособность отечественной с\х продукции во многом объясняется устаревшей системой стандартизации и отсутствием в программах предприятий и институтов агропромышленного комплекса разработок и исследований в области экотехнологий.

Тем не менее, на российском рынке отмечено увеличение продаж экологически чистой продукции, в основном, импортного происхождения. Первые мероприятия по техническому регулированию экопродукции касаются вопросов подтверждения соответствия и маркировки. Наиболее активно они осуществляются в Москве и Санкт-Петербурге. С 2004 г. в Москве введена система добровольной экологической маркировки продуктов питания. Знак соответствия представляет собой эмблему с зеленым дубовым листом, падающей на него голубой каплей и надписью «Московский экологичный продукт».

Эта акция реализуется с целью защиты от применения неправомερных и вводящих в заблуждение различных «экознаков» и заявлений, которые в последние годы наводнили московский рынок. По данным Департамента природопользования и охраны окружающей среды Москвы в 2003 г. на 30% упаковок соков и воды в пластиковых бутылках, поступивших на потребительский рынок Москвы, были незаконно нанесены экологические знаки [6]. Теперь за их подделку будут штрафовать на 5-200 МРОТ (0,5-20 тыс. р.).

Санкт-Петербургский экологический союз реализует программу «Экология и человек», удостоенную Европейской премии Джованни Маркора. Один из проектов программы предусматривает внедрение экомаркировки для продукции широкого спроса. Знаком соответствия с названием «Листок жизни» будут отмечены товары, технология изготовления и состав которых соответствуют европейским нормам. В С.-Петербурге создано независимое объединение - Ассоциация диетологов, в которое входят специалисты Военно-медицинской академии, крупных промышленных и торговых предприятий, городской администрации, главные диетологи города и области. Уставная цель Ассоциации - обеспечить потребителю безопасность и уверенность в качестве приобретаемых товаров.

Перспектива развития сельскохозяйственного производства России органически связана с повышением качества получаемой продовольственной продукции. Важнейшую роль должны при этом сыграть экотехнологии возделывания с\х культур.

Повышение качества и конкурентоспособности отечественной продукции и ее продвижение на внешние рынки возможны только на инновационной основе, одной из ведущих составляющих которой является экологическая эффективность. Можно предложить три первоочередных направления реализации проблемы – комплексная стандартизация всех ЖЦП, создание сети малых агрофирм по производству экопродукции и формирование системы средств механизации и автоматизации для реализации экотехнологий,

Стандартизация. Сегодня на мировых рынках спросом пользуется только сертифицированная продукция. При этом продукция и технология её производства должны соответствовать требованиям современных международно-дных стандартов. Российские производители смогут выйти на перспективные рынки европейских и азиатских государств лишь в том случае, если представят реальные доказательства того, что в своей деятельности одной из главных задач планируют заботу об окружающей среде.

Реальным доказательством заботы об окружающей среде является наличие в организациях сертификатов соответствия требованиям стандартов ИСО серий 9000 и 14000.

Создание сети малых агрофирм. Реализация экотехнологий наиболее эффективна на базе малых и средних хозяйств как наиболее соответствующих по своим параметрам для внедрения экотехнологий.

В настоящее время растет внимание к предприятиям малого бизнеса, к которым можно отнести и малые сельскохозяйственные предприятия. В мире сегодня свыше 95% предприятий относятся к категории малых и средних.

Президенты крупнейших международных организаций по стандартизации ИСО и МЭК г-н Р. Тани и г-н Х. Мерби и генеральный секретарь МСЭ г-н Х.Туре в послании по случаю Всемирного дня стандартов отмечают, что «...малый бизнес вполне мог бы претендовать на то, чтобы его называли крупнейшим бизнесом мирового масштаба. Владельцы и менеджеры в малом бизнесе — это сильно загруженные работой люди, находящиеся в постоянной борьбе за выживание своих предприятий. Это обуславливает необходимость того, чтобы международные стандарты предоставляли такие же выгоды малому бизнесу, как и международным корпорациям, правительствам, обществу в целом».

Эффективность малых сельскохозяйственных предприятий до настоящего времени явно недооценена, хотя еще в 30-х годах прошлого века великий ученый – аграрий А.В.Чаянов дал очень высокую и обоснованную характеристику потен-циальным возможностям малых хозяйств.

Создание сети малых сельскохозяйственных предприятий, объединённых в агрофирмы или кооперативы по производству экологического питания с широким применением средств малой механизации представляется перспективным направлением развития отечественного агропромышленного комплекса.

К стратегическим задачам повышения конкурентоспособности на отраслевом уровне следует отнести:

- ориентацию (с последующей сертификацией) производств сельхозпродукции на международные стандарты;
- разработку национальных стандартов на экологически чистые технологии, продукцию, услуги, и др., соответствующих международным требованиям;
- разработку и реализацию политики нового протекционизма для защиты

внутреннего рынка от неоправданного импорта с параллельным стимулированием экспорта перспективной продукции по параметрам конкурентоспособности (за счет развития системы субсидий, кредитования, государственных закупок, гарантий, изменения тарифного и нетарифного регулирования экспортных и импортных операций) и др.

