

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Таврійський державний агротехнологічний університет



Науковий вісник

Таврійського державного агротехнологічного університету



Випуск 5 , Том 2

Електронне наукове фахове видання

Мелітополь – 2015 р.

УДК 631.3

ПЗ8

Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету [Електронний ресурс]. – Мелітополь: ТДАТУ, 2015. – Вип.5, Т.2. – Режим доступу:

<http://nauka.tsatu.edu.ua/e-journals-tdatu/e-index.html>.

Друкується за рішенням Вченої Ради ТДАТУ,
Протокол № 8 від 28.04.2015 р.

Представлені результати досліджень вчених України в галузі механізації сільського господарства, енергетики і автоматизації процесів сільськогосподарського виробництва та прикладної геометрії, інженерної графіки.

Редакційна колегія праць ТДАТУ:

Кюрчев В.М. - д.т.н., проф., ректор ТДАТУ (головний редактор);
Надикто В.Т. - чл.-кор. НААН України, д.т.н., проф. (заступник головного редактора);
Діордієв В.Т. - д.т.н., проф. (відповідальний секретар);
Гнатушенко В.В. - д.т.н., проф.;
Дідур В.А. - д.т.н., проф.;
Єремєєв В.С. - д.т.н., проф.;
Кушнарьов А.С. - чл.-кор. НААН України, д.т.н., проф.;
Куценко Ю.М. – д.т.н., доц.;
Леженкін О. М. - д.т.н. доц.;
Малкіна В.М. – д.т.н., проф.;
Овчаров В.В. - д.т.н., проф.;
Панченко А.І. - д.т.н., проф.;
Скляр О.Г. - к.т.н., доц.;
Тарасенко В.В. - д.т.н., проф.;
Шацький В.В. - д.т.н., с.н.с.;
Федюшко Ю.М. – д.т.н., проф.;
Фурман І.О.- д.т.н., проф.;
Ялпачик Ф.Ю. - к.т.н., проф.

Відповідальний за випуск – д.т.н., професор Тарасенко В.В.

Адреса редакції: ТДАТУ

Просп. Б. Хмельницького 18,
м. Мелітополь, Запорізька обл.,
72312 Україна

ISSN 2220-8674

**© Таврійський державний
агротехнологічний університет, 2015.**

Електронне наукове фахове видання

Науковий вісник
Таврійського державного агротехнологічного університету

Випуск 5, Том 2.

Відповідальний за випуск – д.т.н., професор Тарасенко В.В.

Комп'ютерна верстка – Чижигов І.О.

Підписано до друку 24.11.2015 р. друк. Rizo. Друкарня "Люкс".
15,3 умов. друк. арк.

73312 ПП Верескун.
Запорізька обл., м. Мелітополь, вул. К. Маркса, 10
тел. (06192) 6-88-38



ЗМІСТ

**МАШИНИ І ЗАСОБИ МЕХАНІЗАЦІЇ
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА**

До 100-річчя із дня народження П.П. Карпуши.	5
<i>КАРПУША П.П.</i> Етапи та напрями наукової діяльності . . .	6
1. <i>Білокопитов О.В., Саньков С.М., Рябцев Г.А.</i> З ненадрукованих досліджень д.т.н., професора П.П. Карпуши. Исследования работы игольчатых рабочих органов, установленных под острым углом атаки, для обработки пропашных культур	7
2. <i>Михайлов Е.В.</i> Теоретические основы моделирования и обеспечения эффективной работы технических средств послеуборочной обработки зерна.	30
3. <i>Михайлов Є.В., Задосна Н.О.</i> Шляхи інтенсифікації процесу попередньої очистки зерна та олійної сировини соняшнику.	41
4. <i>Караєв О. Г., Матковський О.І.</i> Дослідження переміщення ґрунту з саджанцями по робочому органу викопувального плуга	50
5. <i>Караєв О. Г., Сушко С.Л., Ковальчук Д.М.</i> Особливості проектування систем зрошення плодових культур	63
6. <i>Сушко С.Л.</i> Розробка автоматизованої системи управління зрошенням плодових культур.	72
7. <i>Білокопитов О.О., Задосна Н.О.</i> Методика визначення якісних показників роботи сепаруючої складової повітророзподільного пристрою машини попереднього очищення зерна.	78
8. <i>Тищенко С.С., Швайко В.М., Гурідова В.О.</i> Геометричне моделювання взаємодії поверхні ґрунтообробного робочого органу з ґрунтом.	91
9. <i>Морозов И.В., Морозов В.И., Ольховский Э.В., Синегуб В.В.</i> Повышение эффективности использования сеялок за счет усовершенствования технологического процесса высева семян.	97
10. <i>Ковбаса В. П., Гридякін В. О., Матюшенко Л. М.</i> Прозгин жорстко заробленого прутка.	105
11. <i>Ковбаса В. П., Али Ахмед Кадем.</i> Построение и решение задачи взаимодействия деформируемого приводного колеса с деформируемой средой	115
12. <i>Падалка В.В.</i> Мінімальний обробіток ґрунту за «Шишацькими технологіями»	126
13. <i>Лабатюк Ю.М., Алієв Е.Б.</i> Математичне моделювання процесу взаємодії робочого органу глибокорозпушувача з ґрунтом .	133



14. Бакум М.В., Ольшанський В.П., Крекот М.М., Винокуров М.О. Дослідження параметрів руху часток в плоскому нахиленому каналі пневматичного сепаратора.	141
15. Бакум М.В., Ящук Д.А. Інтенсифікація вирощування овочів у відкритому ґрунті.	150
16. Павленко С.І. Ресурсозбереження в біоконверсії органічної сировини.	156
17. Павленко С.І., Алієв Е.Б., Линник Ю.О. Методика експериментальних досліджень процесу переміщення молокоповітряної суміші в доїльному апараті.	167
18. Пацула А.Н. Аналіз технічного забезпечення технологічного процесу створення кормових пелет з макух насіння олійних культур.	173
19. Ляшенко С.В. Удосконалення технологічних операцій підготовки до тривалого зберігання засобів малої механізації. . .	181
20. Алієв Е. Б., Лиходід В. В., Івлєв В. В. Чисельне моделювання процесу деформації шару грубої овечої вовни при ударно-механічному ущільненні.	188
21. Изюмко В.М., Чеботарев В.П., Лукомский А.Е. Поперечный прочес слоя льнотресты.	195
22. Дідур В.А., Караєв О.Г., Мінько С.А. Визначення відносної швидкості руху ґрунту по робочому органу фрезерної машини.	201

ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНІ КОМПЛЕКСИ ТА СИСТЕМИ

23. Котов Б.І., Калініченко Р.А., Романенко О.І. Математичне моделювання динаміки нагрівання зернівки в змінному радіаційному потоці.	210
24. Назаренко І. П. Дослідження параметричних коливань проводів систем електропостачання.	219
25. Назаренко І. П. Підвищення ефективності вітроенергетичної установки.	225
26. Назаренко І. П., Коваль Д. М., Дубініна С. В. Методи і технічні засоби очищення нафтопродуктів.	231
27. Кашкарьов А.О. Автоматизація подачі живильного розчину у гідропонній теплиці.	235

ДО 100-РІЧЧЯ З ДНЯ НАРОДЖЕННЯ КАРПУШИ ПАВЛА ПАВЛОВИЧА



06.11.1914 - 26.05.1987

Народився в сім'ї селянина. Після закінчення робфаку без відриву від виробництва у 1940 році з відзнакою закінчив Мелітопольський інститут інженерів-механіків сільського господарства ім.ОДПУ.

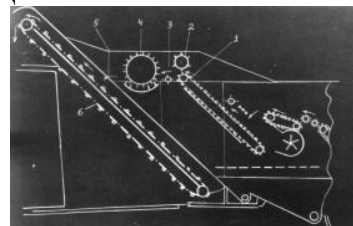
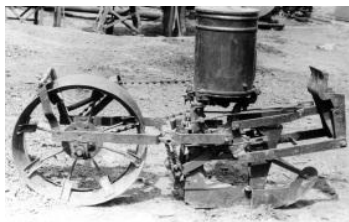
З 1930 по 1940 рік працював на підприємствах Мелітополя на різних посадах.

З 1940 по 1946 рік перебував у лавах Радянської Армії. Приймав безпосередню участь у боях із німецько-фашистськими загарбниками. Нагороджений бойовими орденами та медалями.

У 1946 році прийшов працювати до Мелітопольського інституту механізації сільського господарства на посаду асистента кафедри «Ремонт машин». За роки роботи в інституті пройшов трудовий шлях від асистента до професора, завідувача кафедри «Сільськогосподарських машин» та одержав наукову ступінь доктора технічних наук. Під його керівництвом і безпосередній участі розроблено та впроваджено у виробництво нові робочі органи для ряду сільськогосподарських машин (сівалок, протиерозійних культиваторів, кукурудзозбиральних комбайнів та ін.)

Автор більш 100 наукових праць. Під його керівництвом захищено 20 кандидатських дисертацій. За сумлінну працю Карпушу П.П. було нагороджено 11 державними нагородами, серед яких три ордени «Знак пошани», почесною грамотою Президії Верховної Ради СРСР.

КАРПУША ПАВЛО ПАВЛОВИЧ ЕТАПИ ТА НАПРЯМИ НАУКОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ



1956 рік – дослідження квадратно-гніздового висіву кукурудзи з використанням маркерних плям.

1956 рік – дослідження котушкових висівних апаратів висіву кукурудзи.

1958 рік – дослідження роботи кукурудзозбиральних комбайнів.

1959 рік – дослідження сошників просапних сівалок для внесення органо-мінеральних сумішей та гранул добрив.

1959 рік – обґрунтування переобладнання причіпних самохідних комбайнів.

1959 рік – дослідження робочих органів для міжрядного обробітку кукурудзи.

1959 рік – господарчі випробування самохідних шасі СШ-30, СШ-30А.

1961-1962 роки – розробка висококліренсного культиватора.

1962 рік – дослідження технологічної схеми кукурудзозбиральної машини.

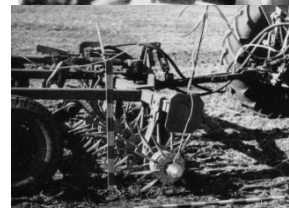
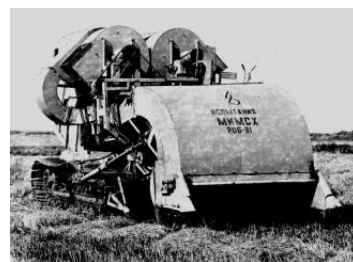
1967 рік – дослідження пружних підвісок.

1969-1973 роки – підготовка та захист докторської дисертації на тему «Механіко-технологічні основи процесу роботи живильних апаратів кукурудзо-збиральних машин». Науковий керівник – академік Василенко П.М. За результатами дисертації опубліковано більш 30 наукових статей, підготовлено та захищено дві кандидатські дисертації, студентами захищено більш 30 дипломних проєктів. Результати дисертації використані Херсонським комбайновим заводом при розробці комбайнів нового покоління типу КСКУ-6.

1978 рік – дослідження процесу збирання селекційних та насінневих посівів методом очісу рослин на корені.

1980 рік – дослідження роботи відцентрових робочих органів для внесення мінеральних добрив.

1986 рік – дослідження голчастих робочих органів для суцільного обробітку ґрунту.





З НЕНАДРУКОВАНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ Д.Т.Н., ПРОФЕСОРА П.П. КАРПУШИ

УДК. 631.311

ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ ИГОЛЬЧАТЫХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ, УСТАНОВЛЕННЫХ ПОД ОСТРЫМ УГЛОМ АТАКИ, ДЛЯ ОБРАБОТКИ ПРОПАШНЫХ КУЛЬТУР

Матеріал склали та підготували до публікації учні
П.П. Карпуши – к.т.н. Білокопитов О.В., к.т.н. Саньков С.М.,
к.т.н. Рябцев Г.А.

Кафедра сільськогосподарських машин

Таврійського державного агротехнологічного університету

Тел/факс: +380(619)42-21-32

Аннотация – в работе представлены аналитические и экспериментальные исследования игольчатых рабочих органов, установленных под острым углом атаки для обработки пропашных культур.

Ключевые слова – игольчатый рабочий орган, игла, угол атаки, угол трения, угол трения скольжения, коэффициент скольжения, кинематика.

Постановка проблемы. Проводимые многочисленные исследования по эффективности и фитотоксичности используемых гербицидов, о влиянии их на микробиологические процессы в почве, осуществлялись по двум направлениям: влияние гербицидов на биологические процессы в почве, а также метаболизм и детоксикацию их почвенными микроорганизмами. Вопрос актуален, поскольку необходимо знать, в какой степени применение гербицидов сказывается на жизнедеятельности почвенных микроорганизмов и как это, в свою очередь, влияет на плодородие почвы и питание растений [1-5].

Так, внесение высоких доз некоторых гербицидов может привести к более длительному ингибированию активности почвенной микрофлоры. Значительные площади пашни выбывают из хозяйственного использования из-за разных форм деградации, то есть порчи грунта. Значительные затраты на мелиорацию часто уже не могут остановить этот процесс.

Основными причинами утраты части земельных ресурсов сельского хозяйства являются: эрозия почвы; потеря гумуса и снижение плодородия вследствие неправильной агротехники; подтопление и вторичное засоление почвы; машинная деградация почвы; химическое и радиационное загрязнение почвы [1-5].

Химические способы борьбы с сорной растительностью в сель-



ском хозяйстве приносят такие негативные явления, как нарушение биологического равновесия, уменьшение видового разнообразия сообществ животного мира и почвенных организмов, снижение биохимических процессов, изменение физико-химических свойств почвы, снижение устойчивости почвенной экосистемы к неблагоприятным факторам внешней среды.

При современном уровне химизации сельского хозяйства возникает вопрос об охране почв, и в первую очередь в получении экологически чистой продукции (ЭЧП) [6].

Производство ЭЧП - это очень сложный процесс взаимодействия с окружающей средой, почвой, животными, машинами, складами, транспортом, предприятиями перерабатывающей промышленности, упаковкой, рынком (магазин). Отдельно система сертификации (контроль, анализ, сертификация, маркировка) [6].

Среди основных принципов получения ЭЧП и ведения органического сельского хозяйства на этапе производства продукции являются [6-8]:

- обработка земельных угодий, как минимум, в течение трех лет без применения химических удобрений;
- проведение мероприятий, предотвращающих эрозионный процесс;
- запрет на использование пестицидов, азотосодержащих и других химических удобрений;
- применение биологических и физических способов борьбы с вредителями (барьеры, шум, ультразвук, свет, ловушки, и т. д.).

Исходя из выше приведенных принципов производства ЭЧП, значительную роль приобретает борьба с сорняками с использованием механических средств. Система обработки почвы должна разрабатываться с учетом местных условий, биологических особенностей возделываемых культур. Она должна быть почвозащитной, ресурсосберегающей, способствующей сохранению плодородия, уменьшению видов эрозии и, в то же время, повышающей урожайность сельскохозяйственных культур [6-8].

Следует помнить, что предпочтение в выборе средств и способов борьбы с сорной растительностью требуется отдавать механическому перед химическим.

Анализ последних исследований. История развития ротационных рабочих органов игольчатого типа уходит глубоко в древность [9]. В 20-м столетии игольчатые рабочие органы, в том виде в каком они сегодня существуют, получили дальнейшее развитие в работах П.А. Самойлова [10], О. Сапарова [11], Н.В. Чайчица [12], В.Я. Шатина [13], В.Т. Клетченко [14], И.Т. Коврикова [15], В.К. Бакулина [16], Н.А. Седнева [17] А.А. Конищева [18], А.В. Коптева [19] и многих других. В каждом конкретном случае, тех или иных исследований, решались определенные задачи, диапазон которых очень велик.

К 100 - летию со дня рождения П.П. Карпуши публикуются малоизвестные его исследования по борьбе с сорняками в рядах пропашных культур с использованием игольчатых рабочих органов, установленных под углом атаки, материалы которых восстановлены его учениками, а незначительная их часть опубликована в работе [20].

Работа представляет широкий интерес исследователей в области обработки почвы, в подходах к аналитическим и экспериментальным исследованиям, где анализируется весь технологический процесс.

Цель исследования - разработка и анализ аналитических и экспериментальных исследований игольчатых рабочих органов, установленных под углом атаки для обработки пропашных культур.

Основная часть.

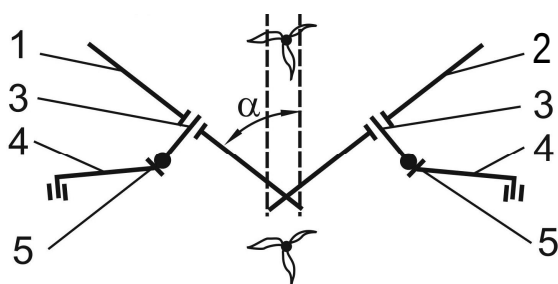
АНАЛИТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Действующие силы и кинематика движения иглы диска

Схема установки рабочих органов игольчатых дисков по отношению к ряду растений пропашных культур показана на рисунке 1.



а



б

Рис. 1. Установки рабочих органов игольчатых дисков по отношению к ряду растений пропашных культур:

1, 2 – диск игольчатый; 3 – ось; 4 – кронштейн; 5 – шарнир с фиксатором; а – общий вид; б – схема.

Диски 1 и 2 при помощи осей 3 устанавливаются в кронштейнах 4, которые крепятся в держателях стоек лап секции культиватора. Каждый диск вместе с осью 4 можно повернуть в шарнире с фиксатором 5, обеспечивая его установку на требуемый угол атаки α по отношению к направлению ряда (направлению движения агрегата).

При движении агрегата вдоль ряда, каждый диск, перемещается вместе с агрегатом, вращаясь на оси 3. В результате такого сложного движения каждая игла делает бороздку в направлении результирующей силы, действующей со стороны зуба на почву.

Схема действия сил на иглу «К» представлена на рисунке 2.

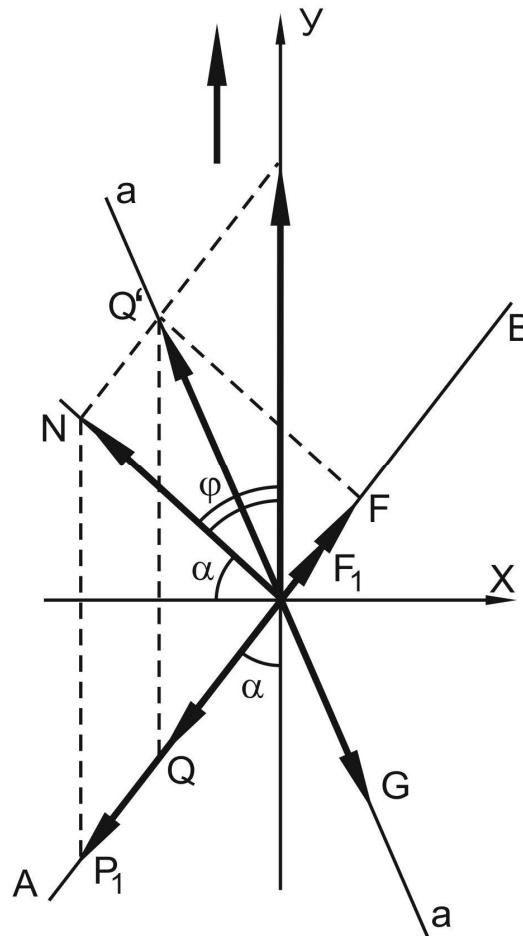


Рис. 2. Схема действия сил на иглу «К».

Агрегат вместе с диском перемещается в направлении координаты «Y». Диск, шарнирно закрепленный на оси «O», перемещаясь в направлении «Y» за счет сцепления с почвой вращается в плоскости AB по часовой стрелке. Пользуясь методом В.А. Желиговского [21] действующие силы можно представить следующим образом.