Известные проводники идей качества, Ю.П. Адлер и В.Л. Шпер, обозначили методологию «Шести сигм» как «дорогу, ведущую к храму». Но дороги к ним проложены по нашей голубой планете Земля, а творец качества жизни всего живого— природа. Мы качество не сохранили. Уже 60 млн россиян живут в экологически неблагоприятных зонах страны, и неизвестно, наступит ли эра сбережения того, что еще сохранилось, чтобы это передать детям. Девизом сказанного могут служить слова Антуана де Сент Экзюпери: «Мы не унаследовали землю от своих предков. Мы берем ее в долг у наших детей».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Г.Ферару. Экоинновационная деятельность как фактор повышения качества и конкурентоспособности продукции. «Стандарты и качество» 3 – 2007, с 80-84
2. Перелет Р.А. Стимулирование экоинновационной деятельности // Экология производства. — 2006. — № 1.
3. Пугачев С.В. Стандартизация в рамках реформы технического регулирования // Стандарты и качество. — 2004. — № 10. — С. 8—55.
4. Helga Willer, Minou Youssef (Eds). The World of Organic Agriculture 2004. Statistics and Emerging Trends // IFOAM Publication, 6th, revised edition, 2004.
5. The National Organic Program. — USDA, 2002.
6. Горшков Д.В. Рынок экологически чистых продуктов: зарубежный опыт и перспективы России // Маркетинг в России и за рубежом. 2004. № 6.
7. Фролов К.В. «Методы совершенствования машин и современные проблемы машиноведения.» — М.: Машиностроение, 1984.
8. Щурин К.В. «Основы теории надежности мобильных машин: Учебное пособие для вузов.» - М.: МГУЛ, 2004. - 216 с.
9. «Федеральный закон «О техническом регулировании» опасен для страны» // Стандарты и качество. — 2007. — № 1. — С. 16.

Streamlined sample preparation procedure for determination of perchlorate anion in foods by ion chromatography-tandem mass spectrometry

Alexander J. Krynitsky^{a,*}, Richard A. Niemann^a, Anthony D. Williams^b,
Marvin L. Hopper^c

^a Center for Food Safety and Applied Nutrition, U.S. Food and Drug Administration, 5100 Paint Branch Parkway, College Park, MD 20740-3835, United States

^b Southeastern Regional Laboratory, U.S. Food and Drug Administration, 60 Eighth Street NE, Atlanta, GA30309, UnitedStates

^c Total Diet Research Center, U.S. Food and Drug Administration, 11630 West 80th Street, Lenexa, KS 66214, UnitedStates

Abstract

A rapid, sensitive, and specific method was developed for the determination of perchlorate anion in foods. The foods included high moisture fruits and vegetables, low moisture foods (e.g. wheat flour and corn meal), and infant foods. Improvements to existing procedures were made in sample preparation that reduced sample test portion size from 100 to 5 or 10 g, extraction solvent volume from 150 to 20-40 ml, and replaced blending extraction-vacuum filtration and their associated large glassware with a simple shakeout-centrifugation in a small conical tube. Procedures common to all matrices involved: extraction, centrifugation, graphitized carbon solid phase extraction (SPE) cleanup, and ion chromatography-tandem mass spectrometry (IC-MS/MS) analysis. A Waters IC-Pak Anion HR column (4.6 mm x 75 mm) was eluted with 100mM ammonium acetate in 50:50 (v/v) acetonitrile/water mobile phase at a rate of 0.35 ml/min. A triple stage quadrupole mass spectrometer, equipped with electrospray ionization (ESI) in the negative ion mode, was used to detect perchlorate anion. An ¹⁸C>4-labeled perchlorate anion internal standard was used to correct for any matrix effects. The method limit of quantitation (LOQ) was: 1.0 µg/kg in fruits, vegetables, and infant foods; 3.0 µg/kg in dry products. Fortified test portions gave 80-120% recoveries. Determination of incurred perchlorate anion residues agreed well with results for comparable commodities or products analyzed by published methods. Published by Elsevier B.V.

Keywords: Perchlorate anion; Foods; SPE; IC-MS/MS

1. Introduction

Perchlorate is both a naturally occurring and manmade chemical. Most of the perchlorate manufactured in the United States is used as the primary ingredient of solid rocket propellant. Perchlorate is also used in pyrotechnics, such as fireworks, gun powder, explosives, and highway flares [1-5]. Perchlorate has been discovered in surface and ground water supplies throughout the United States [6]. There is concern that these perchlorate-contaminated waters may represent a health risk both as sources of drinking water to humans and irrigation water for food crops. Potential health effects associated with the perchlorate anion include disruption of the thyroid function by competitively inhibiting iodide transport [7]. About 90% of the nation's winter lettuce is grown in the Imperial Valley of California and Yuma, AZ, which are irrigated with Colorado River water contaminated with perchlorate [8]. Thus, it is conceivable that public exposure to perchlorate could be nationwide from these two growing areas.

The U.S. Food and Drug Administration (FDA) recognizes the potential for perchlorate contamination in food through the use of contaminated irrigation water, processing water, and source waters for bottling. In order to better understand the issue of perchlorate in foods, FDA in 2004 began monitoring perchlorate in a variety of foods to evaluate exposure to perchlorate from food and to support any action that might be needed to protect the public health [9].