Игла действует на почву с силой N . Разложив ее на составляющие, по направлению движения агрегата и в плоскости вращения AB (рис. 2) сила P_1 , действующая в плоскости вращения будет преодолевать сопротивление трения иглы о почву F и сопротивление трению F_1 в ступице диска. Однако для преодоления сопротивления $F + F_1$ (которое, очевидно, можно назвать сопротивлением перекатыванию диска в плоскости AB) прикладывается часть силы P_1 равная $F + F_1 = Q$.

Сложив оставшуюся часть силы P_1 с P , получим равнодействующую силу N , с которой игла воздействует на почву. Сила N будет уравниваться сопротивлением почвы деформации G ее иглой, действующим в противоположном направлении. Очевидно, игла под действием силы N будет перемещаться в направлении $a - a$. Так как

$Q = Q' = F + F_1$, то сила N , будет отклонена от нормали на угол ξ

$$\xi = \alpha + \varphi + \varphi_1, \quad (1)$$

где α – угол атаки, угол между плоскостью диска и направлением движения агрегата;

φ – угол трения иглы о почву;

φ_1 – приведенный к игле угол трения в ступице диска.

Диск перестанет вращаться, и игла будет описывать прямую линию в направлении движения при условии

$$\alpha \geq 90 - (\varphi + \varphi_1), \quad (2)$$

Соответствующие коэффициенты трения обозначим $f = \operatorname{tg} \varphi$ – коэффициент трения иглы о почву, и $f_1 = \operatorname{tg} \varphi_1$ – коэффициент трения в ступице диска, приведенный к игле.

Чтобы связать параметры движения игл диска, составим параметрическое уравнение траектории конца иглы. Начало координат (рис. 3) поместим на поверхности поля против оси диска в точке « O ». Ось « Y » направим по направлению движения агрегата, а ось « X » перпендикулярно. Точку « K » поместим в начало координат. Когда диск AB займет новое положение $A'B'$, точка « K » переместится в положение « K' », а агрегат переместится на расстояние $Y = OO_1$.

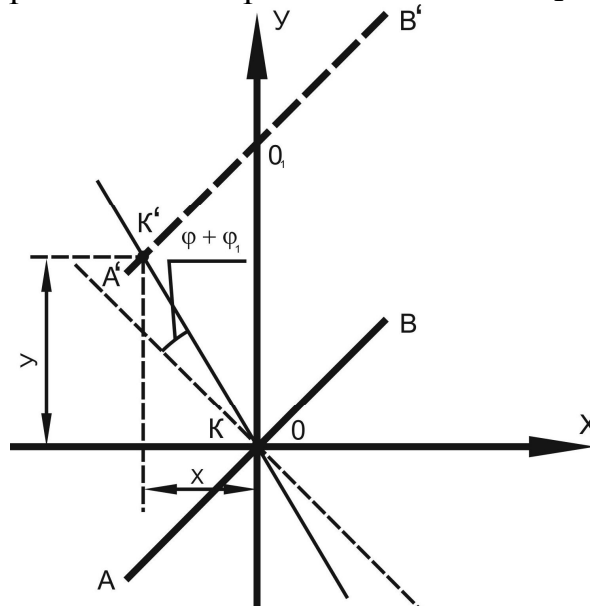


Рис. 3. Схема к составлению уравнения движения конца иглы.

Уравнение траектории точки « K » в параметрической форме запишется :

$$X = R \cdot \sin \alpha \cdot \sin \omega t, \quad (3)$$

где R – радиус игольчатого диска.

Из рисунка 3 следует

$$X = y \cdot \operatorname{ctg} (\alpha + \varphi + \varphi_1), \quad (4)$$

или подставляя значение X уравнения (4) в уравнение (3) и решая его



получим

$$Y = R \sin \alpha \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi + \varphi_1) \cdot \sin \omega t. \quad (5)$$

$$z = R \cdot (1 - \cos \omega t). \quad (6)$$

Если в уравнении (3) и (4) исключить ωt , получим траекторию кривой, которую описывает проекция точки «K» в плоскости ZOX при движении игольчатого диска.

Выразим уравнение (3) и (6) относительно:

- из уравнения (3)

$$\frac{x}{R \cdot \sin \alpha} = \sin \omega t; \quad (7)$$

- из уравнения (6)

$$1 - \frac{z}{R} = \cos \omega t. \quad (8)$$

Возведя обе части каждого уравнения в квадрат и сложив их получим:

$$\frac{x^2}{R^2 \cdot \sin^2 \alpha} + \left(1 - \frac{z}{R}\right)^2 = \sin^2 \omega t + \cos^2 \omega t = 1 \quad (9)$$

или:

$$\frac{x^2}{R^2 \cdot \sin^2 \alpha} + \frac{(R - z)^2}{R^2} = 1. \quad (10)$$

Заменив $R \cdot \sin \alpha = b$ и $R = a$, получим:

$$\frac{x^2}{b^2} + \frac{(R - z)^2}{a^2} = 1. \quad (11)$$

Полученное уравнение (11) является уравнением эллипса, большая ось которого смещена от начала координат на величину R в плоскости ZOX .

Поступая аналогично, получим уравнение проекции траектории точки «K» в прямоугольных координатах в плоскости ZOY

$$\frac{y^2}{R^2 \cdot \sin^2 \alpha \cdot \operatorname{tg}^2(\alpha + \varphi + \varphi_1)} + \frac{(R - z)^2}{R^2} = 1. \quad (12)$$

Это также уравнение эллипса с полуосями, где $R \cdot \sin \alpha \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi + \varphi_1) = b$ и $R = a$. Очевидно, каждая игла в плоскости ZOY также описывает эллипс. При этом с увеличением угла атаки α увеличивается и малая полуось. Характер траектории иглы точки "K" в пределах от $\pi/2$ до $3\pi/4$ будет иным. Когда диск повернется на угол, превышающий $\pi/2$, она начинает двигаться с большей скоростью, чем в нижних четвертях окружности.

Составим уравнение траектории движения иглы в двух верхних четвертях окружности, при повороте диска от $\pi/2$ до $3\pi/4$.

Предположим, точка «K» (вершина нижней иглы), перемещается по прямой $n - n$, как это было рассмотрено выше (рис. 4).

Диск, перемещаясь в направлении оси «Y», занял новое положение, а его ось расположилась в точке « O_1 », точка « K », перемещаясь по линии $n - n$, займет новое положение « K_1 ». Диаметрально противоположная ей точка (вершина иглы) также, как и точка « K », находявшаяся в начале координат в начале движения, сместится в положение « K'_1 ». Так как угол поворота игл « K » и « K_1 » относительно оси диска одинаков (обе точки находятся на одном диске), то и смещение их от оси будет одинаково. Соединив начало координат т. « O » (« K ») с точкой « K'_1 » найдем линию, которая является траекторией движения точки « K » в плоскости XOY (прямая $m - m$). Чтобы составить уравнение траектории движения точки « K » в направлении прямой, необходимо знать углы β и γ , а также расстояние между точками « O » и « K'_1 ». Обозначим $OK_1 - d$; $OO_1 - s$; $K_1K'_1 - L$; $OK - C$.

$$\frac{s}{\sin(90 + \phi + \phi_1)} = \frac{l}{2 \sin[90 - (\alpha + \phi + \phi_1)]}. \quad (13)$$
$$\frac{l}{2} = R \cdot \cos \omega t \quad (14)$$

Обозначив $\varphi + \varphi_1 = \varphi'$, после преобразования полученных отношений будем иметь:

$$s = R \cdot \frac{\cos \phi'}{\cos(\alpha + \phi')} \cdot \cos \omega t. \quad (15)$$

Из этого же треугольника OO_1K можно записать следующее



соотношение :

$$\frac{c}{\sin \alpha} = \frac{l}{2 \sin(\alpha + \phi')} \quad (16)$$

или

$$c = \frac{R \cdot \sin \alpha}{\sin(\alpha + \phi')} \cdot \cos \omega t. \quad (17)$$

Отрезок S является медианой треугольника OKK'_1 . Выразив её как медиану треугольника через стороны L , S , и d , определим значение величины d .

$$s = \frac{\sqrt{2(c^2 + d^2) - l^2}}{2} \quad (18)$$

или, заменив их величины значениями, будем иметь:

$$R \cdot \frac{\cos \phi'}{\cos(\alpha + \phi')} \cdot \cos \omega t = \frac{\sqrt{2 \left(R^2 \cdot \frac{\sin^2 \alpha}{\cos^2(\alpha + \phi')} \cdot \cos^2 \omega t + d^2 \right) - 4R^2}}{2}. \quad (19)$$

Возведя обе стороны в квадрат, и выполнив преобразования, получим:

$$d^2 = R^2 \cdot \cos^2 \omega t \cdot \left[\frac{2 \cos^2 \phi'}{\cos^2(\alpha + \phi')} - \frac{\sin^2 \alpha}{\cos^2(\alpha + \phi')} - 2 \right].$$

Откуда, после преобразований получим значение величины d

$$d = R \cdot \cos \omega t \cdot \sqrt{s \cdot c^2 \cdot (\alpha + \phi') \cdot (2 \cos^2 \phi' - \sin^2 \alpha) + 2} \quad (20)$$

Из треугольника OO_1K_1 можно записать соотношение:

$$\sin(180 - \alpha) = \frac{2d \cdot \sin \beta}{l} = \frac{d \cdot \sin \beta}{R \cdot \cos \omega t'} \quad (21)$$

или

$$\sin \alpha = \frac{d \cdot \sin \beta}{R \cdot \cos \omega t'},$$

откуда

$$\sin \beta = \frac{\sin \alpha}{d} \cdot R \cdot \cos \omega t.$$

Или, после преобразований:

$$\sin \beta = \frac{\sin \alpha}{\sqrt{s \cdot c^2 \cdot (\alpha + \phi') \cdot (2 \cos^2 \phi' - \sin^2 \alpha) + 2}}$$

или угол β будет:

$$\beta = \arcsin \frac{\sin \alpha}{\sqrt{s \cdot c^2 \cdot (\alpha + \phi') \cdot (2 \cos^2 \phi' - \sin^2 \alpha) + 2}}. \quad (22)$$

Зная угол β легко определить величину угла γ



$$\gamma = \alpha - \beta; \quad (23)$$

Уравнение траектории движения точки «K» в плоскости XOY запишется так:

$$\begin{aligned} x' &= d \cdot \sin(\alpha - \beta) \\ y' &= d \cdot \cos(\alpha - \beta) \\ z' &= R \cdot (2 - \sin \omega t) \end{aligned} \quad (24)$$

или

$$x' = R \cdot \sin(\alpha - \beta) \cdot \cos \omega t \cdot \sqrt{s \cdot c^2 \cdot (\alpha + \phi') \cdot (2 \cos^2 \phi' - \sin^2 \alpha) + 2} \quad (25)$$

$$x' = R \cdot \cos(\alpha - \beta) \cdot \cos \omega t \cdot \sqrt{s \cdot c^2 \cdot (\alpha + \phi') \cdot (2 \cos^2 \phi' - \sin^2 \alpha) + 2} \quad (26)$$

Исключив ωt из выражения для X' и Z' , получим траекторию движения точки «K'» в декартовых координатах в плоскости ZOX

$$\frac{x'^2}{R^2 \cdot \sin^2(\alpha - \beta) \cdot \{s \cdot c^2 \cdot (\alpha + \phi') \cdot [2 \cos^2 \phi' - \sin^2 \alpha] + 2\}} + \frac{(2R - z')^2}{R^2} = 1 \quad (27)$$

Аналогично получаем уравнение траектории движения точки «K'» в плоскости YOZ'

$$\frac{y'^2}{R^2 \cdot \cos^2(\alpha - \beta) \cdot \{s \cdot c^2 \cdot (\alpha + \phi') \cdot [2 \cos^2 \phi' - \sin^2 \alpha] + 2\}} + \frac{(2R - z')^2}{R^2} = 1. \quad (28)$$

Уравнения (27) и (28) являются уравнениями эллипса, смещенного по оси Z на величину 2R. Разложив $\sin(\alpha - \beta)$ и проведя соответствующие преобразования легко доказать, что в уравнении (27) малая полуось будет:

$$b = R \cdot \sin(\alpha - \beta) \cdot \sqrt{s \cdot c^2 \cdot (\alpha + \phi') \cdot (2 \cos^2 \phi' - \sin^2 \alpha) + 2} = R \cdot \sin \alpha, \quad (29)$$

то есть, эллипсы являются такими же, как и в случае движения точки "K" в нижних квадрантах окружности диска

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ.

Анализ аналитических и экспериментальных исследований

1. Природа угла φ и $\varphi_1 = \varphi'$.

С целью проверки соответствия действительной траектории иглы зуба с теоретической, были проведены эксперименты в почвенном канале и в полевых условиях на почвах с различной плотностью. Во всех случаях проекция траектории носка иглы на горизонтальную плоскость, что является следом иглы на почве, оказалась прямой линией, а следы всех игл параллельны между собой. При изменении угла наклона диска к направлению движения направление следа иглы также меняется, но следы (а-а; а₁-а₁; а₂-а₂) от соседних игл остаются параллельными (рис. 5).

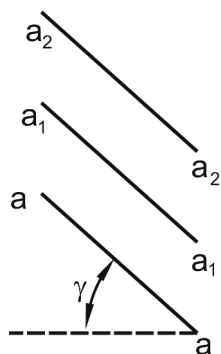


Рис. 5. Схема к определению направления следа иглы диска.

Угол γ является суммой углов $(\alpha + \varphi + \varphi_1)$. Замерив этот угол и зная угол α – угол атаки, легко определить сумму $\varphi + \varphi_1$ из зависимости:

$$\varphi' = \varphi + \varphi_1 = \gamma - \alpha \quad (30)$$

Этот угол остаётся постоянным при изменении угла α . Более точные замеры с многократной повторностью позволили установить, что он колеблется в очень узких пределах ($\varphi' = \varphi + \varphi_1 = 18...21$ град) для различных сухих почв. Так на черноземе, он колеблется в пределах $20^\circ...21^\circ$; на сухом песке $18^\circ...18^\circ30'$. Для сравнения и выяснения характера трения скольжения различных материалов о сталь при помощи линейки академика Желиговского В.А. [21] в таблице 1 приведены значения углов различных материалов. Поверхность – стальная пластина, по которой скользил опытный образец материала, обработанная мелким напильником и слегка наждачной бумагой.

Таблица 1 - Таблица значений угла трения различных материалов о сталь

№ п.п.	Материал	Угол трения (материал о сталь)
1	Песок (сухой)	18° ;
2	Чернозем (сухой)	$20^\circ...21^\circ$;
3	Чернозем (влажность 15 %)	25° ;
4	Чернозем (влажность 27 %)	$29^\circ...31^\circ$;
5	Чернозем о чернозем	$35^\circ...42^\circ$;
6	Известняк	$19^\circ 20'$;
7	Гранит	$18^\circ 20'$;

Как видно из приведенных выше данных угол φ' , полученный при испытании игольчатого диска для сухого песка и чернозема, находятся в пределах $18...21^\circ$, а угол трения скольжения φ для тех же материалов, но полученных с помощью линейки В.А. Желиговского,



также в пределах $18...21^\circ$. Очевидно, это тот самый угол φ , а приведенный угол φ_1 – очень мал. Так как диски были хорошо смазаны, то вполне вероятно, что силы трения в опоре очень малы, а приведенная сила к концу иглы ощутимого влияния на движение самой иглы не оказывает. Учитывая эти обстоятельства, этой силой можно пренебречь, а принимать во внимание только силу трения скольжения иглы о материал среды, и будем обозначать $\varphi + \varphi_1 = \varphi'$

2. Частные случаи

1. Из уравнения (12), малая полуось эллипса $b = R \cdot \sin \alpha \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi')$ изменяется с изменением угла атаки диска α . Так как с увеличением угла атаки α значение $\operatorname{tg}(\alpha + \varphi')$ может приобрести значение больше единицы, то можно получить установку, когда малая и большая полуоси будут равны. Учитывая, что $a = R$, приравниваем значения a и b , тогда:

$$R \cdot \sin \alpha \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi') = R \quad (31)$$

или

$$\sin \alpha \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi') = 1. \quad (32)$$

Принимая, $\varphi' = 20^\circ$ и решая уравнение (31), получим значение $\alpha = 38^\circ$, а при $\varphi' = 30^\circ$ – угол $\alpha = 32^\circ$.

2. При значениях $X = Y$ из уравнения (2) получим, $\operatorname{ctg}(\alpha + \varphi') = 1$. Тогда и $\operatorname{tg}(\alpha + \varphi') = 1$.

Подставляя это значение в уравнение (12), получим

$$\frac{y^2}{R^2 \cdot \sin^2 \alpha} + \frac{(R + z)^2}{R^2} = 1, \quad (33)$$

то есть полуоси эллипса такие же, как и в уравнении (10).

Очевидно, при такой установке диска в плоскости VOZ и XOZ , проекции траекторий точки K будут одинаковыми. Это будет при условии $(\alpha + \varphi') = 45^\circ$. Принимая, что $\varphi' = 20^\circ$ и решая уравнение (32), получим значение $\alpha = 45^\circ - 20^\circ = 25^\circ$, а при $\varphi' = 30^\circ$ – $\alpha = 45^\circ - 30^\circ = 15^\circ$.

3. Если игольчатый диск установить плоскостью по направлению движения, то есть $\alpha = 0$, то при перекачивании, пройденный путь не соответствует теоретическому – $2 \cdot \pi \cdot R \cdot n$. Очевидно, имеет место изменение радиуса качения, так как это несоответствие на «плотной» почве мало, а на «сыпучей» – велико. Величина изменения радиуса качения бывает:

- на плотной почве $\varepsilon = R_d/R_m = 0,95...0,98$;
- на культивированной $\varepsilon = R_d/R_T = 0,9...0,93$.

Процент скольжения наклоненного к направлению движения диска можно определить из зависимости:

$$\mu_t = (1 - \eta) \cdot 100, \quad (34)$$

где η – коэффициент скольжения-буксования (отношение теоретической длины пути пройденного диском к действительной).

Очевидно, η учитывает и изменения радиуса качения. При увеличении угла атаки α – уменьшается величина η , то есть увеличивается процент скольжения. Пользуясь рисунком 6 величину η можно определить аналитическим путем при любом значении угла атаки диска.

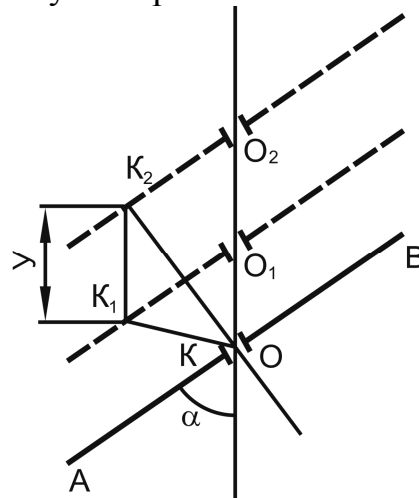


Рис. 6. Схема к определению величины скольжения η аналитическим путем.

Предположим, диск имеет z игл, расстояние между концами которых по дуге окружности $m = \pi \cdot D/z$. Диск перекачивается без трения по какой-то поверхности. При перемещении оси диска «O» на величину «y», она окажется в положении «O₁». При этом диск вращается и его окружная скорость равна скорости поступательного движения. Конец нижней иглы K переместится из точки «O» в точку K₁. Тогда величину $m = OO_1$ можно выразить таким образом :

$$m = \frac{R \cdot \sin \omega t}{\cos \alpha}. \quad (35)$$

При наличии трения и поворота диска на тот же угол точка K переместится в K₂, а ось диска из точки «O» переместится в «O₂». Расстояние $S = OO_2$ можно определить таким образом. Если начало координат, как и при выводе уравнения траектории, поместить в точку «O», то зависимость для определения величины S можно записать:

$$S = y + R \cdot \sin \omega t \cdot \cos \alpha, \quad (36)$$

где $R \cdot \sin \omega t = K_2O_2$



Коэффициент скольжения можно определить:

$$\eta = \frac{m \cdot \varepsilon}{s} = \frac{\varepsilon \cdot R \cdot \sin \omega t}{\cos \alpha \cdot (y + R \cdot \sin \omega t \cdot \cos \alpha)} \quad (37)$$

или, подставляя вместо «у» его значения, получим

$$\eta = \frac{\varepsilon \cdot R \cdot \sin \omega t}{\cos \varepsilon \cdot [R \cdot \sin \alpha \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \phi') \cdot \sin \omega t + R \cdot \sin \omega t \cdot \cos \alpha]} \quad (38)$$

Или, после сокращений и преобразований

$$\eta = \frac{\varepsilon}{\cos \alpha \cdot [\sin \alpha \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \phi') + \cos \alpha]} \quad (39)$$

В таблице 2 приведены значения η , полученные по уравнению (39) для разных углов атаки α , значений $\phi' = 20^\circ$ и $\varepsilon = 0,9$, а также значения η_d , полученных экспериментальным путем в почвенном канале, а в графе 6 – в полевых условиях на черноземе в процессе культивации

Таблица 2 - Таблица значений коэффициентов скольжения-буксования, полученных на основании аналитических и экспериментальных исследований

№ п.п.	Угол атаки α , град	Значение η при $\varepsilon = 0,9$	Значение η при $\varepsilon = 0,95$	Значение η_d на песке	Значение η_d на черноземе
1	0	0,9	0,95	0,9	0,95
2	10	0,84	0,9		
3	20	0,79	0,83		
4	25	0,74	0,78	0,73	
5	30	0,71	0,75		0,76
6	35	0,68	0,71	0,68	
7	40	0,63	0,65		0,66
8	45	0,61	0,64	0,63	
9	50	0,51	0,54		
10	55	0,43	0,45		
11	60	0,24	0,26		
12	65	0,20	0,21		
13	70	0	0		

3. Обоснование оптимального угла атаки диска

Дифференцируя уравнения (36) можно определить проекцию скорости перемещения конца иглы в направлении рядка по оси «х».

$$V_x = \frac{dx}{dt} = R \cdot \omega \cdot \sin \alpha \cdot \cos \omega t, \quad (40)$$

где $R\omega$ – окружная скорость носка иглы.

Эту окружную скорость выразим через поступательную скорость движения диска V . Как уже было указано выше, абсолютное перемещение носка иглы состоит из переносного движения вместе с осью и относительного вокруг этой оси. Соответствующие скорости этого движения представлены на рисунке 7.

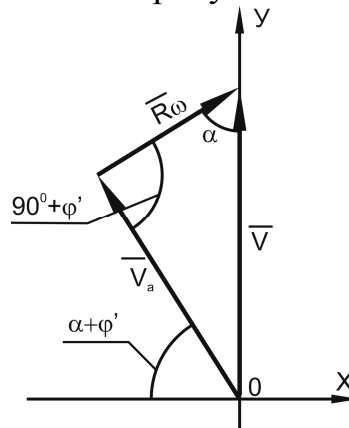


Рис. 7. Схема к определению зависимости между окружной и поступательной скоростью носка иглы.

Зависимость между окружной скоростью $R\omega$ и поступательной V можно составить, используя теорему синусов.

$$\frac{V}{\sin(90 + \phi')} = \frac{R \cdot \omega \cdot \cos \omega t}{\sin[90 - (\alpha + \phi')]} \quad (41)$$

или

$$\frac{V}{\cos \phi'} = \frac{R \cdot \omega \cdot \cos \omega t}{\cos(\alpha + \phi')}. \quad (42)$$

Откуда:

$$R \cdot \omega = \frac{V \cdot \cos(\alpha + \phi')}{\cos \phi' \cdot \cos \omega t}. \quad (43)$$

Подставив полученное значение в уравнение (40), будем иметь:

$$V_x = \frac{dx}{dt} = V \cdot \frac{\cos(\alpha + \phi') \cdot \sin \alpha}{\cos \phi'}. \quad (43)$$

Значение V_x изменяется по косинусоиду при постоянном значении V , α и ϕ' . Однако, установку диска относительно направления движения можно менять. Из уравнения (43) видно, что при значении $\cos(\alpha + \phi') = 0$, значение V_x также равно нулю. Это будет, когда $\alpha + \phi' = 90^\circ$. V_x также равно нулю при $\alpha = 0$. Очевидно, можно найти такое



положение диска, когда зубья игольчатого диска будут наиболее активно воздействовать на сорняки в направлении рядка, то есть когда V_x имеет максимальное значение. Это будет при максимальном значении произведения:

$$\frac{\cos(\alpha + \phi') \cdot \sin \alpha}{\cos \phi'} \quad (44)$$

Считая α аргументом, найдем максимальное значение функции при $\phi' = const$.

$$\frac{d}{d\alpha} \cdot \left[\frac{\cos(\alpha + \phi') \cdot \sin \alpha}{\cos \phi'} \right] = 0; \quad (45)$$

$$\frac{d}{d\alpha} \cdot \left(\frac{\cos \alpha \cdot \cos \phi' - \sin \alpha \cdot \sin \phi'}{\cos \phi'} \right) = 0;$$

$$\frac{d}{d\alpha} \cdot (\cos \alpha \cdot \sin \alpha - \sin^2 \alpha \cdot \operatorname{tg} \phi') = 0;$$

$$\frac{d}{d\alpha} \cdot \left(\frac{1}{2} \sin 2\alpha - \sin^2 \alpha \cdot \operatorname{tg} \phi' \right) = 0;$$

$$\cos 2\alpha - \sin 2\alpha \cdot \operatorname{tg} \phi' = 0$$

или:

$$\operatorname{ctg} 2\alpha = \operatorname{tg} \phi' = 0. \quad (46)$$

Если принять, что $\phi' = 20^\circ$, то $\operatorname{tg} \phi' = 0,364$, угол $2\alpha = 70^\circ$ или $\alpha = 35^\circ$. Значение ϕ' может увеличиваться до $30...31^\circ$. При $\phi' = 31^\circ$ значение α будет $\operatorname{ctg} 2\alpha = \operatorname{tg} \phi' = \operatorname{tg} 31^\circ$, то $2\alpha = 59^\circ$, $\alpha = 29^\circ 30'$. Очевидно, что наиболее приемлемым углом атаки установки дисков будет угол $\alpha = 32...33^\circ$.

4. Условия сбрасывания сорняков с иглы

При перемещении иглы в почве под углом $90^\circ - (\alpha + \phi')$ к направлению рядка имеется возможность нависания сорняков. Должны быть силы, способствующие сбрасыванию их, иначе игольчатый диск будет забиваться. Перемещение иглы в плоскости XOY происходит таким образом: вначале ускорение, а при выходе из почвы – замедление. Действием силы инерции сорняк будет прижат к игле. Величину ускорения в направлении O_1K_1 (рис. 8) можно определить, если взять вторую производную от перемещения по оси X по времени и спроектировать ее на направление движения иглы.

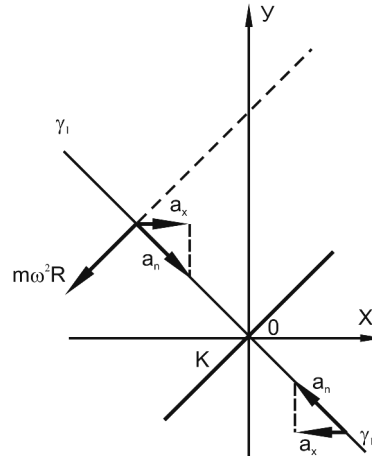


Рис. 8. Схема к определению условия сбрасывания сорняка с иглы.

Со стороны вхождения иглы в почву

$$x = -R \cdot \sin \alpha \cdot \sin \omega t \quad (47)$$

Знак «-», так как $\sin \omega t$ отрицательный в 4-м квадранте:

$$V_x = \frac{dx}{dt} = -R\omega \cdot \sin \alpha \cdot \cos \omega t \quad (48)$$

$$a_x = \frac{d^2x}{dt^2} = R\omega^2 \cdot \sin \alpha \cdot \sin \omega t \quad (49)$$

Ускорение имеет положительный знак, следовательно, оно направлено к точке «0». Ускорение, действующее в направлении абсолютного движения иглы будет:

$$a_n = \frac{a_x}{\cos(\alpha + \phi')} = \frac{R\omega^2 \cdot \sin \alpha \cdot \sin \omega t}{\cos(\alpha + \phi')} \quad (50)$$

Или, подставляя значение $R\omega$,

$$R\omega = V \cdot \frac{\cos(\alpha + \phi')}{\cos \phi'} \quad (51)$$

получаем

$$a_n = \frac{V^2 \cdot \cos^2(\alpha + \phi') \cdot \sin \alpha \cdot \sin \omega t}{R \cdot \cos^2 \phi' \cdot \cos(\alpha + \phi')} \quad (52)$$

или

$$a_n = \frac{V^2 \cdot \cos(\alpha + \phi') \cdot \sin \alpha \cdot \sin \omega t}{R \cdot \cos^2 \phi'} \quad (53)$$

Сила инерции сорняка

$$j_n = m \cdot a_n = -m \cdot \frac{V^2 \cdot \cos(\alpha + \phi') \cdot \sin \alpha \cdot \sin \omega t}{R \cdot \cos^2 \phi'}, \quad (54)$$

где m – масса сорняка.

Со стороны выхода иглы из почвы ускорение и сила инерции

сорняка по величине такие же как и в уравнении (53) и (54), но имеют противоположный знак, так как направление ускорения будут против направления движения иглы (рис. 9) .

$$a_n = \frac{-V^2 \cdot \cos(\alpha + \phi') \cdot \sin \alpha \cdot \sin \omega t}{R \cdot \cos^2 \phi'}; \quad (55)$$

$$j_n = m \cdot \frac{V^2 \cdot \cos(\alpha + \phi') \cdot \sin \alpha \cdot \sin \omega t}{R \cdot \cos^2 \phi'}. \quad (56)$$

Кроме того, на сорняк действует и центробежная сила инерции $m\omega^2 R$. Если бы игла находилась в почве, то сорняк был бы сброшен с нее силами j_n и $m\omega^2 R$. Но на него еще действует сопротивление почвы (против направления движения) и прижимает его к игле. После выхода иглы из почвы сопротивление почвы на сорняк не действует, но остаются силы инерции. При $\omega t = \pi/2$ сила инерции j_n приобретает максимальное значение.

$$j_n = m \cdot \frac{V^2 \cdot \cos(\alpha + \phi') \cdot \sin \alpha}{R \cdot \cos^2 \phi'}. \quad (57)$$

В сумме с центробежной силой они дадут равнодействующую, которая может быть определена по известной зависимости из треугольника. Данная сумма выразится так:

$$U = m \cdot \frac{V^2 \cdot \cos(\alpha + \phi') \cdot \sin \alpha}{R \cdot \cos^2 \phi'} + m \cdot \frac{V^2 \cdot \cos(\alpha + \phi')}{R \cdot \cos^2 \phi'}. \quad (58)$$

Эта сила должна сбросить нависший сорняк с иглы.

5. Обоснование значения радиуса диска

Ширину необработанной зоны А (рис. 9) можно выразить через параметры диска таким образом:

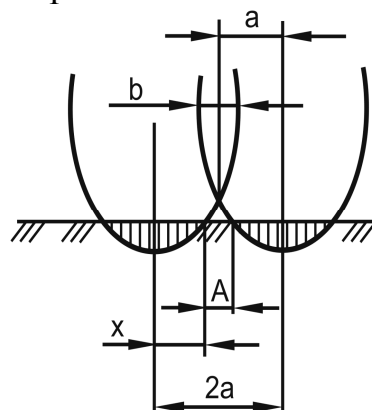


Рис. 9. Схема к определению значения радиуса диска.

$$A = 2a' - 2x = 2R \sin \alpha - b - 2x, \quad (59)$$

где: b – величина перекрытия игл;

α - угол атаки диска;



R – радиус диска.

Определив значение величины «х» из уравнения 10 и подставив в уравнение 59, получим:

$$A = 2R \sin \alpha - 2 \sin \alpha \cdot \sqrt{2R \cdot z - z^2} - b; \quad (60)$$

$$A = 2 \sin \alpha \cdot \left(R - \sqrt{2R \cdot z - z^2} - b \right); \quad (61)$$

$$A = 2R \cdot \sin \alpha \left(1 - \sqrt{\frac{2z}{R} - \frac{z^2}{R^2}} \right) - b. \quad (62)$$

Как видно из уравнения (62) величина необработанной зоны уменьшается с уменьшением угла атаки α и радиуса диска R , с увеличением z и b .

Если бы у диска были прямые радиальные иглы, то выгодно было бы делать большое перекрытие b . Однако иглы имеют выгнутую форму, поэтому перекрытие можно допустить $b = 20...30$ мм. Очевидно, выгодно применять диск такого радиуса, чтобы обеспечить полное смыкание обрабатываемой зоны, то есть когда $A = 0$.

Допустим ширина защитной зоны с каждой стороны растений составляет $B = 13$ см. Возьмем $X = 16$ см, глубину обработки по оси диска примем $z = 8$ см, $\alpha = 30^\circ$, $b = 2,0$ см.

Определим значение величины радиуса диска:

$$A = 2 \sin \alpha \cdot \left(R - \sqrt{2R \cdot z - z^2} - b \right). \quad (63)$$

И после преобразования получим:

$$R^2 - R \cdot \left(2z + \frac{b}{2 \sin \alpha} \right) + z^2 + \frac{b^2}{4 \sin^2 \alpha} = 0. \quad (64)$$

В представленное параметрическое уравнение, подставляя цифровые значения, получим:

$$R^2 - R \cdot \left(2 \cdot 8 + \frac{2}{2 \cdot 0,5} \right) + 8^2 + \frac{2^2}{4 \cdot 0,25} = 0,$$

решая его, получим

$$R = 9 \pm 3,6 \text{ см}$$

$$R_1 = 12,6 \text{ см}; \quad R_2 = 5,4 \text{ см}.$$

В соответствии со стандартами наибольшее распространение получили диски бороны – мотыги с радиусом $R = 22,5$ см. Для полного перекрытия зоны A необходимо работать именно такими дисками при определенной глубине обработки защитной зоны, которую определим, преобразовав уравнение (62):

$$z^2 - 2R \cdot z + R^2 - \frac{R \cdot b}{2 \sin \alpha} + \frac{b^2}{4 \sin^2 \alpha} = 0, \quad (65)$$

$$z^2 - 45z + 465 = 0 \quad (66)$$

Действительным корнем уравнения является $z_2 = 16,1$ см.

При обработке на глубину 10 см остается ширина необработанной зоны в соответствии с выражением (63):

$$A = 45 \cdot 0,5 - 2 \cdot 0,5 \cdot \sqrt{450 - 100} - 2 = 1,5 \text{ см},$$

то есть, ширина необработанной зоны A составила 1,5 см. А при глубине обработки в 12 см ширина необработанной зоны $A = 0,5$ см.

6. Обоснование качества рыхления почвы

Рыхление почвы иглами обеспечивается за счет скалывания ее в направлении опасного сечения и сдвига соседней иглой. Зона деформации почвы за счет скалывания зависит от толщины иглы d , глубины обработки h и угла скалывания $\Theta = 42 \dots 56^\circ$, определяющего направление скалывания и зависящего от типа и состояния почвы [22, 23]. Следуя предположению профессора Зеленина ширину зоны деформации можно определить по формуле (из теории Мора) [24].

$$b = d + 2h \cdot \tg \Theta/2, \quad (67)$$

где b – ширина зоны скалывания, см; (рис. 10)

d – толщина иглы, см;

h – глубина обработки, см;

Θ – угол, определяющий направление скалывания.

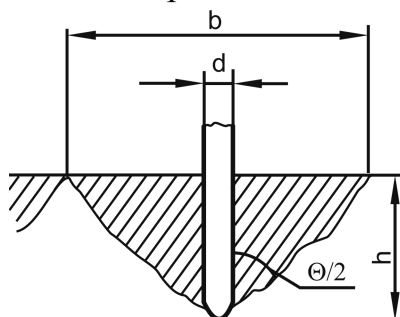


Рис. 10. Схема к определению ширины зоны рыхления.

Достаточное рыхление получается тогда, когда зоны рыхления соседними иглами смыкаются. Очевидно, это будет зависеть от расстояния CC_1 между соседними следами $n-n$ и $m-m$ (рис. 11), которые в свою очередь зависят от расстояния между соседними иглами на диске и угла трения φ' . Из условия равенства зоны рыхления и расстояния

между следами определим наименьшее допустимое расстояние между иглами.

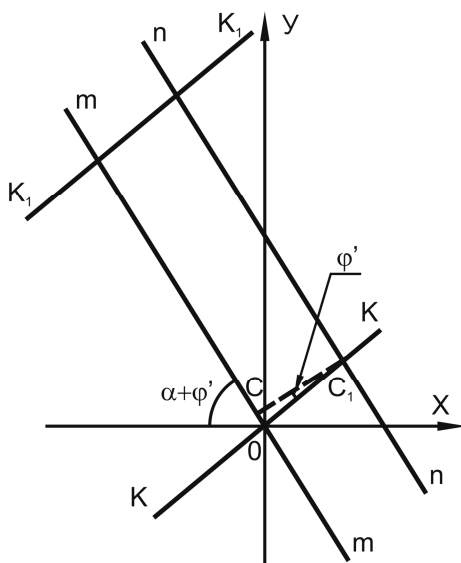


Рис. 11. Схема к определению наименьшего допустимого расстояния между иглами.

На рисунке 11 линиями $n-n$ и $m-m$ изображены следы двух соседних игл, а линиями $K-K$ и K_1-K_1 – два разных положения диска. Расстояние между следами можно определить:

$$CC_1 = S \cdot \cos \varphi'. \quad (68)$$

Зона скалывания будет смыкаться, если $CC_1 = b$. Или,

$$S \cdot \cos \varphi' = d + 2h \cdot \operatorname{tg} \frac{\theta}{2} \quad (69)$$

откуда:

$$S = \frac{d + 2h \cdot \operatorname{tg} \left(\frac{\theta}{2} \right)}{\cos \varphi'} \quad (70)$$

Решая это уравнение для сыпучих легких почв при значении $\varphi' = 20^\circ$; $\theta = 40^\circ$, $h = 12$ см; $d = 2$ см, получим:

$$S = \frac{2 + 2 \cdot 12 \cdot 0,365}{0,95} = 11,5 \text{ см}$$

для более тяжелых условий: $\varphi' = 31^\circ$; $\theta = 50^\circ$, $h = 12$ см; $d = 2$ см

$$S = \frac{2 + 2 \cdot 12 \cdot 0,47}{0,90} = 15 \text{ см.}$$

Расстояние между иглами стандартного диска диаметром 450 мм $S = 11,5$ см. Очевидно, в первом случае зоны скалывания при такой глубине обработки будут смыкаться, во втором перекрываться.

Из приведенного анализа видно, что выгоднее применять



игольчатые диски с частой расстановкой игл. Однако иглы деформируют почву не только путем скалывания, но и путем сдвига. При этом каждая следующая игла идет после первой, то есть, когда на расстоянии $CC_1 = b$ от его следа почва уже деформирована, и сдвинуть ее легко.

Проверка полноты деформации почвы нами не проводилась, но визуальные наблюдения говорят о высоком качестве рыхления при глубине хода игл 12...15 см.

Выводы.

1. Выполнены аналитические исследования действующих сил игольчатый рабочий орган и кинематику движения иглы.
2. Выполнены экспериментальные исследования. Сравнительный анализ результатов, полученных аналитическим путем и путем экспериментальных исследований, показали весьма близкие результаты по величине, что подтверждает правильность вышеизложенных соображений при составлении уравнений.
3. Обоснованы технологические параметры, такие как: постановка оптимального угла атаки диска; условия сбрасывания сорняков с иглы; оптимальное значение радиуса диска, а также качество рыхления почвы для конкретных условий их эксплуатации

Литература.