To assess exposure to perchlorate from the food supply, the FDA developed a sensitive, specific, and rapid instrumental method to provide analytical data. Food analyses have a higher likelihood of false positive results when compared to simpler matrices such as water, especially using methods not entailing mass spectrometry (MS). Methods employing conductivity detection (CD) lacked perchlorate specificity and so required more laborious cleanup [10-11]. Methods based on highly sensitive and specific MS [3,12-14] have been successful for determination of perchlorate anion in water and soil without relying on an isotopically labeled internal standard. However, in electrospray-ionization (ESI) MS of extracts prepared from more chemically complex samples such as food, matrix effects often suppressed or enhanced the quantitation signal, possibly causing large errors in quantitation. Overcoming matrix effects through additional extract cleanup and calibration by standard additions would considerably lengthen ESI-MS methodology. Alternatively, the use of a labeled perchlorate anion as an internal standard (IS) and tandem mass spectrometry (MS/MS) should compensate for matrix effects without compromising analytical speed [15-17].

In this article, we describe a streamlined version ("Streamlined Method") of our previously published ("Original Method") [15] ion chromatography (IC)-MS/MS method that incorporates an $^{18}\text{O}_4$ -labeled perchlorate IS to correct for matrix effects on measured signals. Improvements were made in sample preparation that reduced sample test portion size from 100 to 5 or 10 g, extraction solvent volume from 150 to 20-40 ml, and replaced blending extraction-vacuum filtration and their associated large glassware with a simple shakeout-centrifugation in a small conical tube. The above measures permit an analyst to process twenty samples through the extraction and cleanup steps in just 2 h. Also the "Streamlined Method" is applicable to a larger variety of foods than the "Original Method".

The "Streamlined Method" was evaluated, using samples with incurred residues, by statistically comparing results with other published methods, as well as performing interlaboratory trials. Also recovery studies were performed with fortified samples. The method performed satisfactorily for a wide variety of foods: high moisture fruits and vegetables, low moisture foods (e.g. wheat flour and corn meal), and infant foods (includes processed fruits, vegetables, meats, pastas, infant formula, and dry products).

2. Experimental

2.1. Chemicals

A certified perchlorate analytical standard in water (997 ± 6 f_xg/ml) was obtained from Alltech (Deerfield, IL) as the potassium salt. The ¹⁸O₄-labeled sodium perchlorate internal standard (IS) was >98% pure from Icon Services Inc. (Mt. Marion, NY). HPLC-grade acetonitrile (ACN) was "Baker Analyzed" (J.T. Baker, Phillipsburg, NJ). HPLC-grade ammonium acetate (98%) and glacial acetic acid were obtained from Fisher Scientific (Fair Lawn, NJ). High purity water was prepared by passing laboratory deionized water (reversed osmosis plus ion exchange) through a Millipore Milli-Q Ultrapure Water Purification System (Billerica, MA). Glacial acetic acid was diluted with water to make a 1 % (v/v) solution for use in extraction. Aqueous calibration standards were prepared at a constant IS concentration of 10 [xg/l and the following concentrations of native perchlorate anion: 0.25, 0.50, 1.0, 2.0, 5.0, 10.0, and 100.01

2.2.Apparatus

A Micromass Quattro Micro (Manchester, UK) triple stage quadrupole mass spectrometer was interfaced to an Agilent Model 1100 HPLC (Palo Alto, CA) equipped with an autosampler (50 [лl fixed injection), binary pump, and column heater (35 °C). Waters (Milford, MA) IC-Pak Anion HR analytical (4.6 mm i.d x 75 mm) and Anion Guard-Pak (5 mm i.d. x 10 mm) columns were eluted with 100mM ammonium acetate in 50:50 (v/v) ACN/water at 350 fil/min. Supelclean ENVI-Carb (Supelco, Bellefonte, PA) solid phase extraction (SPE) columns (500 mg bed of graphitized carbon in 6 ml tube) used with a Visiprep 24 (Supelco) SPE manifold provided sample cleanup. Extraction and .filtration steps used 50-ml polypropylene conical centrifuge tubes (Blue Max, Becton Dickinson Labware, Franklin Lakes, NJ) and 0.20-(xm PTFE syringe filters (25 mm, Alltech).

2.3.Sample preparation

2.3.1.High moisture fruits and vegetables

Into a 50-ml centrifuge tube, a 10-g test portion of chopped commodity (edible portion) was weighed and 100 [L\ of 3.0 [i.g/ml IS solution was pipetted. After adding 20 ml of 1 % acetic acid, the capped tube was shaken by hand for 2 min and then centrifuged at 2000 rpm for 5 min. Supernatant was passed through a preconditioned (6 ml of ACN followed by 6 ml of 1% acetic acid) ENVI-Carb solid phase extraction (SPE) column and collected in a clean centrifuge tube. Approximately, 1.0 ml was syringe-filtered for IC-MS/MS analysis.