1. Константинов В.М. Охрана природы / В.М. Константинов. – М.: Издательство: Академия, 2010. – 240 с.
2. Константинов, В.М. Рациональное использование природных ресурсов и охрана природы // В.М. Константинов [и др.]. – М.: Академия, 2009. – 272 с.
3. Воронков Н.А. Экология : Общая, социальная, прикладная: (Общественнообразоват. курс): Учеб. пособие для студентов вузов и учителей / Н.А. Воронков. – М. : Агар: Рандеву – АМ, 1999. – 422 с.
4. Боков, В.А. Геоэкология [Текст]: науч.-метод. книга по экологии / В.А. Боков, А.В. Симферополь: Таврия, 1996. 384 с.
5. Акимова, Т.А., Хаскин В.В. Экология. Человек – Экономика – Биота – Среда: учебник для студентов вузов/ Т.А. Акимова. В.В. Хаскин. – 3-е изд., перераб. И доп. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2007. – 495 с.
6. Григорьян Б.Р., Николаева Т.Г. и др. Концепция создания системы производства, сертификации и оборота экологически чистой продукции в республике Татарстан. <http://shmain.ru/nauchnye-statii/grigoryan-b-r-nikolaeva-t-g-i-dr-koncepciya-sozdaniya-sistemy-proizvodstva-sertifikacii-i-oborota-ekologicheskii-chistoj-produkcii-v-respublike-tatarstan.html>
7. Агроэкология / В.А. Черников, Р.М. Алексахин, А.В. Голубев и др.; под ред. В.А. Черникова, А.И. Чекереса. - М.: Колос, 2000. - 536 с.



8. Уразаев Н.А. Сельскохозяйственная экология/Н.А. Уразаев, А.А. Вакулин, А.В. Никитин и др. М.: Колос, 2000. - 304 с.
9. Белокопытов А.В. Обоснование рациональных параметров рабочих элементов игольчатых рабочих органов для сплошной обработки почвы в условиях юга Украины: дис.... канд. техн. наук/ А.В. Белокопытов Мелитополь, 1997. - 200 с.
10. Самойлов П.А. К методике графического анализа рабочего процесса игольчатого диска пропашного культиватора и ротационной мотыги / П.А. Самойлов // Труды Киргизского сельскохозяйственного института./ Вып. 14. Т.4. Фрунзе, 1969. с 29-33.
11. Сапаров О., Федоров А.К. Кинематика игольчатого дискового рабочего органа, работающего под некоторым углом к направлению движения орудия / О. Сапаров А.К. Федоров // Механизация полеводства и животноводства в северном Казахстане / Труды Целиноградского СХИ. Т. 28. Целиноград, 1980. С. 32-36.
12. Чайчиц Н.В. К вопросу движения в почвенном слое игольчатых дисков ротационных мотыг / Н.В. Чайчиц // Сборник научных трудов БСХА / Т.69. Горки, 1975. – с. 134-137.
13. Шатин В.Я. Обоснование параметров ротационных рабочих органов для предпосевной обработки почв на стерневых полях / В.Я. Шатин. // Автореф... канд. техн. наук./ Челябинск, 1988. – 20 с.
14. Клетченко В.Т. Обоснование параметров игольчатых дисков для поверхностных противозерозионных обработок почвы в условиях Нечерноземной зоны / В.Т. Клетченко. // Совершенствование процессов и средств механизации для обработки почвы и посева / Минск, 1983, ст.104 – 127.
15. Ковриков И.Т. Обоснование формы иглы и параметров рабочих органов для поверхностной обработки почвы / И.Т. Ковриков // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1978. - №7. – с.22-24.
16. Бакулин В.К. Игольчатая борона для твердых почв. В.К. Бакулин // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства /. – 1979. - №3. – с.11-13.
17. Седнев Н.А. Анализ работы ротационных рабочих органов при движении с затормаживанием / Н.А. Седнев // Тракторы и сельхозмашины /. №10. 1978г. с.18...19.
18. Конищев А.А. К вопросу о деформации почвы игольчатым диском / А.А. Конищев // Экономическая эффективность почвозащитной технологии и комплекса противозерозионной техники / Труды Целиноградского СХИ. Целиноград, 1974. С. 129-134.
19. Коптев А.В. Обоснование параметров ротационных рабочих органов для боронования посевов сельскохозяйственных культур / А.В. Коптев // Автореф... канд. техн. наук. / М.: 1986. – 19 с.
20. Карпуша П.П. Обоснование некоторых параметров и оценочные показатели работы игольчатых дисков, применяемых для обработки



- защитных зон рядков пропашных культур / *П.П. Карпуша, Н.В. Доценко* // Механизация и электрификация сельского хозяйства / Республиканский межведомственный математический науч.техн.сб. – К.: 1967. – Вып.8. – с.51-61.
21. *Желиговский В.А.* Элементы теории почвообрабатывающих машин и механической технологии сельскохозяйственных материалов / *В.А. Желиговский.* Тбилиси, изд-во Грузинского СХИ, - 1960. - 145 с.
22. *Кленин Н.И., Сакун В.А.* Сельскохозяйственные и мелиоративные машины / *Н.И. Кленин, В.А. Сакун* // Элементы теории рабочих процессов, расчет регулировочных параметров и режимов работы /. – М.: Колос, 1980. – 671с.
23. *Клочков А.В.* Зона рыхления почвы зубом / *А.В. Клочков* // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1979 - №4. – с.45.
24. *Зеленин А.Н.* Основы разрушения грунтов механическим способом / *А.Н. Зеленин* - М.: «Машиностроение» 1968.-399 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ГОЛЧАСТИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ВСТАНОВЛЕНИХ ПІД ГОСТРИМ КУТОМ АТАКИ ДЛЯ ОБРОБІТКУ ПРОСАПНИХ КУЛЬТУР

П.П. Карпуша, О.В. Білокопитов, С.М. Саньков, Г.О. Рябцев

Анотація - у роботі представлені аналітичні та експериментальне дослідження голчастих робочих органів встановлених під гострим кутом атаки для обробки просапних культур. Обґрунтовано їх геометричні та технологічні параметри.

THE RESEARCH OF THE NEEDLE-SHAPED WORKING PARTS OPERATING BEING SET AT THE ACUTE ANGLE OF ATTACK FOR ROW CROPS CULTIVATION

P. Karpusha, O. Belokopytov, S. San'kov, G. Riabtsev

Summary

The analytical and experimental research of needle-shaped working parts having been set under the acute angle of attack for row crop cultivation has been presented in the article as well as these working parts geometrical and technological parameters have been substantiated.



УДК. 631.362.3.004.4

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОЙ РАБОТЫ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ПОСЛЕУБОРОЧНОЙ ОБРАБОТКИ ЗЕРНА

Михайлов Е.В., д.т.н.

Таврический государственный агротехнологический университет

Тел. (0619) 421265

Аннотация – в статье представлено решение системы дифференциальных уравнений по моделированию процессов функционирования технических средств послеуборочной обработки зерна.

Ключевые слова – моделирование, послеуборочная обработка зерна (ПУОЗ), техническая оснащенность (ТО), зерноочистительные машины (ЗОМ).

Постановка проблемы. При рациональном обосновании основных параметров ЗОМ и агрегатов должны быть правильно организованы технологические процессы, которые отвечают следующим требованиям: поточность (критерий минимума затрат), качество обрабатываемой продукции и показатель потерь зерна. При этом учитывается сложный характер взаимодействия уборочной техники (поступление исходного материала на зернокомплексы), транспортных средств и машин для ПУОЗ, погодных условий и характеристик зерновых материалов - засоренности, влажности, натуры и др.

Вышеупомянутые особенности предусматривают необходимость в использовании вероятностных методов системного анализа, имитационного моделирования - одного из наиболее мощных и универсальных методов изучения процесса функционирования объектов сложной структуры [1].

Анализ последних исследований. Анализ механизированных процессов в растениеводстве и животноводстве, проведенный С. В. Кардашевским, Л. В. Погорелым и др. [2,3], позволяет сформулировать основные характерные особенности сложных систем относительно комплексов сельскохозяйственных машин, использованных для осуществления этих процессов [4, 10]:

- наличие иерархической структуры - принципиальная возможность расчленения системы на взаимодействующие между собой элементы и подсистемы, которые выполняют разные технологические, организационные и производственные функции;



- стохастический характер процессов функционирования подсистем и элементов, который заключается в их взаимодействии с постоянно и случайным образом меняющимися факторами внешней среды и внутренними возмущениями;

- наличие общей для системы целенаправленной задачи и конкурирующих целей функционирования подсистем при наложении ограничений технического, технологического и экономического характера;

- систематическая направленность системы управления на достижение определенных показателей эффективности путем целенаправленного влияния обслуживающего персонала.

В этом случае рассматривается факт, что даже если каждый элемент или подсистема имеют оптимальные конструктивные или функциональные характеристики, то поведение всей системы может оказаться нерациональной из-за взаимодействия между элементами и подсистемами. Системный подход при изучении поведения больших (сложных) систем изложен в работе Н. П. Бусленко [5-10].

Для комплексов ПУОЗ в разной мере характерны все изложенные черты, что позволяет рассматривать процессы их функционирования, как процессы сложных систем [11-15].

Цель исследования - создание теоретических основ для моделирования и обеспечения эффективной работы технических объектов (систем) в процессе их эксплуатации.

Основная часть. Рассмотрим возможные варианты последовательности основных технологических процессов послеуборочной обработки и складирования товарного зерна и семян [1].

Основное технологическое оборудование делится на две группы: машины для обработки ненормализованного (свежеубранного или частично подработанного) и машины для обработки нормализованного (предварительно очищенного и высушенного) зерна. К первой группе относятся машины для предварительной очистки зерна и его сушки, а ко второй – для окончательной очистки и сортирования материала. Условия работы машин второй группы более благоприятны, чем первой.

Оборудование на предприятиях расстановливают таким образом, чтобы технологические операции выполнялись последовательно, и тем самым обеспечивалось доведение зернового материала до посевных, базисных или ограничительных кондиций за один пропуск или проход [10].

Описание функционирования системы представляет граф возможных вариантов последовательности основных технологических процессов послеуборочной обработки и складирования товарного зерна и семян (рис.1).

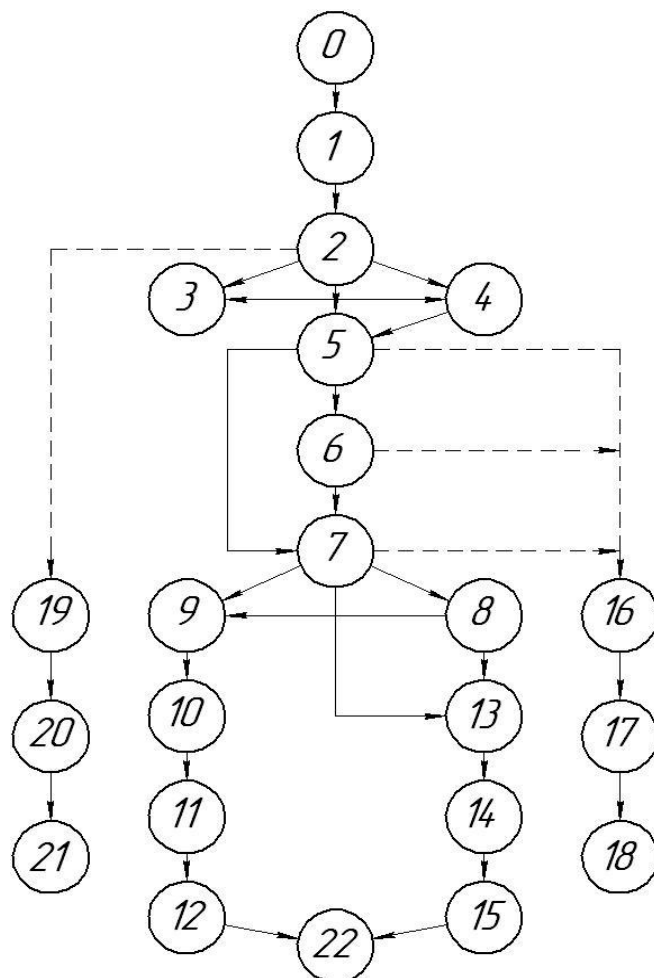


Рис. 1. Граф возможных вариантов последовательности основных технологических процессов послеуборочной обработки и складирования товарного зерна и семян.

Функционирование системы ПУОЗ представлено следующими технологическими операциями (рис.1): 0 – взвешивание вороха; 1 – разгрузка вороха; 2 – предварительная очистка; 3 – временное хранение, активное вентилирование; 4 – сушка; 5 – первичная очистка; 6 – вторичная очистка; 7 – триерование; 8 – очистка на пневмосортировальном столе; 9 – затаривание и взвешивание мешков; 10 – зашивание и укладывание мешков; 11 – перевозка мешков; 12 – укладка мешков в зернохранилище; 13 – загрузка и взвешивание авто; 14 – перевозка зерна; 15 – загрузка в зернохранилище; 16 – загрузка и взвешивания фуража; 17 – перевозка зернофуража; 18 – складирование фуража; 19 – загрузка незерновых отходов; 20 – перевозка отходов; 21 – утилизация отходов; 22 – хранение зерна.

Система последовательности основных технологических процессов послеуборочной обработки и складирования товарного зерна и семян представляется в виде дифференциальных уравнений (1).

$$\left\{ \begin{array}{l}
 p'_0(t) = -\lambda_1 p_0(t) \\
 p'_1(t) = \lambda_1 p_0(t) - \lambda_2 p_1(t) \\
 p'_2(t) = \lambda_2 p_1(t) - \lambda_3 p_2(t) - \lambda_4 p_2(t) - \lambda_5 p_2(t) - \lambda_{19} p_2(t) \\
 p'_3(t) = \lambda_3 p_2(t) + \lambda_4 p_3(t) \\
 p'_4(t) = \lambda_4 p_2(t) + \lambda_4 p_3(t) + \lambda_3 p_4(t) - \lambda_5 p_4(t) \\
 p'_5(t) = \lambda_5 p_4(t) + \lambda_5 p_2(t) - \lambda_6 p_5(t) - \lambda_{16} \cdot p_5(t) - \lambda_7 p_5(t) \\
 p'_6(t) = \lambda_6 p_5(t) - \lambda_7 p_6(t) - \lambda_{16} \cdot p_6(t) \\
 p'_7(t) = \lambda_7 p_5(t) + \lambda_7 p_6(t) - \lambda_{13} p_7(t) - \lambda_9 \cdot p_7(t) - \\
 - \lambda_8 p_7(t) - \lambda_{16} \cdot p_7(t) \\
 p'_8(t) = \lambda_8 p_7(t) - \lambda_{13} p_8(t) - \lambda_{16} p_8(t) - \lambda_9 p_8(t) \\
 p'_9(t) = \lambda_9 p_7(t) + \lambda_9 p_8(t) - \lambda_{10} p_9(t) \\
 p'_{10}(t) = \lambda_{10} p_9(t) - \lambda_{11} p_{10}(t) \\
 p'_{11}(t) = \lambda_{11} p_{10}(t) - \lambda_{12} p_{11}(t) \\
 p'_{12}(t) = \lambda_{12} p_{11}(t) - \lambda_{22} p_{12}(t) \\
 p'_{13}(t) = \lambda_{13} p_8(t) + \lambda_{13} p_7(t) - \lambda_{14} p_{13}(t) \\
 p'_{14}(t) = \lambda_{14} p_{13}(t) - \lambda_{15} p_{14}(t) \\
 p'_{15}(t) = \lambda_{15} p_{14}(t) - \lambda_{22} p_{15}(t) \\
 p'_{16}(t) = \lambda_{16} p_7(t) + \lambda_{16} p_6(t) + \lambda_{16} p_5(t) - \lambda_{17} p_{16}(t) \\
 p'_{17}(t) = \lambda_{17} p_{16}(t) - \lambda_{18} p_{17}(t) \\
 p'_{18}(t) = \lambda_{18} p_{17}(t) \\
 p'_{19}(t) = \lambda_{19} p_2(t) - \lambda_{20} p_{19}(t) \\
 p'_{20}(t) = \lambda_{20} p_{19}(t) - \lambda_{21} p_{20}(t) \\
 p'_{21}(t) = \lambda_{21} p_{20}(t) \\
 p'_{22}(t) = \lambda_{22} p_{12}(t) + \lambda_{22} p_{15}(t)
 \end{array} \right. \quad (1)$$

Многоуровневую систему ПУОЗ [10] можно представить в виде графа и рассматривать ее в виде дифференциальных уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l}
 p'_0(t) = -(\lambda_1 + \lambda_2) p_0(t) \\
 p'_1(t) = \lambda_1 p_0(t) - \lambda_1 p_3(t) - \sum_{i=1}^k \lambda_{4i} p_1(t) \\
 p'_2(t) = \lambda_2 p_0(t) - \lambda_2 p_5(t) - \sum_{i=1}^k \lambda_{4i} p_2(t) \\
 p'_3(t) = \lambda_3 p_1(t) + \sum_{i=1}^k \lambda_{4i} p_3(t) - \sum_{i=1}^k \lambda_{6i} p_3(t) \\
 p'_{4i}(t) = \lambda_{4i} p_1(t) + \lambda_{4i} p_2(t) - \lambda_3 p_{4i}(t) - \lambda_5 p_{4i}(t) \\
 p'_5(t) = \lambda_5 p_2(t) + \sum_{i=1}^k \lambda_5 p_{4i}(t) - (\lambda_{61} + \lambda_{62} + \dots + \lambda_{6i}) \cdot p_5 \\
 p'_{6i}(t) = \lambda_{6i} p_3(t) + \lambda_{6i} p_5(t), \quad i = \overline{1, k}
 \end{array} \right. \quad (2)$$

где $-\lambda_{61}, \lambda_{62}, \dots, \lambda_{6i}$ — соответствует 5-му уровню — технологическим процессам ЗОМ ($i_1, i_2, \dots, i_k$), являющимися составляющими 2-го уровня.

В данном случае предприятие для ПУОЗ продовольственно-фуражного назначения предусматривает обязательными такие технологические процессы как предварительная и первичная очистки.

В случае, если 2-й уровень многоуровневой системы ПУОЗ представляет семеноводческое предприятие, то $\lambda_{71}, \lambda_{72}, \dots, \lambda_{7i}$ соответствует технологическим процессам машин и оборудования 5-го уровня ($j_1, j_2, \dots, j_k$).

При $t = 0$, начальные условия имеют вид:

$$p_0(0) = 1, p_i(0) = 0, i = 1, 2, \dots, 5.$$

Система уравнений решается методом Рунге-Кутты.

В таком случае, предусматривают следующие технологические процессы: предварительная, первичная и вторичная очистка; триерование; очистка и сортировка на пневмосортировальном столе; затаривание и взвешивание мешков; зашивание и укладывание мешков и другие.

Считая, что при $t = 0$ все элементы системы исправны, можно записать начальные условия: $p_0(0) = 1, p_i(0) = 0, i = 1, 2, \dots, k$. Систему можно решить двумя способами: аналитическим и численным. Однако получить решение в виде формулы для произвольного n можно для случая ограниченного числа элементов или при фиксированных значениях интенсивностей их отказа и восстановления. Существуют приближенные методы, позволяющие получить решение в аналитическом виде. Однако при этом возникают проблемы с оценкой погрешностей результатов вычисления показателей эффективности функционирования системы. Проще всего система их отказа и восстановления решается методом Рунге-Кутты.

Полученные значения используются в дальнейшем при нахождении риска системы.

Рассмотрим частный случай с участием 3-го уровня многоуровневой системы при ПУОЗ одной культуры (рис.2).