2.3.2.Low moisture foods

Into a 50-ml centrifuge tube, a 5-g test portion was weighed and 100 JJJ of 4.0 (i,g/ml IS solution was pipetted. After adding 20 ml of 1 % acetic acid and 20 ml of ACN, the remainder of the procedure was the same as for high moisture fruits and vegetables.

2.3.3. Infant foods

The procedure was the same as for high moisture fruits and vegetables, except a 10-g test portion was extracted with a mixture of 5 ml of 1 % acetic acid and 15 ml of ACN. Procedure for infant formula (liquid) was the same as the one described for milk [14]. For powdered infant formula, a 1.0-g test portion plus 100 μ l of 4.0 μ g/ml IS was mixed briefly with 10 ml of 1% acetic acid. The remainder of the procedure was the same as the one described for milk [14]. Procedure for fruit juices was the same as for high moisture fruits and vegetables.

2.3.4. IC-MS/MS analysis

Conditions for negative ion ESI MS/MS have been described [15]. Four multiple reaction monitoring (MRM) transitions were observed: ^{35}Cl m/z 99 \rightarrow 83, primary transition for native perchlorate (quantitation); ^{37}Cl m/z 101 \rightarrow 85, secondary transition for native perchlorate (confirmatory); ^{35}Cl m/z 107 \rightarrow 89, primary transition for labeled perchlorate (quantitation); and ^{37}Cl

A.J. Krynitsky et al. / Analytica Chimica Acta xxx (2006) xxx-xxx

m/z 109 \rightarrow 91, secondary transition for labeled perchlorate (confirmatory). Instrument calibration was performed by analyzing standard solutions in which the labeled IS was always 10 μ g/l and native perchlorate was 0.25-100 μ g/l. Relative response was calculated by dividing the peak area of the m/z 99 \rightarrow 83 transition by the peak area of the m/z 107 \rightarrow 89 transition and was plotted against native perchlorate anion concentration. Linear regression coefficients and the relative response observed with a test solution were used for quantitation.

3. Results and discussion

!

3.1. Sample preparation

The extraction procedure for the "Original Method" [15] called for adding a 100 g test portion of chopped edible commodity and 10 g of celite 545-AW to a glass Waring blender jar and homogenizing with 150 ml of 10 mM nitric acid for 6 min. The contents plus two 20 ml dilute acid rinses of the blender jar were filtered under vacuum through a glass fiber filter. Most mixtures were filtered in 30 min, but some required up to 3 h for complete volume recovery. After diluting an aliquot of the measured filtrate 9:10 with IS solution, a portion was finely filtered (0.45- μ m nylon) into an autosampler vial for IC-MS/MS analysis. In contrast, the "Streamlined Method" has overcome such delays, permitting an analyst to process twenty samples through the extraction and cleanup steps in just 2 h. The purpose of the acetonitrile in the extraction solution for infant foods and low moisture foods was to precipitate proteins and also to prevent a cloudy supernatant, prior to graphitized carbon SPE. Graphitized carbon, which removed pigment from supernatant, rendered a water-clear eluant. One percent glacial acetic acid in water was necessary for the extraction solution to prevent significant

losses (>90%) of the IS observed with reagent blanks, due to active sites on the graphitized carbon SPE columns. However, this loss of the labeled perchlorate IS was never the case with actual sample extracts or when monitoring reagent blanks, containing one percent glacial acetic acid. The sample extracts and one percent glacial acetic acid in water deactivated the active sites that could cause loss of perchlorate on the graphitized carbon SPE. Also, PTFE syringe filters were used instead of nylon syringe filters because losses (>50%) of perchlorate IS were observed in reagent blanks, when using the nylon filters. In the "Original Method", losses of perchlorate IS were not apparent in reagent blanks with 0.45- μ m nylon syringe filters due to the presence of 10 mM nitric acid, which probably deactivated the active sites in the filters. Fortified test portions, with the "Streamlined Method" yielded recoveries of 80-120% for all commodities investigated (Table 1).

3.2. Chromatography

The IC-Pak Anion HR column proved to be rugged. Over a 12-month period in which 1500 injections of standards and sample extracts were made, average retention times differed by +2.0%. The choice of mobile phase was optimized for chromatographic peak shape and ESI efficiency. Severe peak tailing was

Table 1 – Recoveries of perchlorate anion fortified in high moisture, low moisture, and infant foods.

^a Includes seeds.

^b Infant foods were part of FDA's 2005 Total Diet Study which included processed fruits, vegetables, meats, pastas, infant formula, grains, and baked products.

^c $n=10$.

^d $n=12$.

observed if concentration of ammonium acetate in the mobile phase was 50 mM (instead of 100mM). Keeping the proportion of acetonitrile high (50%) enhanced detection sensitivity by facilitating desolvation of the mobile phase [15]. Other 1C columns were tested. While the peak shapes and quantitation of perchlorate anion in the various matrices were comparable to the IC-Pak Anion HR column, the perchlorate anion in a complex food matrix would have a 2 min early shift in retention times when compared to a standard aqueous solution, when using a different 1C column. This suggests that the IC-Pak Anion HR column has a high ion exchange capacity and is suitable to handle sample extracts of complex food matrices that have not been subject to extensive cleanup.

Fig. 1 shows multiple reaction monitoring (MRM) chromatograms of an extract of wheat flour containing 3.0 $\mu\text{g}/\text{kg}$ perchlorate. The chromatograms show adequate signals for both primary and secondary transitions of native perchlorate. The responses observed for the isotopically labeled perchlorate, which was added to the test portions prior to extraction, were from 0.50 ng injected. A software smoothing function, provided by Micromass, was applied to the acquired data.

Hydrogen sulfate anion that is formed from the S isotope of sulfur ($\text{H}^{34}\text{SO}_3^-$, m/z 99) is a common interference. It can interfere with the qualitative identification of perchlorate anion if there is poor chromatographic resolution between sulfate and perchlorate anions. This interference is particularly troublesome when using the selected ion monitoring mode (SIM) as the

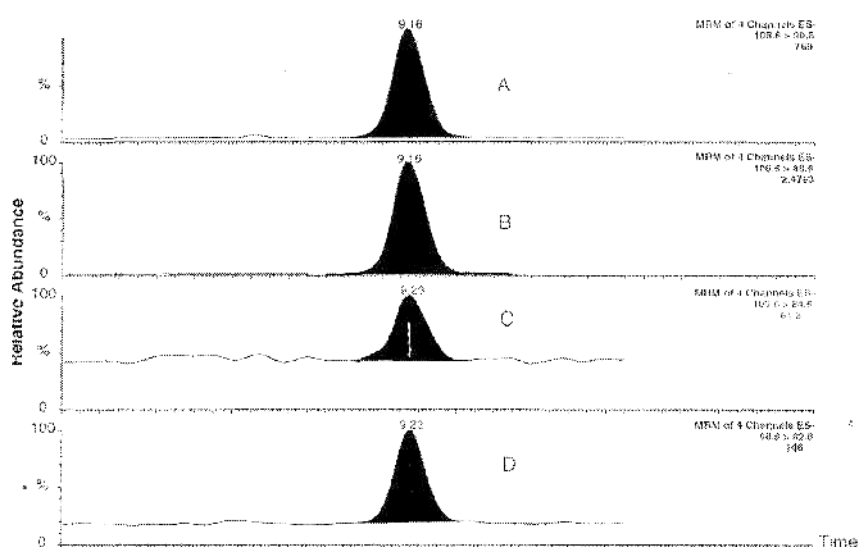


Fig. 1. IC-MS/MS of wheat flour extract containing 3.0 $\mu\text{g}/\text{kg}$ perchlorate: (A) m/z 109 \rightarrow 91 IS secondary transition; (B) m/z 107 \rightarrow 89 IS primary transition; (C) m/z 101 \rightarrow 85 native perchlorate secondary transition; (D) m/z 99 \rightarrow 83 native perchlorate primary transition.

perchlorate anion is m/z 99. When using MRM detection, this ion, at modest concentrations, does not interfere with the identification or quantitation of perchlorate anion. This is because the m/z of the $\text{H}^{34}\text{SO}_3^-$ product ion is m/z 82 whereas the primary product ion of perchlorate anion is m/z 83. Also hydrogen sulfate anion, with our chromatographic conditions, elutes four minutes earlier and would not interfere with perchlorate anion.

3.3. IC-MS/MS

When ESI is used for quantitative analysis, the effect of ion-ization suppression or enhancement must be considered. The presence of common ions in the sample extracts can have a serious suppression or enhancement effect (matrix effect) on the analyte of interest. Improved sample cleanup, matrix dilution, calibration standards prepared in the matrix, and addition of an

isotopically labeled internal standard have been used to minimize matrix effects. The commercial availability of ^{18}O -labeled perchlorate in high purity made the labeled internal standard choice the most practicable option. Matrix effects were monitored by comparing the response of the m/z 107 \rightarrow 89 primary transition for the IS in sample extracts to that response observed with calibration standards in pure solvent. Signal suppression averaged 10% for lettuce, 20% for infant foods and low moisture foods, 30% for carrots and cantaloupes. Even with little or no cleanup, these test solutions were dilute enough such that matrix effects were not severe (i.e. $>60\%$ signal suppression). In addition, the 1C column sufficiently separated coextractives from perchlorate anion. However, with spinach, signal suppression averaged 70%. Despite severe signal suppression, spinach recoveries were acceptable and also the method showed good agreement, with incurred residues, with independent methods. This suggests that native and labeled primary transitions were equally suppressed due to exact coelution of native and labeled perchlorate from the anion exchange column. We used the following criteria to confirm perchlorate anion in a sample: the ratio of ^{37}Cl to ^{35}Cl must match within $+10\%$ of the average value of the native calibration standards, and retention time of suspected analyte peak must match within $+2\%$ the average retention time of calibration standards. The instrumental LOQ is defined as the level at which the ratio of analyte signal to peak-to-peak noise is 10:1 for the primary ion transition (m/z 99 \rightarrow 83) and 3:1 for the secondary ion transition (m/z 101 \rightarrow 85). The method LOQ is the instrumental LOQ adjusted for the analytical portion's mass and dilution. The method LOQ was 1.0 $\mu\text{g}/\text{kg}$ in fruits and vegetables, 0.50 $\mu\text{g}/\text{l}$ in bottled water, 3.0 $\mu\text{g}/\text{l}$ in milk and infant formula, and 3.0 $\mu\text{g}/\text{kg}$ in dry products.