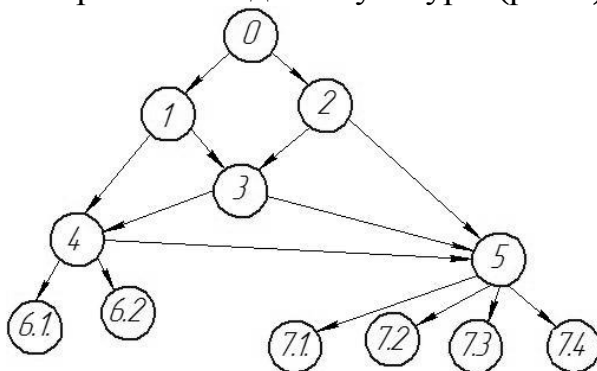


Рис. 2. Граф состояния системы ПУОЗ (1 культура).

Функционирование системы ПУОЗ представлены следующими технологическими операциями: 0 – взвешивание вороха; 1 – разгрузка



вороха; 2 – предварительная очистка; 3 – временное хранение, активное вентилирование; 4 – первичная очистка; 5 – вторичная очистка; 6.1 – загрузка и взвешивание авто; 6.2 – перевозка зерна; 7.1 – триерование; 7.2 – очистка на пневматическом сортировальном столе; 7.3 – затаривание и взвешивание мешков; 7.4 – зашивание и укладывание мешков.

Система представлена следующими дифференциальными уравнениями

$$\begin{cases} p_0'(t) = -(\lambda_1 + \lambda_2) p_0(t) \\ p_1'(t) = \lambda_1 p_0(t) - \lambda_3 p_1(t) - \lambda_4 p_1(t) \\ p_2'(t) = \lambda_2 p_0(t) - \lambda_5 p_2(t) - \lambda_3 p_2(t) \\ p_3'(t) = \lambda_3 p_1(t) + \lambda_3 p_2(t) - \lambda_4 p_3(t) - \lambda_5 p_3(t) \\ p_4'(t) = \lambda_4 p_1(t) + \lambda_4 p_3(t) - \lambda_5 p_4(t) - \lambda_{61} p_4(t) - \lambda_{62} p_4(t) \\ p_5'(t) = \lambda_5 p_3(t) + \lambda_5 p_4(t) - \lambda_{71} p_5(t) - \lambda_{72} p_5(t) - \\ - \lambda_{73} p_5(t) - \lambda_{74} p_5(t) \end{cases} \quad (3)$$

При $t = 0$, начальные условия имеют вид:

$$p_0(0) = 1, p_i(0) = 0, i = 1, 2, \dots, k$$

Система уравнений решается методом Рунге-Кутты. Программная реализация в пакете MathCad представлена на рисунке 3:

$$\begin{aligned} \lambda 4 &:= 6 & \lambda 5 &:= 7 & \lambda 62 &:= 6 & \lambda 71 &:= 5 & \lambda 74 &:= 6 \\ p_0 &:= 0 & p_1 &:= 0 & p_2 &:= 0 & p_3 &:= 0 & p_4 &:= 0 & p_5 &:= 0 \\ \text{ORIGIN} &:= 0 \\ p &:= \begin{pmatrix} p_0 \\ p_1 \\ p_2 \\ p_3 \\ p_4 \\ p_5 \end{pmatrix} & p &= \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \\ D(t, p) &:= \begin{bmatrix} -(\lambda 1 + \lambda 2) \cdot p_0 \\ \lambda 1 \cdot p_0 - (\lambda 3 + \lambda 4) \cdot p_1 \\ \lambda 2 \cdot p_0 - (\lambda 5 + \lambda 3) \cdot p_2 \\ \lambda 3 \cdot p_1 + \lambda 3 \cdot p_2 - (\lambda 5 + \lambda 4) \cdot p_3 \\ \lambda 4 \cdot p_1 + \lambda 4 \cdot p_3 - (\lambda 61 + \lambda 62) \cdot p_4 \\ \lambda 5 \cdot p_3 + \lambda 5 \cdot p_2 - (\lambda 71 + \lambda 72 + \lambda 73 + \lambda 74) \cdot p_5 \end{bmatrix} \\ p_0 + p_1 + p_2 + p_3 + p_4 + p_5 &= 1 \\ R &:= \text{rkfixed}(p, 0, 1, 15, D) \\ n &:= 0 \dots 99 & t &:= R^{<0>} \end{aligned}$$

Рис. 3. Листинг программы в пакете MathCad – решение системы уравнений методом Рунге – Кутты.



Решением системы дифференциальных уравнений будут вероятности функционирования системы (рис.4):

Find(*p0,p1,p2,p3,p4,p5*)

$$\rightarrow \left[\begin{array}{c} 1 \\ \frac{1 + 14 \cdot t}{22 \cdot t + 1} \\ \frac{(1 + 25 \cdot t + 154 \cdot t^2)}{20 \cdot t + 1} \\ \frac{(1 + 26 \cdot t + 168 \cdot t^2)}{(779 \cdot t^2 + 47 \cdot t + 4268 \cdot t^3 + 1)} \\ \frac{(24024 \cdot t^4 + 7750 \cdot t^3 + 935 \cdot t^2 + 50 \cdot t + 1)}{62 \cdot t + 70224 \cdot t^4 + 1499 \cdot t^2 + 16660 \cdot t^3 + 1} \\ \frac{288288 \cdot t^5 + 117024 \cdot t^4 + 18970 \cdot t^3 + 1535 \cdot t^2 + 62 \cdot t + 1}{7128 \cdot t^3 + 1402 \cdot t^2 + 91 \cdot t + 2} \\ 7t \cdot \frac{7128 \cdot t^3 + 1402 \cdot t^2 + 91 \cdot t + 2}{672672 \cdot t^5 + 241024 \cdot t^4 + 33930 \cdot t^3 + 2335 \cdot t^2 + 78 \cdot t + 1} \end{array} \right]$$

Рис. 4. Фрагмент листинга в пакете MathCad – определение вероятностей функционирования системы.

Таким образом, получим вероятности функционирования системы для частного случая:

$$\begin{aligned} p0(t) &= \frac{1}{1 + 14 \cdot t}; \\ p1(t) &= \frac{22 \cdot t + 1}{(1 + 25 \cdot t + 154 \cdot t^2)}; \\ p2(t) &= \frac{20 \cdot t + 1}{(1 + 26 \cdot t + 168 \cdot t^2)}; \\ p3(t) &= \frac{(779 \cdot t^2 + 47 \cdot t + 4268 \cdot t^3 + 1)}{(24024 \cdot t^4 + 7750 \cdot t^3 + 935 \cdot t^2 + 50 \cdot t + 1)}; \\ p4(t) &= \frac{62 \cdot t + 70224 \cdot t^4 + 1499 \cdot t^2 + 16660 \cdot t^3 + 1}{288288 \cdot t^5 + 117024 \cdot t^4 + 18970 \cdot t^3 + 1535 \cdot t^2 + 62 \cdot t + 1}; \\ p5(t) &= 7t \cdot \frac{7128 \cdot t^3 + 1402 \cdot t^2 + 91 \cdot t + 2}{672672 \cdot t^5 + 241024 \cdot t^4 + 33930 \cdot t^3 + 2335 \cdot t^2 + 78 \cdot t + 1} \end{aligned} \quad (4)$$

На основании уравнений 4 и рисунка 5 видно, что для каждого уровня системы вероятность отказов минимальна. Если и могут возникнуть отказы системы, то только в нулевом цикле, после чего вероятность отказа на каждом уровне не превышает 10%.

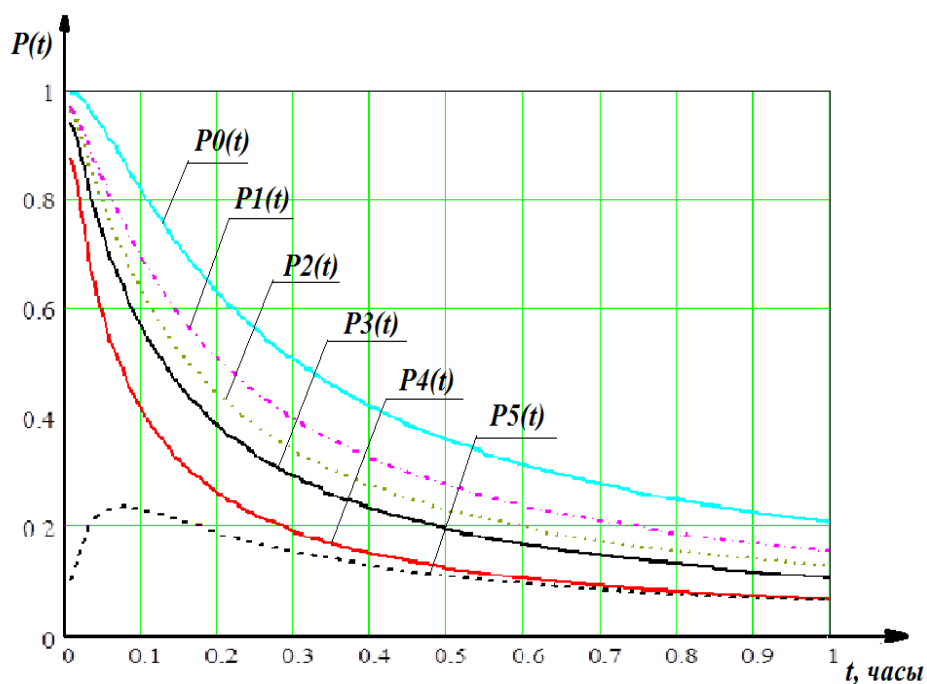


Рис. 5. Вероятности отказов переходного процесса.

$t =$	$p_0(t) =$	$p_1(t) =$	$p_2(t) =$	$p_3(t) =$	$p_4(t) =$	$p_5(t) =$
0.01	0.877	0.964	0.94	0.969	0.996	0.104
0.06	0.543	0.76	0.695	0.807	0.909	0.235
0.11	0.394	0.609	0.543	0.672	0.796	0.229
0.16	0.309	0.505	0.444	0.571	0.696	0.207
0.21	0.254	0.431	0.375	0.495	0.616	0.186
0.26	0.216	0.375	0.324	0.436	0.55	0.167
0.31	0.187	0.332	0.286	0.389	0.496	0.151
0.36	0.166	0.298	0.255	0.351	0.451	0.138
0.41	0.148	0.27	0.231	0.32	0.414	0.127
0.46	0.134	0.247	0.21	0.294	0.382	0.117
0.51	0.123	0.227	0.193	0.272	0.355	0.109
0.56	0.113	0.21	0.179	0.252	0.331	0.101
0.61	0.105	0.196	0.166	0.236	0.31	0.095
0.66	0.098	0.183	0.155	0.221	0.292	0.089
0.71	0.091	0.172	0.146	0.208	0.275	0.084
0.76	0.086	0.163	0.138	0.197	0.261	0.08

Функция готовности получается суммированием вероятностей $p_i(t)$, соответствующих исправным состояниям системы (рис. 6):

$$K(t) = \sum_{i=0}^5 p_i(t)$$

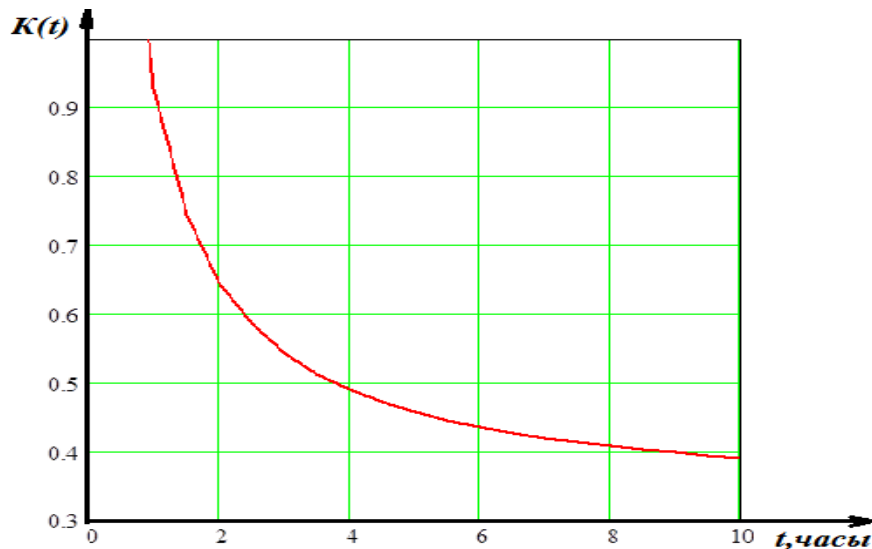


Рис. 6. Функция готовности системы.

Можно сделать вывод, что готовность системы очень высока, т.е. практически с 1 минуты она входит в стационарный режим, дополнительный контроль требуется ближе к 4 часам работы.

Выводы.

1. В результате проведенных исследований и представленных схем функционирования систем определены мероприятия по восстановлению отказавших элементов систем ТО ПУОЗ, позволяющих оптимизировать работу систем за счет сокращения объема отдельных элементов системы и прогнозировать работу отдельных блоков системы.

2. Рассматривая множество всех состояний система ПУОЗ, в том числе множество исправных и отказовых состояний системы ПУОЗ, определены вероятности отказов переходного процесса и функция готовности системы. Это позволит определить область рациональных значений коэффициента использования технических средств.

Литература

1. Михайлов Є. В. Післязбиральна обробка зерна у господарствах півдня України / Є. В. Михайлов.- Мелітополь: Люкс. 2012. - 260 с.
2. Испытания сельскохозяйственной техники // С. В. Кардашевский, Л. В. Погорелый, Г. М. Фудиман, П. И. Лобко, В. В. Брей. - М.: Машиностроение, 1979. - 288 с.
3. Погорелый Л. В. Инженерные методы испытания сельскохозяйственных машин / Л. В. Погорелый. - К.: Техника, 1981. - 185 с.
4. Елизаров В. П. Предприятия послеуборочной обработки и хранения зерна (расчет на ЕОМ) / В. П. Елизаров.- М.: Колос, 1977. - 216 с.
5. Бусленко Н. П. Моделирование сложных систем / Н. П. Бусленко.- М.: Наука, 1968. – 365 с.



6. Еникеев В. Г. Вопросы совершенствования технической оснащенности сельского хозяйства / В. Г. Еникеев // Науч. труды ЛСХИ. - Л, 1976. - Т. 301. - С. 16 - 27.
7. Пашичев П. Л. Оценка качества технической оснащенности сельскохозяйственного производства с учетом вероятностных параметров / П. Л. Пашичев // Науч. труды ЛСХИ. - Л., 1980. - Т. 388. - С. 27 - 29.
8. Лурье А.Б. Основы теории эффективности функционирования рабочих процессов сельскохозяйственных машин и их систем управления / А. Б. Лурье // Науч. труды ЛСХИ. - Л., 1981. - Т. 415.- С. 3 - 6.
9. Бусленко В. Н. Автоматизация имитационного моделирования сложных систем / В.Н. Бусленко. - М.: Наука, 1977. - 249 с.
10. Михайлов Є.В. Методологія обґрунтування складу та функціональних параметрів технічних засобів післяборочної обробки зерна (на прикладі Юга України): дис...докт. техн. наук/ Є.В. Михайлов. - Мелітополь, 2014 – 413с.
11. Ермольєв Ю.И. Моделирование процесса функционирования зерноочистительного агрегата / Ю. И. Ермольєв, М.Ю. Кочкин // Вестник ДГТУ.2007.- Т.7, №4(35).- С. 407-417.
12. Журавель В.Ф. Имитационное моделирование экономических процессов в почвозащитном земледелии [Электронный ресурс] / В.Ф. Журавель // Вестник СКГТУ.- 2006.- №5(9).- Режим доступа: <http://www.ncstu.ru>
13. Лазарев Ю. Моделирование процессов и систем в MATLAB: учебный курс / Ю. Лазарев. - СПб. Питер, 2005. - 512 с.
14. Манасян С.К. Имитационное моделирование процессов сушки зерна в зерносушилках сельскохозяйственного назначения: автореф. дис.... д-ра техн. наук: 05.20.01 / С.К. Манасян. – Красноярск,2009.- 37с.
15. Отаров М.Б. Научные основы разработки адаптивно-имитационных моделей управления сельскохозяйственным производством / М.Б. Отаров // Гуманитарные и социальные науки.- 2007.- №6.- С.45-49.

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОЇ РОБОТИ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ПІСЛЯЗБИРАЛЬНОЇ ОБРОБКИ ЗЕРНА

Є.В. Михайлов

Анотація - в статті представлено рішення системи диференціальних рівнянь для моделювання процесів функціонування технічних засобів післязбиральної обробки зерна.



THEORETICAL FOUNDATIONS OF MODELING AND EFFICIENT TECHNICAL MEANS OF POST-HARVEST PROCESSING OF GRAIN

E. Mikhailov

Summary

The article presents the solution of differential equations for modeling processes of functioning of the technical means of post-harvest grain.



УДК. 631.362.3:631.1

ШЛЯХИ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ПРОЦЕСУ ПОПЕРЕДНЬОЇ ОЧИСТКИ ЗЕРНА ТА ОЛІЙНОЇ СИРОВИНИ СОНЯШНИКУ

Михайлов Є.В., д.т.н.

Задосна Н.О., асп.^{*}

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 422132

Анотація – в роботі представлено шляхи інтенсифікації процесу попередньої очистки зерна та олійної сировини соняшнику.

Ключові слова - олійна сировина соняшнику, ворох, пневмо-сепаратор, попередня очистка, жалюзійний повітрярозподільник.

Постановка проблеми. Існуючі машини попереднього очищення з плоско-решітними сепараторами і вертикальними повітряними каналами мають обмежену питому продуктивність, що помітно знижується при обробці вологої олійної сировини. При цьому, великі частки, що засмічують, залипають і застряють в отворах решіт. Повітряне очищення теж працює неефективно, тому що зі збільшенням вологості матеріалу, що надходить, зменшуються розходження аеродинамічних властивостей насіння та його домішок. Крім того, зі збільшенням подачі вороху якість повітряної сепарації у вертикальних аспираційних каналах різко погіршується [1, 2].

Сепаратори, які застосовуються, характеризуються, як правило, наявністю швидко рухаючихся, або коливаючихся вузлів і деталей, що зменшує їхню довговічність і надійність у роботі. Питома продуктивність цих машин може бути підвищена в основному лише за рахунок збільшення їхніх розмірів.

Подальше підвищення питомої продуктивності машин попереднього очищення зернової купи можливо за рахунок інтенсифікації процесів сепарації на основі застосування нових методів і засобів обробки.

Аналіз останніх досліджень. Післязбиральна обробка зерна є ключовою стадією при його виробництві. На післязбиральний обробіток і зберігання зерна припадає більше однієї третини витрат, пов'язаних з його виробництвом [1-3]. Своєчасний післязбиральний обробіток зерна, сприяє високим темпам прибирання, запобігає псуванню

зерна й зниження його якості.

Аналіз технологій очищення вороху насіння соняшнику дозволяє зробити висновок, що одним з важливих напрямків зниження втрат є запобігання травмування насіння під час його післязбиральної обробки. Основна причина, яка впливає на якість обробки та збільшення продуктивності машин попереднього очищення насіння, є недосконалість конструкції їх основних робочих елементів, що має суттєвий вплив на ефективність технологічного процесу очищення зерна [4, 5].

З метою інтенсифікації технологічного процесу в машинах попереднього очищення зерна з розімкненою повітряною системами широко використано жалюзі у повітророзподільній частині повітряного каналу. Але в основі представлених патентів, інтенсифікація технологічного процесу в значній мірі пов'язана з переходом зернового вороху у псевдозріджений стан і збільшення або зменшення кількості повітря в зоні лотка - інтенсифікатора, або у зоні жалюзійного повітророзподільника [6-8].

В роботі Тимофєєва І.В. [9] (рис.1.) представлено схему пневмосистеми машини попереднього очищення зерна самопересувного ворохоочисника, із замкненою повітряною системою.