3.4. Method performance with incurred residues

In addition to fortifying test portions with known quantities of analyte and measuring percent recoveries, it is more important to evaluate how the "Streamlined Method" performs with incurred residues. This can be accomplished by using a reference material, if available, and also by comparing the values of perchlorate found in incurred residues, using the proposed method, to those values found by independent methods. In this study the "Streamlined Method" was evaluated several ways:

First, there was an opportunity to participate in an inter-laboratory trial, with six other laboratories using independent methods, for the analysis of perchlorate anion in one freeze dried spinach sample. The assigned value for perchlorate anion in the freeze dried spinach sample was 870 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (dry weight) and our average value ($n = 4$) was found to be $899 \pm 13 \mu\text{g}/\text{kg}$. The "Streamlined Method" gave acceptable results with an average recovery of 103% and a Z-score of 0.22. In this study a Z-score between 0 and 2.0 was considered acceptable.

Table 2 – Statistical comparison of "Streamlined Method" vs. "Original Method" with produce samples containing incurred perchlorate anion residues

Secondly, the "Streamlined Method" versus the "Original Method" was compared, using incurred residues in produce samples. A statistical comparison (two-tailed paired Mest) of incurred perchlorate results in Table 2 shows both methods usually gave on average equivalent results. However, there was a slight significant difference, with a *P*-value of 0.036, in spinach. This was probably due to the fact that with certain spinach samples, it was often difficult to finely chop the samples and therefore made it cumbersome to obtain a homogeneous sample.

Next, an interlaboratory trial of the "Streamlined Method", using incurred residues in produce samples and infant foods, was performed between two laboratories. A statistical comparison (two-tailed paired Mest) of incurred perchlorate results in Table 3 shows both laboratories gave on average equivalent results when using the same extraction procedure.

The "Streamlined Method" versus an ion chromatography with conductivity detection (IC-CD) was compared, using incurred residues in produce samples. Also, the IC-CD method employed a different extraction and cleanup procedure [18]. A statistical comparison (two-tailed paired Mest) of incurred perchlorate results in Table 4 shows both independent methods on average gave equivalent results. External standard calibration was reliable and sufficient for conductometric quantitation and also rivaled the LOQ of 1.0 $\mu\text{g}/\text{kg}$ obtained by IC-MS/MS for the fruits and vegetables tested. In contrast, the perchlorate signal from IC-MS/MS with ESI was affected by the matrix and required compensation by the IS. IC-MS/MS is important to use provided that a laboratory can afford this expensive equipment. The sample preparation for IC-MS/MS is less time consuming than for IC-CD and also IC-MS/MS provides confirmation. The IC-CD procedure has not yet been developed and tested for the

Table 3 – Statistical comparison of incurred perchlorate anion residues found in produce samples and infant food using the "Streamlined Method" in two laboratories

^a Expressed in $\mu\text{g}/\text{kg}$.

^b Infant foods were part of FDA's 2005 Total Diet Study which included processed fruits, vegetables, meats, pastas, infant formula, grains, and backed products.

Table 4 – Statistical comparison of incurred perchlorate anion residue found in produce samples by "Streamlined Method" and IC-CD

other commodities that the IC-MS/MS procedure is currently capable of analyzing.

Although we did not have the opportunity to further compare our extraction procedure to pressurized liquid extraction (PLE) or to other extraction procedures, we were able to evaluate our extraction procedure with a variety of commodities that had incurred perchlorate residues: oatmeal, whole wheat flour, tomatoes, collard greens, and green beans. Test portions from each commodity were extracted and the supernatants were analyzed as the "first extraction". The supernatants were then decanted, and the test portions were re-extracted as the "second extraction". The percent perchlorate found after the "first extraction" in each commodity was: oatmeal and whole wheat flour (95%); tomatoes (89%); collard greens (84%); and green beans (78%). The first extraction for each commodity was sufficient, and as already mentioned, the results compared favorably (Tables 2 and 4) to the extraction procedure described in the "Original Method".

4. Conclusion

A fast, sensitive, and specific method was developed for determination of perchlorate anion in a variety of food matrices. The use of an ^{18}O -labeled perchlorate internal standard provided accurate quantitation by compensating for matrix effects without developing laborious cleanup procedures or performing standard additions for each sample extract. Monitoring both the ^{37}C and ^{35}C transitions by MS/MS improved the specificity of the method and maximized confidence in perchlorate findings. Method sensitivity was adequate to collect useful exposure data on perchlorate level and incidence in food. The fact that the "Streamlined Method" permits a single analyst to prepare twenty samples in 2 h and gives comparable results to existing methods makes this new method attractive to use for high volume sample throughput. Currently, the method is being used in FDA field laboratories analyzing selected food commodities collected in national surveys for 2004-2005. In 2006, FDA plans to use the method for foods collected in a Total Diet Study Market Basket survey [19]. A partial listing of results of perchlorate in foods from the 2004 national survey is posted on the following FDA website [9]. The remainder of the results from all of these surveys will be made public when completed. Finally, this method is successfully being used in other government and private laboratories.

Acknowledgment

The authors thank Steven Musser and staff for helpful discussions and use of the MS/MS instrumentation. The authors also thank the following from FDA

Southeastern Regional Laboratory in Atlanta, GA for assistance in sample preparation and analysis: James Holcomb, Lois Gross, Alpana Joshi, Amy Burden, Burnell Henry, Mary Ross, and May Chain (now with Coca-Cola, Atlanta, GA).

References

- [1] E.T. Urbansky, *Biorem. J.* 2 (1998) 81.
- [2] E.T. Urbansky, M.R. Achock, *J. Environ. Manage.* 56 (1999) 79.
- [3] M.L. Magnuson, E.T. Urbansky, C.A. Kelty, *Anal. Chem.* 72 (2000) 25.
- [4] H. Bao, B. Gu, *Environ. Sci. Technol.* 38 (2004) 5073.
- [5] P.K. Dasgupta, P.K. Martinelango, W.A. Jackson, T.A. Anderson, K. Tian, R.W. Tock, S. Rajagopalan, *Environ. Sci. Technol.* 39 (2005) 1569.
- [6] C.A. Sanchez, R.I. Krieger, N. Khandaker, R.C. Moore, K.C. Holts, L.L. Neidel, *J. Agric. Food Chem.* 53 (2005) 5479.
- [7] R.A. Clewell, E.A. Merrill, K.O. Yu, D.A. Mahle, T.R. Sterner, D.R. Mattie, R.J. Robinson, J.W. Fishert, J.M. Gearhart, *Toxicol. Sci.* 73 (2003) 235.
- [8] M. Bustilla, Colorado River Taint [Perchlorate] Worries Some Officials, *Los Angeles Times*, February 2, (2003) p. A1.
- [9] Exploratory Data on Perchlorate in Food, Center for Food Safety and Applied Nutrition, Office of Plant and Dairy Foods, 2004. <http://www.cfsan.fda.gov/~dms/clo4data.html>.
- [10] A.B. Kirk, E.E. Smith, K. Tian, T.A. Anderson, P.K. Dasgupta, *Environ. Sci. Technol.* 37 (2003) 4979.
- [11] J.J. Ellington, J.J. Evans, *J. Chromatog. A* 898 (2000) 193.
- [12] P. Winkler, M. Minter, J. Wilcy, *Anal. Chem.* 76 (2004) 469.
- [13] E.T. Urbansky, *Crit. Rev. Anal. Chem.* 30 (2000) 311.
- [14] C.J. Koester, H.R. Beller, R.U. Halden, *Environ. Sci. Technol.* 34 (2000) 1862.
- [15] A.J. Krynitsky, R.A. Niemann, D.A. Nortrup, *Anal. Chem.* 76 (2004) 5518.
- [16] L. Valentin-Blasini, J.P. Maulden, B.C. Blount, *Anal. Chem.* 77 (2005) 2475.
- [17] EPA Method 331.0, Determination of Perchlorate in Drinking Water by Liquid Chromatography Electro Spray Ionization Mass Spectrometry, Environmental Protection Agency, Office of Ground Water and Drinking Water, 2005. <http://www.epa.gov/OGWDW/methods/met331.O.pdf>.
- [18] R.A. Niemann, A.J. Krynitsky, D.A. Nortrup, *J. Agric. Food Chem.*, inpress.
- [19] FDA Total Diet Study, Food and Drug Administration, Center for Food Safety and Applied Nutrition, Office of Plant and Dairy Foods, 2004. <http://www.cfsan.fda.gov/~comm/tds-toc.html>.

| | |
|--|-----|
| <i>Предисловие</i> | 4 |
| <i>А.С. Кушнарєв</i> , член-кор. НААН України, д-р техн. наук, проф Биосферные основы формирования требований к экологической экспертизе агротехнологий. | 10 |
| <i>В. И. Кравчук, А. С. Кушнарєв</i> . Уборка методом очеса: состояние и перспективы | 17 |
| <i>Березовский Е.В., Беленков А.И., Полин В.Д.</i> реализация элементов точного земледелия в полевом опыте центра точного земледелия..... | 26 |
| <i>Матюк Н.С., Солдатова С.С., Кащеева Д.М.</i> эффективность сидератов в экологизации и биологизации земледелия | 33 |
| <i>Э. Ю. Нугис</i> комплексная оценка машинной деградации почв и проходимости машин по полю | 41 |
| <i>Е.В. Леонова, В.Г. Егоров</i> . Биоэнергетическая оценка эффективности дифференцированного внесения удобрений | 48 |
| <i>В.В. Козирський, В.П. Герасименко, Ковальов О.В.</i> Способи і засоби підвищення надійності захисту та попередження появи небезпечних струмів в мережах 0,38 кв | 55 |
| <i>В.М. Сало, С.І. Шмат, П.Г. Лузан</i> . Тенденції сталого розвитку сучасного сільськогосподарського машинобудування в Україні і за рубежем | 62 |
| <i>В.Г. Самосюк</i> , о научно-техническом обеспечении программы «возрождение сельских территорий республики Беларусь» | 67 |
| <i>В.П. Чеботарев, И.В. Барановский, А.А. Князев, П.М. Немцев</i> . Анализ тенденций развития современных зерноочистительных и сортировальных машин | 76 |
| <i>Чепурина Е.Л.</i> , к расчету системы подготовки вымени коров к доению | 82 |
| <i>Кушнарєв Л.И.</i> , к обоснованию направлений модернизации ремонтно-технической базы предприятий эксплуатирующих сельхозтехнику | 88 |
| <i>Кушнарєв Л.И.</i> , основные направления развития системы инженерно-технического обеспечения АПК..... | 94 |
| <i>Кушнарєв С.Л.</i> , к организации технического сервиса комбайнов ОАО «Ростсельмаш»..... | 102 |
| <i>И.Н. Кравченко, А.В. Чепурин</i> . Технология восстановления деталей машин термомпластическим деформированием..... | 108 |
| <i>Е.Л. Чепурина</i> , проектирование деталей машин с использованием графического редактора компас–3d | 112 |
| <i>В.П. Юрчук</i> , використання теорії спряжених поверхонь у землеробській механіці при проектуванні сільськогосподарських машин | 116 |