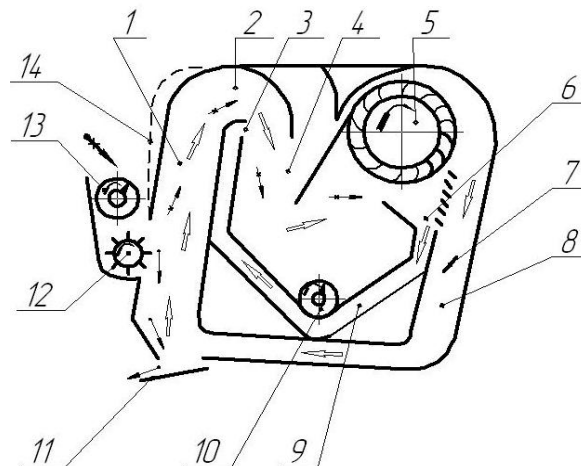


Рис. 1. Схема пневмосистеми машини попереднього очищення зерна самопересувного ворохоочисника:

1 – пневмосепаруючий канал; 2 - відвід в осадову камеру; 3 – вхідне вікно обвідного каналу; 4 – осадова камера; 5 – вентилятор; 6 – вхідне вікно вентилятора; 7 – заслінка; 8 - повітря підвідний канал; 9 – обвідний канал; 10,11, 12,13 – пристрої вводу, виводу зернового матеріалу і виділених домішок; 14 – пристрій для регулювання розширення пневмосепаруючого каналу.

Інтенсифікація процесу сепарації зернового вороху із замкнутою малогабаритною пневмосистемою полягає в створенні обвідного каналу. Але як помітили автори [9] не приділено уваги виділенню крупних домішок, а у відповідності до представленої схеми виконання да-

ної роботи не передбачено. В той же час слід відмітити, що наявність жалюзі значно покращує виділенню легких, важковідокремлюємих домішок.

В роботах Саїтова В.Ю. та інших [10-12] (рис.2,3,4) одночасно представлено три експериментальні установки для попереднього очищення зернового вороху з замкненою повітряною системою.

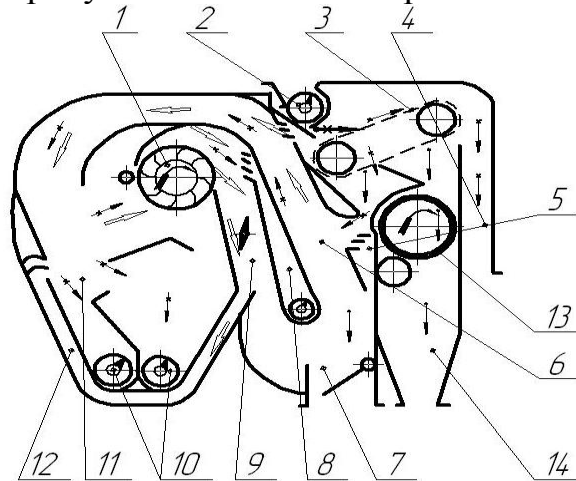


Рис. 2. Схема 1 експериментальної установки для попереднього очищення зернового вороху:

1 – діаметральний вентилятор; 2 - живитель; 3 – транспортер сітчастий; 4,7, 10,14 – вивантажуючий пристрій; 5 - живлячий устрій; 6 - пневмосепаруючий канал; 8 - пиловідокремлювач; 9 – пилопідвідний канал; 11 – осадочна камера; 12 – перепускний канал; 13 - решето циліндричне.

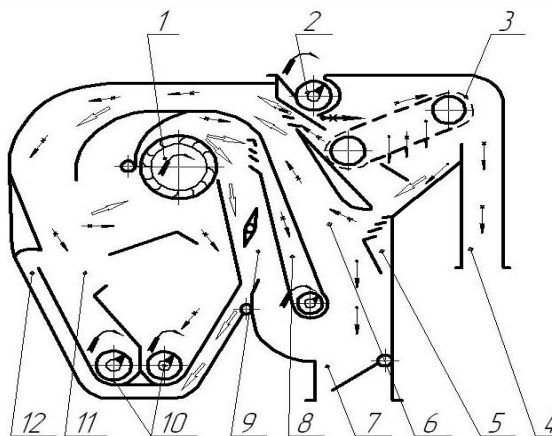


Рис. 3. Схема 2 експериментальної установки для попереднього очищення зернового вороху:

1 – діаметральний вентилятор; 2 - живитель; 3 – транспортер сітчастий; 4,7, 10,14 – вивантажуючий пристрій; 5 - живлячий устрій; 6 – пневмосепаруючий канал; 8 - пиловідокремлювач; 9 – пилопідвідний канал; 11 – осадова камера; 12 – перепускний канал.

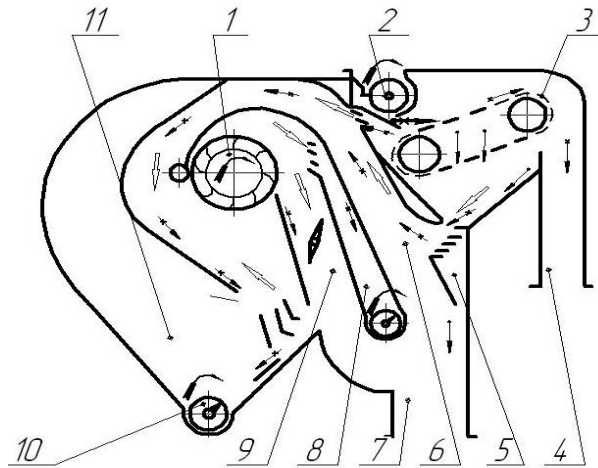


Рис. 4. Схема 3 експериментальної установки для попереднього очищення зернового вороху:

1 – діаметральний вентилятор; 2 - живитель; 3 – транспортер сітчастий; 4,7, 10,14 – вивантажуючий пристрій; 5 - живлячий пристрій; 6 - пневмосепаруючий канал; 8 - пиловідокремлювач; 9 – пилопідвідний канал; 11 – осадова камера.

В роботах [13, 14] вирішується велика кількість задач – таких як встановлення: сітчастого транспортера з метою виділення крупних домішок і одночасною сепарацією зернового вороху, замкненої повітряної системи, пиловідокремлювача, пилоосадової камери, а також жалюзійних пристроїв, ефективність роботи яких потребують глибоких досліджень. Але недоліком цих пневмосепараторів є відсутність жалюзійного повітророзподільника, що приводить до можливості змінювати «живий перетин» повітророзподільника, швидкість повітряного потоку і обирати найбільш ефективний режим пневмосепарації.

Мета дослідження. Підвищення ефективності попередньої очистки зерна та олійної сировини соняшнику за рахунок обґрунтування шляхів її інтенсифікації.

Основна частина. Аналізуючи технічні засоби машин попереднього очищення зернового та насіннєвого вороху з метою пошуку шляхів інтенсифікації цих процесів, розглянемо основні робочі елементи. До них відносяться:

- вентилятори (осьові, відцентрові, діаметральні);
- решета (плоскі, каскадні, циліндричні, елеваторні (сітчастий транспортер з нескінченною стрічкою) та інші;
- лотки - інтенсифікатори;
- пиловідокремлювачі;
- осадові камери;
- елементи для відсікання повітряних потоків, (дефлектори, заслінки, повітряні канали з замкненою та розімкненою повітряними системами);

- жалюзі.

Жалюзі – як елемент в технологічного процесу з метою його інтенсифікації відіграють значну роль. Вони використовуються в пристроях для транспортування зерна і для пневматичного транспортування сипких матеріалів, в аерожолобах для переміщення сипких матеріалів, в зерноочисних машинах з замкненою і розімкненою системами.

Нами розроблено пневморешітний сепаратор (рис.5), що містить завантажувальний пристрій, горизонтальне циліндричне решето із зовнішньою робочою поверхнею, пристрій виводу сходової фракції, встановлений спереду циліндричного решета перфорований лоток-інтенсифікатор та повітророздавальний канал з діаметральним вентилятором, причому у повітророздавальному каналі встановлена двосекційна середня стінка з шарнірно прикріпленою рухомою частиною, яка поділяє повітряний потік між жалюзійним повітророзподільником та лотком-інтенсифікатором, при цьому верхня стінка повітророздавального каналу має додаткову регульовану стінку [6-8].

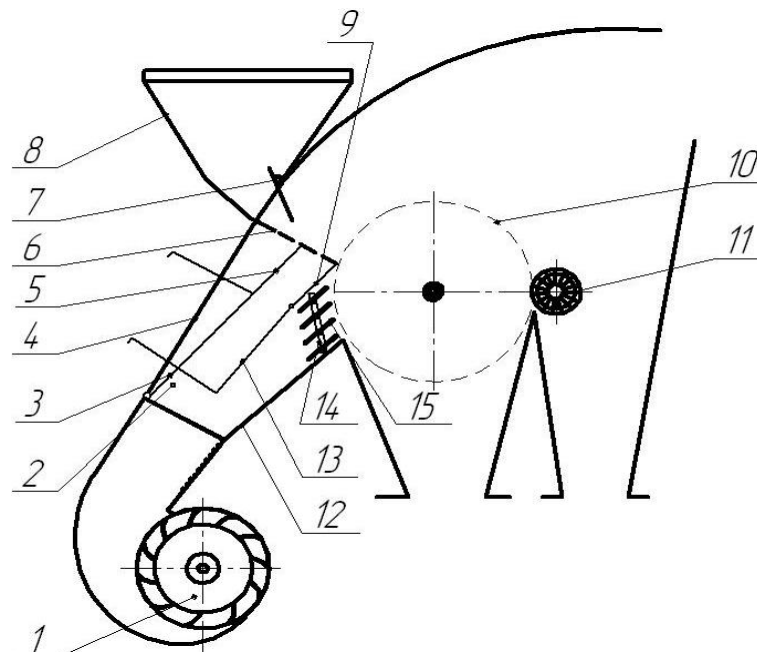


Рис.5. Схема пневморешітного сепаратору зернового вороху :

1 – вентилятор діаметральний; 2 – пристрій повітророзподільний; 3 – сепаруюча складова повітророзподільника; 4 – середня рухома стінка; 5 – живляча складова повітророзподільника; 6 – регулятор зміни кута нахилу середньої рухомої стінки; 7 - стінка рухома задня; 8 - повітророзподільник жалюзійний; 9 - нерухома частина середньої стінки; 10 - регулятор зміни кута нахилу задньої рухомої стінки; 11 – задня стінка; 12 - лоток інтенсифікатор; 13 - живлячий пристрій; 14 - бункер; 15 - решето циліндричне.



На підставі цього нами запропоновані шляхи інтенсифікації процесу попередньої очистки зерна та олійної сировини соняшнику:

1. У пристрої повітророзподільному встановлено жалюзійний повітророзподільник з можливістю змінювати живий перетин жалюзі за рахунок зміни їх кількості. Технічний результат: підвищується інтенсивність процесу пневмосепарації, покращується його якість.

2. У жалюзійному повітророзподільнику кожна парна жалюзі із загальної кількості у два рази коротше непарної. Технічний результат: зменшуються аеродинамічний опір та енергоємність пневмосепаратора.

3. У жалюзійному повітророзподільнику із загальної кількості жалюзі кожна непарна жалюзі є нерухомою, а парна – рухомою з можливістю змінювати кут нахилу рухомої жалюзі до нерухомої. Технічний результат: забезпечується найбільш ефективний режим пневмосепарації при обробці матеріалів з різними аеродинамічними властивостями, та підвищується ступінь якості очищення.

Нами розроблено пневморешітний сепаратор із замкнутою повітряною системою, в якому шляхом установки пневмосепаруючої і осадової камер зі складною геометричною поверхнею, з'єднаних всмоктуючим каналом з діаметральним вентилятором, створено замкнуту повітряну систему. Це забезпечує поліпшення процесу виділення легких домішок, зменшення енергоємності пневмосепарації і забрудненості доквілля [15, 16].

Запропонована машина для очищення зерна (рис.6.) складається з встановленого під кутом $60^\circ \dots 70^\circ$ до горизонтальної площини діаметрального вентилятора 1, до вихідної горловини якого приєднаний повітророзподільний канал 3, який у верхній частині перекритий лотком-інтенсифікатором 8. Верхня стінка 4 повітророзподільного каналу 3 прилягає до початку лотка-інтенсифікатора 8 і до кінця завантажувального пристрою бункера 10 із заслінкою 9. Нижня стінка 2 повітророзподільного каналу 3, прилеглого до циліндричного решета 7 з горизонтальною віссю обертання, виконана у вигляді жалюзійного повітророзподільника 5. Лоток-інтенсифікатор 8 має перфоровану поверхню, а жалюзі повітророзподільника 5 мають можливість змінювати живий перетин і кут нахилу жалюзі. Для очищення поверхні циліндричного решета 7 встановлена щітка 12 з горизонтальною віссю обертання. Простір зверху циліндричного решета 7 і очисної щітки 12, обмежене верхньою стінкою 11, що створює пневмосепаруючу камеру 13. Знизу циліндричного решета 7 і очисної щітки 12 встановлені клапани виведення фракції очищеного зерна 22 і клапан виведення крупних домішок 21. Продовження пневмосепаруючої камери 13 переходить у осадова камеру 17, в нижній частині якої встановлена відбійна площину 19 і пристрій виведення легких домішок 18. У верхній час-

тині осадової камери встановлені горловина 16 зворотного всмоктуючого каналу 20, з'єднаного з діаметральним вентилятором 1.

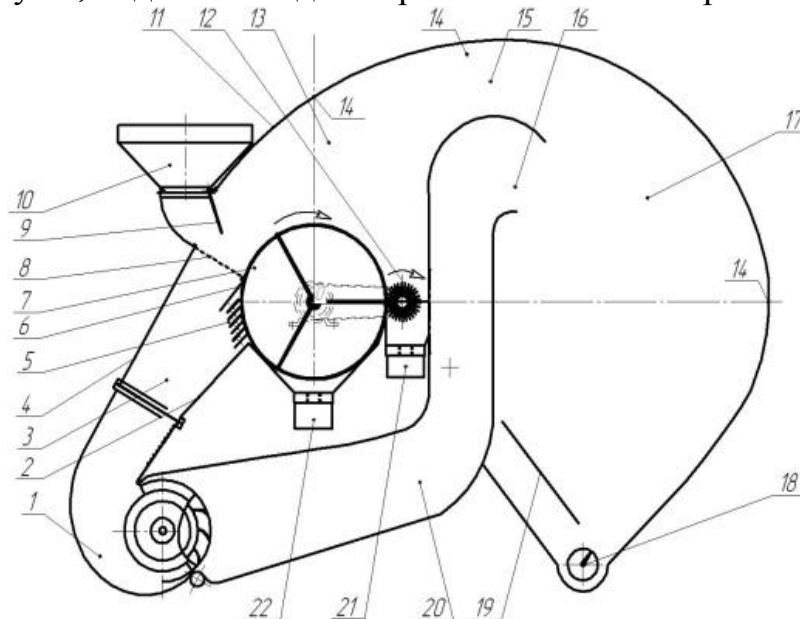


Рис.6. Технологічна схема пневморешітного сепаратору зерна із замкнутою повітряною системою:

1 - вентилятор діаметральний; 2 - стінка нижня; 3 - канал повітророзподільний; 4 - стінка верхня; 5 - повітророзподільник жалюзійний; 6 - стінка середня; 7 - решето циліндричне; 8 - лоток-інтенсифікатор; 9 - заслінка; 10 - бункер; 11 - стінка верхня камери пневмосепарації; 12 - щітка очисна; 13 - камера пневмосепараюча; 14 - обичайка; 15 - канал пневмосепараючий; 16 - горловина; 17 - камера осадова; 18 - пристрій виведення легких домішок; 19 - площина відбійна; 20 - канал всмоктуючий зворотний; 21 - клапан виведення крупних домішок; 22 - клапан виведення фракції очищеного зерна.

Розрахункова питома продуктивність пневморешітного сепаратора в 2...2,5 рази вище продуктивності існуючих зерноочисних машин, оснащених циліндричними решетами з горизонтальною віссю обертання і зовнішньої робочою поверхнею.

Пневмосепаратор простий по конструкції, має меншу металоенергоємність у порівнянні з існуючими машинами попереднього очищення зерна, не має вібруючих і коливальних елементів конструкції.

Висновки. Інтенсифікація процесу попередньої очистки зерна та олійної сировини соняшнику можлива за рахунок:

1. Переведення вихідного матеріалу у псевдозріджений стан.
2. Використання жалюзійних повітророзподільників, змінюючих живий перетин жалюзі за рахунок зміни їх кількості, геометричних розмірів та кута нахилу рухомої жалюзі до нерухомої.
3. Розробки замкнених пневмосепаруючих систем з діаметраль-



ними вентиляторами, осадовими камерами, забезпечуючих мінімальний аеродинамічний опір.

Література

1. *Никитчин Д.И.* Интенсивная технология выращивания подсолнечника и клеверины / *Д. И. Никитчин, Е. К. Гриднев, В. Д. Черепухин.* - К.: Урожай, 1990. - 176 с.
2. *Анискин В.И.* Механизация послеуборочной обработки зерна и подготовки семян / *В.И. Анискин, В.П. Елизаров, А.Н. Зюлин* // Техника в сел. хоз-ве. 1999. - №6. - С. 43-46.
3. *Авдеев А.В.* Механизация послеуборочной обработки семян и увеличение производства зерна / *А.В. Авдеев, Ю.А. Кремнев* // Тракторы и с.-х. машины. 2000. - №5. с. 18-22.
4. *Михайлов Є.В.* До питання класифікації зерноочисних машин та їх повітряних потоків. / *Є. В. Михайлов М. П. Кольцов О. О. Білокопитов.* // Праці таврійського державного агротехнологічного університету. Вип.11. т.5. : - Мелітополь: ТДАТУ, 2011 с. 182-192.
5. *Михайлов Е.В.* Методы и средства интенсификации процесса предварительной очистки зерна повышенной влажности: дис.... канд. техн. наук / *Е.В. Михайлов.* - Л., 1984.-233 с.
6. Пат. № 61469U Україна, МПК В07В1/28. Решітний сепаратор / *Є. В. Михайлов, О. О. Білокопитов, В. С. Дудка, А. В. Перетяцько.* - № u2010 13961; заявл. 23.11.2010; опубл. 25.07.2011, Бюл. № 14.
7. Пат. № 72063U Україна, МПК В07В1/28. Решітний сепаратор / *Є. В. Михайлов, О. О. Білокопитов.* - № u201114744; заявл. 12.12.2011; опубл. 16.04.2012, Бюл. № 5.
8. Пат. № 74137U Україна, МПК В07В1/28. Решітний сепаратор / *Є. В. Михайлов, О. О. Білокопитов.* - № u201200062; заявл. 03.01.2012; опубл. 25.10.2012, Бюл. № 15.
9. *Тимофеев И.В.* Интенсификация процесса сепарации зернового вороха замкнутой малогабаритной пневмосистемой: автореф. дис... канд. техн. наук / *И.В. Тимофеев.* - Л., 1991.-17 с.
10. *Саитов В.Е.* Повышение эффективности функционирования зерноочистительных машин путем совершенствования их основных рабочих органов и пневмосистем с фракционной сепарацией: автореф. дис... докт. техн. наук / *В.Е. Саитов.* - Чебоксары, 2014.-40 с.
11. Пат. РФ № 2104099 МПК⁶ В07В4/02 Пневмосепарирующее устройство зерноочистительной машины / *Н.П. Сычуглов, В.Е. Саитов, Р.Г. Гатаулин* (РФ) Заявка 96110770/03 от 28.05.1996
12. Зерноочистительная машина. Номер публикации патента: 2178347 *Саитов В.Е.; Гатаулин Р.Г.* Заявка: 2000110082/03, 19.04.2000 Опубликовано: 20.01.2002 кл. В 07 В 4/02, А 01 F 12/44, 2002



13. Пат. РФ № 2199401 МПК⁷ В07В4/02 Пневмосепаратор для очистки и фракционирования зернового материала / *Н.П. Сычугов, Н.В. Жолобов, С.В. Корнеев* (РФ) Заявка 2000131015/13 от 13.12.2000
14. Пат. РФ № 2210205 МПК⁷ А01F12/44, В07В4/02 Замкнутый пневматический сепаратор / *Н.П. Сычугов, Ю.В. Сычугов* (РФ)) Заявка: 2001112336/13, от 04.05.2001
15. Пат. РФ № 2303494 МПК В07В4/02 А01F 12/44 Замкнуто-разомкнутая пневмосистема зерноочистительной машины / *А.И. Бурков, О.П. Роцин, Н.Л. Коньшев* (РФ) Заявка 2006107859/03 от 2006.03.13
16. Пат. № 78533U Україна, МПК В07В1/28. Решітний сепаратор із замкненою повітряною системою / *Є. В. Михайлов, О. О. Білокопитов.*- № u201209994; заявл.20.08.2012; опубл. 25.03.2013, Бюл.№ 6.

ПУТИ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРОЦЕССОВ ПОСЛЕУБОРОЧНОЙ ОБРАБОТКИ ЗЕРНА И МАСЛИЧНОГО СЫРЬЯ ПОДСОЛНЕЧНИКА

Е.В. Михайлов, Н.А. Задосная

Аннотация - в работе представлены пути интенсификации процесса предварительной очистки зерна и масличного сырья подсолнечника.

WAYS OF INTENSIFICATION OF POSTHARVEST PROCESSING OF GRAIN AND OILSEEDS SUNFLOWER

E. Mikhailov, N. Zadosnaya

Summary

This paper presents the ways of intensification of the process of post-harvest processing of grain and oilseeds sunflower.



УДК.[631.312.021:634](672.64)

ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРЕМІЩЕННЯ ҐРУНТУ З САДЖАНЦЯМИ ПО РОБОЧОМУ ОРГАНУ ВИКОПУВАЛЬНОГО ПЛУГА

Караєв О. Г., к.т.н.

Матковський О.І., інженер

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. +38097-32-82-788, e-mail:aimatkovski@mail.ru

Анотація – наведено результати досліджень руху ґрунтової скиби з саджанцем по розпушувачам викопувального плуга, робочі поверхні яких різні за формою. Отримані залежності зміни величини рухомої сили на переміщення ґрунтової скиби в залежності від часу її перебування на розпушувачах з різними формами поверхонь.

Ключові слова – ґрунтова скиба, саджанець, переміщення, рухома сила, коливальний розпушувач, форма поверхні, викопувальний плуг.

Постановка проблеми. Технологічна операція викопування саджанців викопувальними плугами містить: відділення ґрунтової скиби з саджанцем від ґрунтового масиву поля, руйнування зв'язків між ґрунтовими агрегатами в відділеній ґрунтової скиби і її переміщення на поверхню поля. Переміщення ґрунтової скиби на поверхню поля здійснюється розпушувальними пристроями (далі розпушувачами) з різними видами робочих поверхонь. Переміщення ґрунтової скиби по таким поверхням забезпечується рухомою силою за умови підпору з боку незруйнованого ґрунтового масиву поля. Зусилля на переміщення ґрунтової скиби, яке дорівнює рухомої сили є складовим тягового опору викопувального плуга, тому його частка повинна бути мінімальною з умов забезпечення її руху. Переміщення ґрунтової скиби з саджанцем по робочим поверхням розпушувачів, які мають значну довжину (до одного метра) і коливаються, потребує з'ясування структури витрат зусиль для його забезпечення.

Вид поверхні розпушувача, параметри форми та положення визначають процес взаємодії його з ґрунтовою скибою під час її переміщення на поверхню поля. Визначення виду поверхні розпушувача по якому буде здійснюватися переміщення ґрунтової скиби з саджанцями з найменшим зусиллям є доцільним і потребує досліджень.

Аналіз останніх досліджень. В дослідженнях [1, 2] машинного викопування саджанців розглядалися задачі обґрунтування технологічних схем, конструктивних параметрів робочих органів для інтенсифікації впливу на відокремлений ґрунт з кореневою системою саджанця під час переміщення з метою руйнування і подальшого відділення ґрунту від коренів саджанця та зниження енергоємності процесу [1, 2]. Результатом таких досліджень є конструктивна схема викопувального плуга ВСН - 1 (рис.1), яка включає скобу 1 напівкруглого поперечного перерізу з встановленими на ній пластинчастими розпушувачами 2 і розпушувально-сепарувальну решітку 3 з приводом від кривошипно-шатунного механізму 4, які утворюють робочу поверхню з подовжнім профілем у вигляді увігнуто - опуклої кривої.

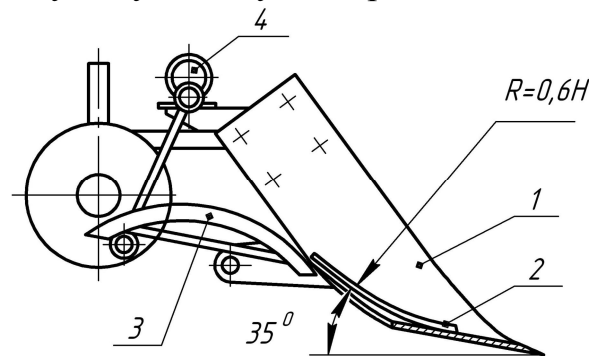


Рис. 1. Конструктивна схема викопувального плуга ВСН - 1.

У роботі [3] для додаткового руйнування ґрунтової скиби пропонується застосувати коливальну рамку до плуга ВПН - 2, що приєднується до задньої частини лемеша, яка конструктивно виконана у вигляді рамки за формою трапеції, поверхня якої є площина. В даних роботах не надається обґрунтування з вибору запропонованих видів поверхонь розпушувальних пристроїв, тому не можна прийняти що вони оптимальні для переміщення ґрунтової скиби з саджанцем.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Дослідити рух ґрунтової скиби з саджанцем по розпушувачам з різними за формою робочими поверхнями для визначення виду поверхні на якій значення рухомої сили є найменше.

Основна частина. Переміщення та руйнування ґрунтової скиби під час викопування саджанців здійснюються конструктивними елементами розпушувачів. Тому переміщення ґрунтової скиби розглянемо по конструктивним елементам з різною за формою поверхнею. Поверхні конструктивних елементів в існуючих робочих органах створені у вигляді площин [3] а також поверхонь з напрямними у вигляді плоских кривих [4] і складених плоских кривих з точками перегину першого роду [5]. Дослідження з обґрунтування вибору виду поверхонь розпушувачів, утворених різними напрямними, які впливають на величину рухомої сили, в наведених роботах не розглянуті.

Рух ґрунтової скиби по розпушувачам можна розглядати як переміщення по прямій для площині або по напрямним у вигляді [6]:

- а) плоских кривих;
- б) складених плоских кривих з точкою перегину першого роду (плоска ввігнуто-опукла крива).

Для визначення рухомої сили на переміщення ґрунтової скиби з саджанцем необхідно отримати залежність її зміни від виду, параметрів форми та положення поверхні розпушувача, який здійснює поступовий і коливальний рух.

Для розгляду переміщення ґрунтової скиби з саджанцем по розпушувачу зробимо такі припущення:

- а) відділений ґрунтовий пласт з кореневою системою розглядаємо як матеріальну точку;
- б) ґрунтові агрегати відділяються і ґрунтова скиба сходить з розпушувача без виникнення реакції з боку його поверхні;
- в) маса ґрунтової скиби на розпушувачі під час переміщення постійна;
- г) рух ґрунтового пласта з саджанцем відбувається без відриву від поверхні розпушувача;

Розглянемо рух ґрунтової скиби з кореневою системою по розпушувачу, поверхня якого є площина, після сходу з викопувальної скиби. Виберемо систему рухомих осей координат xCy (рис. 2), яка зв'язана з розпушувачем. Ось Cx направимо за напрямком відносної швидкості руху (ліва система осей координат).

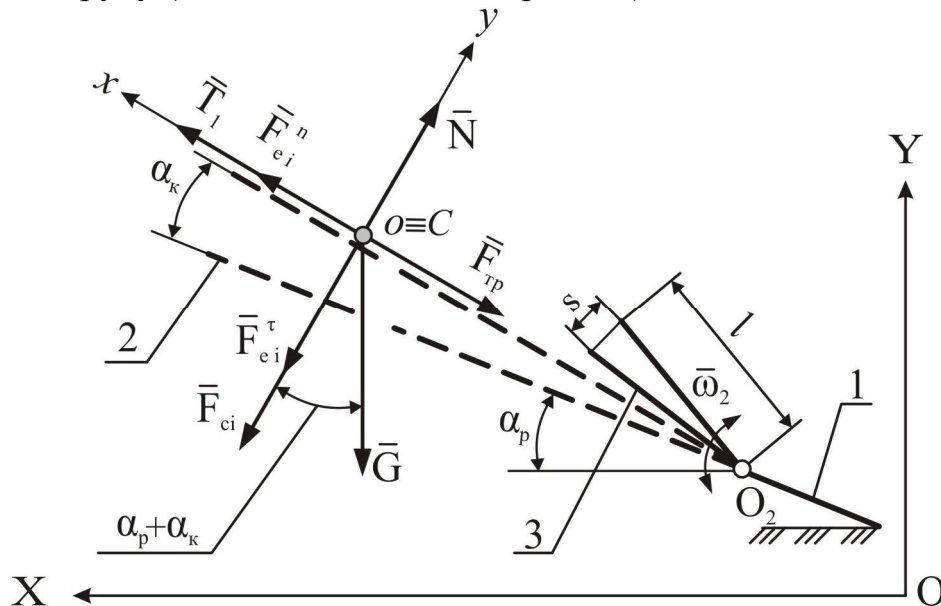


Рис. 2. Схема сил, які діють на т. С при переміщенні по розпушувачу, поверхня якого є площина з напрямом коливань догори: 1 - викопувальна скиба; 2 - розпушувач; 3 - важіль.

Векторне рівняння руху т. С відносно рухомої системи координат xOy , розміщеній в нерухомій XOY у відповідності зі схемою (рис. 2) складе [7]



$$m \cdot \bar{a}_r^\tau = \bar{T}_1 + \bar{G} + \bar{N} + \bar{F}_{mp} + \bar{F}_{ei}^n + \bar{F}_{ei}^\tau + \bar{F}_{ci}, \quad (1)$$

де T_1 - рухома сила;

$\bar{G}$ - сила тяжіння;

$\bar{N}$ - нормальна реакція зв'язку поверхні розпушувача;

$\bar{F}_{mp}$ - сила тертя;

$\bar{F}_{ei}^n$ - нормальна переносна сила інерції коливань;

$\bar{F}_{e3}^\tau$ - дотична переносна сила інерції коливань;

$\bar{F}_{ci}$ - коріолісова сила інерції.

Матеріальна т. С рухається відносно системи відліку XOY . Відносний рух ґрунтової скиби забезпечується відносною швидкістю $\bar{v}_r$ (дорівнює технологічній швидкості агрегату) та відносною швидкістю, викликаною коливальним рухом розпушувача. Коливання розпушувача відбувається з малими значеннями кута коливань (до 5°) та коловою швидкістю до 1,5 м/с тому відносну швидкість від коливального руху розпушувача можна вважати постійною. В цьому випадку загальна відносна швидкість постійна по модулю й напрямку, тому дотичне відносне прискорення $\bar{a}_r^\tau = 0$. Рівняння (1) прийме вигляд

$$\bar{T}_1 + \bar{G} + \bar{N} + \bar{F}_{mp} + \bar{F}_{ei}^n + \bar{F}_{ei}^\tau + \bar{F}_{ci} = 0. \quad (2)$$

В проекціях на осі координат xoy за умов що ґрунтова скиба за віссю y не переміщується (припущення г)) для випадку руху вгору розпушувача рівняння (2) буде наступним:

$$\left. \begin{aligned} m\ddot{x} &= T_1 + F_{ei}^n - G \cdot \sin(\alpha_p + \alpha_\kappa) - F_{mp} = 0 \\ m\ddot{y} &= N - G \cdot \cos(\alpha_p + \alpha_\kappa) - F_{ei}^\tau - F_{ci} = 0 \end{aligned} \right\}. \quad (3)$$

Знайдемо N з системи рівнянь (3):

$$N = G \cdot \cos(\alpha_p + \alpha_\kappa) + F_{ei}^\tau + F_{ci}. \quad (4)$$

Тоді F_{mp} дорівнює:

$$F_{mp} = N \cdot f = (G \cdot \cos(\alpha_p + \alpha_\kappa) + F_{ei}^\tau + F_{ci}) \cdot f. \quad (5)$$

Підставимо значення у перше рівняння формули (3) та вирішимо його відносно T_1

$$T_1 = G \cdot \sin(\alpha_p + \alpha_\kappa) + (G \cdot \cos(\alpha_p + \alpha_\kappa) + F_{ei}^\tau + F_{ci}) \cdot f - F_{ei}^n. \quad (6)$$

Складові рівняння (6) визначаються за формулами:

сила тяжіння

$$G = m \cdot g; \quad (7)$$

дотична переносна сила інерції



$$F_{ei}^{\tau} = m \cdot \frac{e \cdot \omega_1^2 \cdot \cos(\omega_1 \cdot t) \cdot v_r \cdot t}{l}; \quad (8)$$

коріолісова сила інерції

$$F_{ci} = 2m \cdot \frac{e \cdot \omega_1 \cdot \sin(\omega_1 \cdot t) \cdot v_r}{l}; \quad (9)$$

нормальна переносна сила інерції

$$F_{ei}^n = m \left(\frac{e \cdot \omega_1 \cdot \sin(\omega_1 \cdot t)}{l} \right)^2 v_r \cdot t \quad (10)$$

Зміну початкового положення розпушувача, яке визначає кут встановлення його поверхні до горизонту α_p , забезпечує кут коливань Кут коливань α_k (в радіанах) визначиться з залежності [8]

$$\alpha_k = \frac{s}{l}. \quad (11)$$

де s - відстань між крайніми положеннями важеля, м

l - довжина важеля, м.

Відстань між крайніми положеннями важеля дорівнює

$$s = e \cdot (1 - \cos(\omega_1 \cdot t)). \quad (12)$$

де e - величина ексцентриситету, м;

ω_1 - кутова швидкість ексцентрика, c^{-1} .

Остаточно для визначення кута коливань отримуємо

$$\alpha_k = \frac{e \cdot (1 - \cos(\omega_1 \cdot t))}{l}. \quad (13)$$

З складовими рухома сила на переміщення ґрунтової скиби має вигляд

$$\begin{aligned} T_1 = & m \cdot g \cdot \sin \left(\alpha_p + \frac{e(1 - \cos(\omega_1 \cdot t))}{l} \right) + \\ & + \left(m \cdot g \cdot \cos \left(\alpha_p + \frac{e(1 - \cos(\omega_1 \cdot t))}{l} \right) + m \cdot \frac{e \cdot \omega_1^2 \cdot \cos(\omega_1 \cdot t) \cdot v_r \cdot t}{l} + \right. \\ & \left. + 2m \cdot \frac{e \cdot \omega_1 \cdot \sin(\omega_1 \cdot t) \cdot v_r}{l} \right) \cdot f - m \left(\frac{e \cdot \omega_1 \cdot \sin(\omega_1 \cdot t)}{l} \right)^2 v_r \cdot t. \end{aligned} \quad (14)$$

де m - маса ґрунтової скиби на розпушувачі, кг;

g - прискорення вільного падіння, m/c^2 ;

t - момент часу переміщення ґрунтової скиби по розпушувачу, с;

α_p - кут встановлення поверхні розпушувача до горизонту, рад;

f - коефіцієнт зовнішнього тертя ґрунту по сталі.

Для визначення рухомої сили на переміщення ґрунтової скиби по розпушувачу з поверхнею, напрямна якої плоска крива розглянемо сили, які приймають участь в забезпеченні руху т. С (рис. 3).

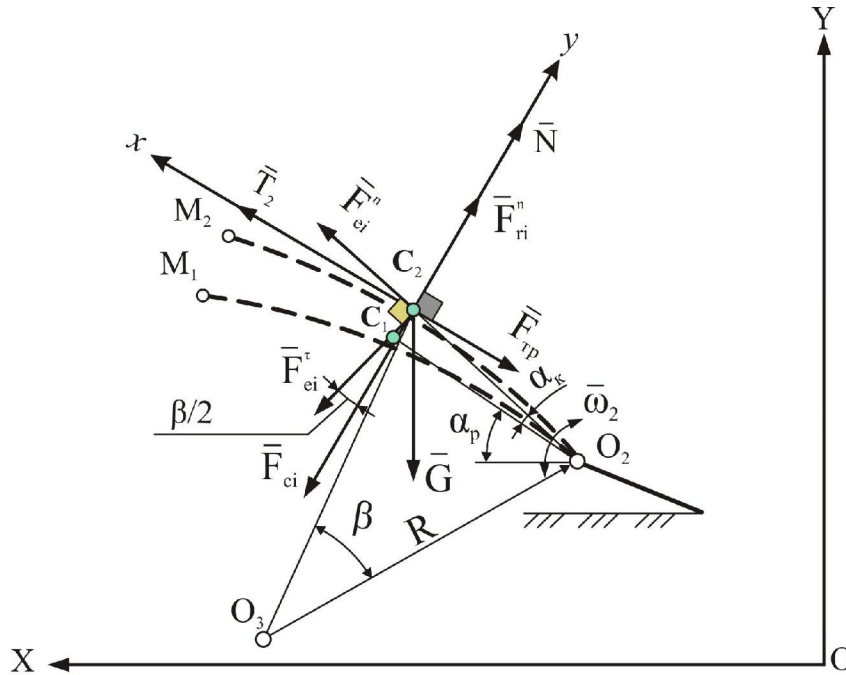


Рис. 3. Схема сил, які діють на т. С при переміщенні по розпушувачу, поверхня якого утворена плоскої кривої напрямною з напрямком коливань догори: 1 - викопувальна скоба; 2 - розпушувач - відокремлювач; 3 - важіль.