| | |
|--|-----|
| <i>В.А. Стрижов, М.М.Мухаматнуров</i> , Разработка комбинированного агрегата для объемного мелиорирования пахотного слоя кислых почв | 123 |
| <i>Тищенко С.С.</i> Исследование тягового сопротивления двухъярусного плуга с полувинтовыми отвалами | 127 |
| <i>Волик Б.А., Теслюк Г.В., Семенюта А.Н.</i> Аналитическое обоснование параметров и полевые исследования дискового плуга | 131 |
| <i>Ветохин В.И.</i> , К теории почвообрабатывающего клина..... | 137 |
| <i>Аніскевич Л.В., Захарін Ф.М.</i> Методика високоточного картографування врожайності зернових культур | 146 |
| <i>Сербий В.К.</i> Построение тяговых характеристик и их представление в аналитическом виде уравнением регрессии 7-ой степени | 159 |
| <i>Сербий В.К. Шевченко И. А.</i> Методика расчета операционных технологий на основе имитационной модели движения МТА с использованием спутниковой информации | 167 |
| <i>Сербий В.К. Кушнарєв С.А.</i> Методика энергетической оценки комплексов машин | 182 |
| <i>Кушлик Р.В., Кушлик Р.Р.</i> Методологія застосування експрес-методів і портативних засобів для оцінки стану працюючих моторних масел сільськогосподарської техніки | 188 |
| <i>Коваленко Л.Р., Коваленко О.І.</i> Розробка програмного комплексу розрахунку живильного розчину для гідропонної теплиці | 193 |
| <i>В.Б. Зора</i> , Модель кліткового обладнання для утримання батьківського поголів'я курей-несучок з роздільним годуванням різних статевих груп птиці | 198 |
| <i>Федюшко Ю. М., Мунтян В. А.</i> , Исследование математических моделей зондируемого объекта на основе реакции аппаратной функции | 203 |
| <i>Мітков Б.В., Михайлов О.В.</i> Регенерація відпрацьованих олив з метою їх повторного використання | 209 |
| <i>Головін С.В.</i> Вибір параметрів пристрою з конічним барабаном для обчислення рицини | 214 |
| <i>Кувачов В.П.</i> Аналіз руху енергозасобів по постійній технологічній колії..... | 223 |
| <i>Камель Г.І. Єршов А.В., Волков Г.П. Яковлева Г.Г.</i> Збільшення компенсації зазору в конічних трибо вузлах..... | 228 |
| <i>Яковлева Г.Г., Волков Г.П., Камель Г.І., Єршов А.В.</i> Основні фізичні процеси, що відбуваються в промисловому транспорті установки типу камюр..... | 233 |
| <i>Леженкин А.Н.</i> , д.т.н. (РФ), доц. Идентификация моделей функционирования уборочных машин | 238 |
| <i>Леженкин А.Н.</i> , д.т.н. (РФ), доц., <i>Леженкин И.А.</i> , магистр Формирование процесса доработки очесанного вороха зерновых в условиях фермерских хозяйств..... | 246 |

| | |
|--|-----|
| <i>Дюжаєв В.П.</i> , к.т.н. Методика апроксимації кореляційних функцій опору ґрунту | 251 |
| <i>М. В. Кузьмин</i> к. т. н., профессор ФГОУ ВПО РГАЗУ Аналитический вывод уравнения изменения диагностического параметра во времени и его использование при диагностировании элементов технических систем. | 257 |
| <i>М. В. Кузьмин</i> , к. т. н., ФГОУ ВПО «Российский государственный аграрный заочный университет» (РГАЗУ) алгоритм разработки системы повышения производительности мта с использованием логистических матриц. | 264 |
| <i>Н.Д. Келлер</i> стандартизация сельскохозяйственных экотехнологий <i>Alexander J. Krynitsky, Richard A. Niemann, Anthony D. Williams, Marvin L. Hopper.</i> Streamlined sample preparation procedure for determination of perchlorate anion in foods by ion chromatography-tandem mass spectrometry. | 278 |