Відповідно до схеми (рис. 3) диференціальні рівняння руху т. С в проекціях на осі x та y мають вигляд

$$\left. \begin{aligned} m\ddot{x} &= T_2 + F_{ei}^n \cdot \cos\left(\frac{\beta}{2}\right) + F_{ei}^\tau \cdot \sin\left(\frac{\beta}{2}\right) - G \cdot \sin(\alpha_p + \alpha_k) - F_{mp} = 0 \\ m\ddot{y} &= N + F_{ei}^n \cdot \sin\left(\frac{\beta}{2}\right) + F_{ri}^n - G \cdot \cos(\alpha_p + \alpha_k) - F_{ei}^\tau \cdot \cos\left(\frac{\beta}{2}\right) - F_{ci} = 0 \end{aligned} \right\} \quad (15)$$

Вирішимо систему рівнянь (15) відносно рухомої сили T_2 , яка складе

$$\begin{aligned} T_2 &= G \cdot \sin(\alpha_p + \alpha_k) + \left(G \cdot \cos(\alpha_p + \alpha_k) + F_{ei}^\tau \cdot \cos\left(\frac{\beta}{2}\right) + F_{ci} - \right. \\ &\quad \left. - F_{ei}^n \cdot \sin\left(\frac{\beta}{2}\right) - F_{ri}^n \right) f - F_{ei}^n \cos\left(\frac{\beta}{2}\right) - F_{ei}^\tau \sin\left(\frac{\beta}{2}\right) \end{aligned} \quad (16)$$

Враховуючі значення сил F_{ei}^τ (8), F_{ci} (9), F_{ei}^n (10) які входять до рівняння (16) та відносної нормальної сили інерції за виразом

$$F_{ri}^n = m \frac{v_r^2}{R}, \quad (17)$$

рухома сила складе

$$\begin{aligned}
 T_2 = & m \cdot g \cdot \sin\left(\alpha_{\delta i} - \frac{v_r \cdot t}{R} + \frac{\dot{a} \cdot (1 - \cos(\omega_1 \cdot t))}{l}\right) + \\
 & + \left(m \cdot g \cdot \cos\left(\alpha_{\delta i} - \frac{v_r \cdot t}{R} + \frac{\dot{a} \cdot (1 - \cos(\omega_1 \cdot t))}{l}\right) + m \frac{e \cdot \omega_1^2 \cdot \cos(\omega_1 \cdot t) v_r \cdot t}{l} \cdot \cos\left(\frac{v_r \cdot t}{2R}\right) + \right. \\
 & + 2m \cdot \frac{e \cdot \omega_1 \cdot \sin(\omega_1 \cdot t) \cdot v_r}{l} - m \cdot \left(\frac{e \cdot \omega_1 \cdot \sin(\omega_1 \cdot t) \cdot v_r}{l}\right)^2 v_r \cdot t \cdot \sin\left(\frac{v_r \cdot t}{2R}\right) - \frac{m \cdot v_r^2}{R} \left. \right) f - \quad (18) \\
 & - m \cdot \left(\frac{e \cdot \omega_1 \cdot \sin(\omega_1 \cdot t)}{l}\right)^2 v_r \cdot t \cdot \cos\left(\frac{v_r \cdot t}{2R}\right) - m \cdot \frac{e \cdot \omega_1^2 \cdot \cos(\omega_1 \cdot t) \cdot v_r \cdot t}{l} \sin\left(\frac{v_r \cdot t}{2R}\right),
 \end{aligned}$$

Далі розглянемо переміщення ґрунтової скиби по розпушувачу з поверхнею, напрямна якої складена плоска крива з точкою перегину першого роду. Рухома сила T_3 на переміщення т. С по такій напрямній буде мати дві складові

$$T_3 = T_{3.1} + T_{3.2}. \quad (19)$$

де $T_{3.1}$ - рухома сила на переміщення т. С по дузі кривої O_2M , Н;

$T_{3.2}$ - рухома сила на переміщення т. С по дузі кривої MK , Н.

З початку з'ясуємо як відбувається переміщення т. С по дузі кривої O_2M . Звернемося до схеми сил, які забезпечують переміщення т. С (рис. 5).

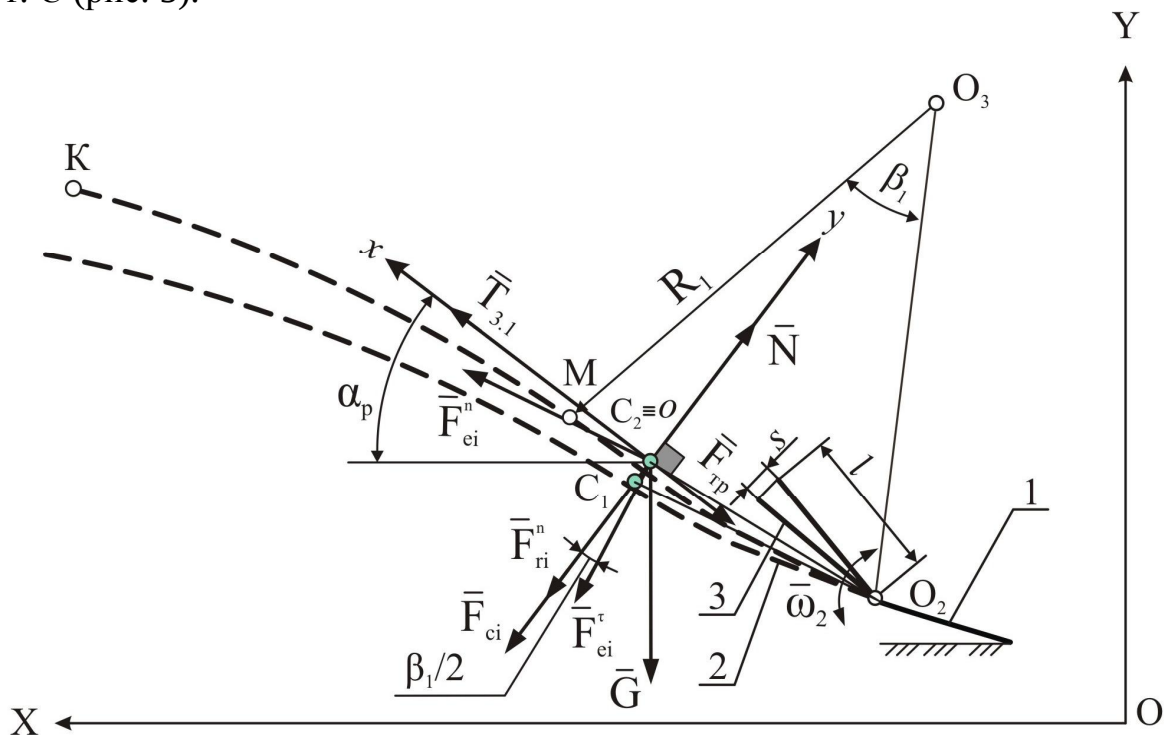


Рис.5. Схема сил, які діють на т. С при переміщенні по розпушувачу, поверхня якого утворена напрямною у вигляді дуги кривої O_2M з напрямом коливань догори: 1 - викопувальна скоба; 2 - розпушувач; 3 - важіль.



Відповідно до схеми (рис.5) диференціальні рівняння руху т. С в проєкціях на осі x та y по напрямній у вигляді дуги кривої O_2M такі

$$\left. \begin{aligned} m\ddot{x} &= T_{3,1} + F_{ei}^n \cdot \cos\left(\frac{\beta_1}{2}\right) - F_{ei}^\tau \sin\left(\frac{\beta_1}{2}\right) - G \cdot \sin(\alpha_p + \alpha_\kappa) - F_{mp} = 0 \\ m\ddot{y} &= N - F_{ei}^n \sin\left(\frac{\beta_1}{2}\right) - F_{ei}^\tau \cos\left(\frac{\beta_1}{2}\right) - G \cdot \cos(\alpha_p + \alpha_\kappa) - F_{ri}^n - F_{ci} = 0 \end{aligned} \right\}. \quad (20)$$

Вирішимо систему рівнянь (20) відносно рухомої сили $T_{3,1}$, яка складе

$$\begin{aligned} T_{3,1} &= F_{ei}^\tau \sin\left(\frac{\beta_1}{2}\right) + G \cdot \sin(\alpha_p + \alpha_\kappa) + \left(F_{ei}^n \sin\left(\frac{\beta_1}{2}\right) + \right. \\ &\quad \left. + F_{ei}^\tau \cos\left(\frac{\beta_1}{2}\right) + G \cdot \cos(\alpha_p + \alpha_\kappa) + F_{ci} + F_{ri}^n\right) \cdot f - F_{ei}^n \cdot \cos\left(\frac{\beta_1}{2}\right). \end{aligned} \quad (21)$$

Кут положення розпушувача α_p дорівнює

$$\alpha_p = \alpha_{pn} + \frac{v_r \cdot t_1}{R_1} + \frac{e \cdot (1 - \cos(\omega_1 \cdot t))}{l}. \quad (22)$$

де R_1 - радіус кривизни ланки O_2M , м;

t_1 - момент часу переміщення т. С по ввігнутій ланці O_2M , с.

Відносна нормальна сила інерції дорівнює

$$F_{r^3}^n = m \frac{v_r^2}{R_1}. \quad (23)$$

Враховуючі значення сил: F_{ei}^τ (8), F_{ci} (9), F_{ei}^n (10), F_{ri}^n (23), які входять до рівняння (21) рухома сила $\dot{O}_{3,1}$ складе

$$\begin{aligned} T_{3,1} &= m \cdot \frac{e \cdot \omega_1^2 \cdot \cos(\omega_1 t_1) \cdot v_r \cdot t_1}{l} \sin\left(\frac{v_r \cdot t_1}{2R_1}\right) + mg \cdot \sin\left(\alpha_{\delta i} + \frac{v_r \cdot t_1}{R_1} + \frac{e(1 - \cos(\omega_1 t_1))}{l}\right) + \\ &+ \left(m \cdot \left(\frac{e \cdot \omega_1 \cdot \sin(\omega_1 t_1)}{l} \right)^2 v_r \cdot t_1 \cdot \sin\left(\frac{v_r \cdot t_1}{2R_1}\right) + m \cdot \frac{e \cdot \omega_1^2 \cdot \cos(\omega_1 t_1) v_r \cdot t_1}{l} \cdot \cos\left(\frac{v_r \cdot t_1}{2R_1}\right) + \right. \\ &+ mg \cdot \cos\left(\alpha_{\delta i} + \frac{v_r \cdot t_1}{R_1} + \frac{e(1 - \cos(\omega_1 t_1))}{l}\right) + 2m \cdot \frac{e \cdot \omega_1 \cdot \sin(\omega_1 t_1) \cdot v_r}{l} + \frac{m \cdot v_r^2}{R_1} \Big) f - \\ &- m \cdot \left(\frac{e \cdot \omega_1 \cdot \sin(\omega_1 t_1)}{l} \right)^2 v_r \cdot t_1 \cdot \cos\left(\frac{v_r \cdot t_1}{2R_1}\right). \end{aligned} \quad (24)$$

Систему сил, які діють на т. С при переміщенні по розпушувачу з поверхнею утвореною напрямною у вигляді дуги кривої МК, яку зображено на рисунку 7.

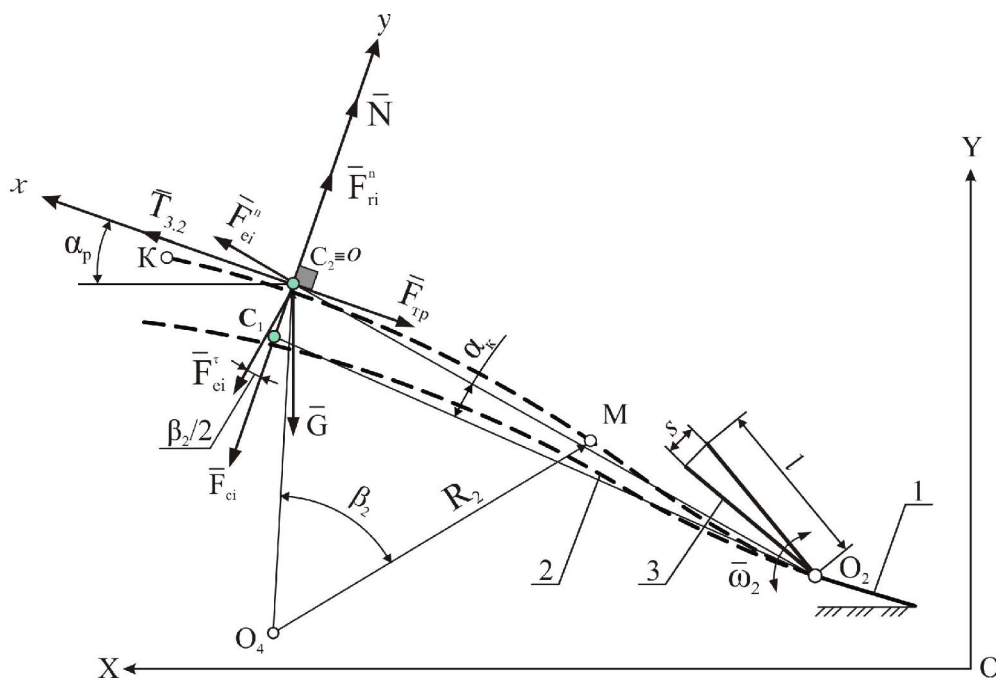


Рис. 7. Схема сил, які діють на т. С при переміщенні по розпушувачу, поверхня якого утворена напрямною у вигляді дуги кривої МК з напрямом коливань догори: 1 - викопувальна скоба; 2 - розпушувач; 3 - важіль.

Відповідно до схеми (рис. 7) диференціальні рівняння руху т. С в проекціях на осі x та y по дузі кривої МК такі

$$\left. \begin{aligned} m\ddot{x} &= T_{3.2} + F_{ei}^n \cdot \cos\left(\frac{\beta_2}{2}\right) + F_{ei}^\tau \cdot \sin\left(\frac{\beta_2}{2}\right) - G \cdot \sin(\alpha_p + \alpha_\kappa) - F_{mp} = 0 \\ m\ddot{y} &= N + F_{ei}^n \cdot \sin\left(\frac{\beta_2}{2}\right) + F_{ri}^n - G \cdot \cos(\alpha_p + \alpha_\kappa) - F_{ei}^\tau \cdot \cos\left(\frac{\beta_2}{2}\right) - F_{ci} = 0 \end{aligned} \right\} \quad (25)$$

вирішимо його відносно $T_{3.2}$

$$\begin{aligned} T_{3.2} &= G \cdot \sin(\alpha_p + \alpha_\kappa) + \left(G \cdot \cos(\alpha_p + \alpha_\kappa) + F_{ei}^\tau \cdot \cos\left(\frac{\beta_2}{2}\right) + F_{ci} - \right. \\ &\quad \left. - F_{ei}^n \cdot \sin\left(\frac{\beta_2}{2}\right) - F_{ri}^n \right) f - F_{ei}^n \cos\left(\frac{\beta_2}{2}\right) - F_{ei}^\tau \sin\left(\frac{\beta_2}{2}\right). \end{aligned} \quad (26)$$

Кут α_p дорівнює

$$\alpha_p = \alpha_{pn} + \frac{\mathbf{v}_r \cdot \mathbf{t}_1}{R_1} - \frac{\mathbf{v}_r \cdot \mathbf{t}_2}{R_2}, \quad (27)$$

де R_2 - радіус кривизни дуги МК, м;

t_2 - момент часу переміщення ґрунту з саджанцем по опуклій ланці розпушувача.

Відносна нормальна сила інерції дорівнює



$$F_{ri}^n = m \frac{v_r^2}{R_2} \quad (28)$$

Враховуючі значення сил: F_{ei}^r (8), F_{ci} (9), F_{ei}^n (10) F_{ri}^n (28), які входять до рівняння (26) рухома сила T_{32} складе

$$\begin{aligned} \dot{O}_{3,2} = & mg \sin \left(\alpha_{pi} + \frac{v_r \cdot t_1}{R_1} - \frac{v_r \cdot t_2}{R_2} + \frac{e(1 - \cos(\omega_1 \cdot t_2))}{l} \right) + \\ & + \left(mg \cos \left(\alpha_{pi} + \frac{v_r \cdot t_1}{R_1} - \frac{v_r \cdot t_2}{R_2} + \frac{e(1 - \cos(\omega_1 \cdot t_2))}{l} \right) + m \frac{e\omega_1^2 \cos(\omega_1 t_2) v_r t_2}{l} \times \right. \\ & \times \cos \left(\frac{v_r \cdot t_2}{2R_2} \right) + 2m \frac{e\omega_1 \sin(\omega_1 t_2) v_r}{l} - m \left(\frac{e\omega_1 \sin(\omega_1 t_2) v_r}{l} \right)^2 v_r t_2 \times \\ & \times \sin \left(\frac{v_r \cdot t_2}{2R_2} \right) - \frac{mv_r^2}{R_2} \Big) f - m \left(\frac{e\omega_1 \sin(\omega_1 t_2) v_r}{l} \right)^2 v_r t_2 \cos \left(\frac{v_r \cdot t_2}{2R_2} \right) - \\ & - m \frac{e\omega_1^2 \cos(\omega_1 t_2) v_r t_2}{l} \sin \left(\frac{v_r \cdot t_2}{2R_2} \right) \end{aligned} \quad (29)$$

За отриманими залежностями за формулами (14), (18), (24), (29) зроблені розрахунки рухомої сили в програмі Maple з вихідними даними для розпушувача, поверхня якого є: площина, утворена плоскою кривою напрямною, складеною плоскою кривою напрямною (табл. 1).

Таблиця 1 – Вихідні дані до розрахунку.

Форма розпушувача	Параметри											
	е, м	v_r , м/с	l, м	L, м	f	g, м/с	α_p , град	ω_1 , с ⁻¹	R, м	R_1 , м	R_2 , м	m, кг
Поверхня є площина	0,019	1,45	0,35	1	0,5	9,81	15	26				80
Поверхня утворена плоскою опуклою кривою напрямною	0,019	1,45	0,35	1	0,5	9,81	25	26	2			80
Поверхня утворена ввігнуто-опуклою кривою напрямною	0,019	1,45	0,35	1	0,5	9,81	15	26		0,8	1,4	80

Графічне відображення отриманих залежностей для рухомої сили за формулами (14), (18), (24), (29) надано у вигляді графіків (рис. 8, рис. 9, рис. 10).

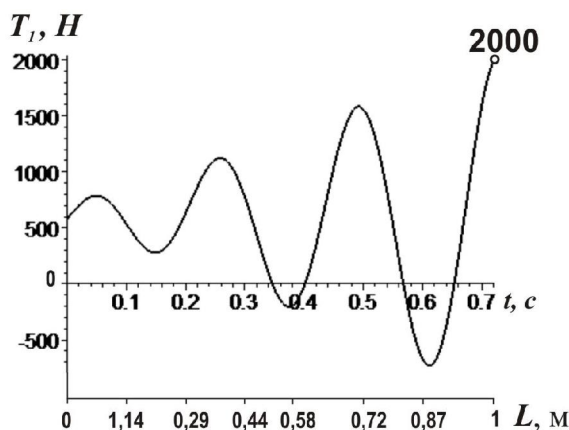


Рис. 8. Рухома сила на переміщення ґрунтової скиби по розпушувачу, поверхня якого є площина.

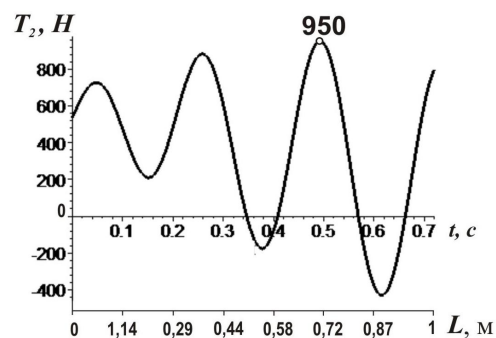
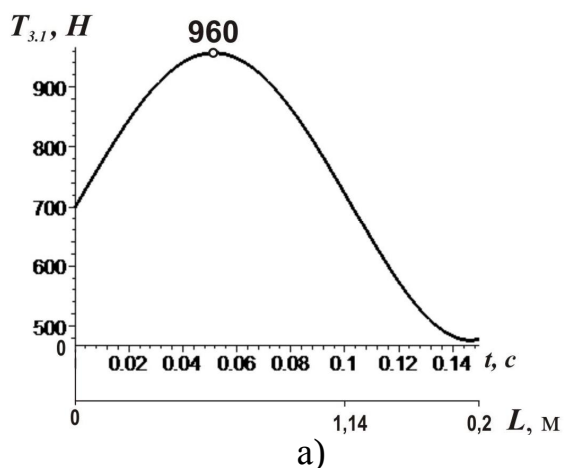
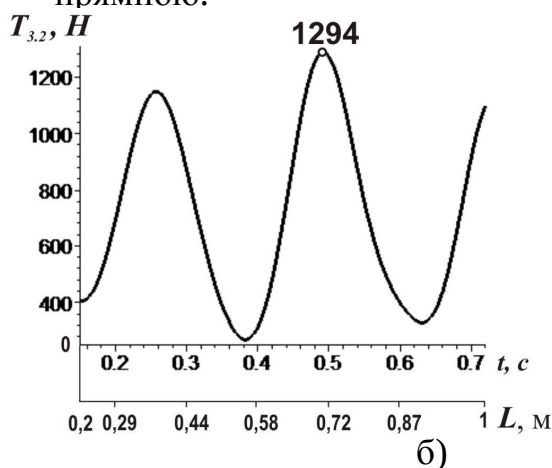


Рис.9. Рухома сила на переміщення ґрунтової скиби по розпушувачу, поверхня якого утворена плоскою кривою напрямною.



а)



б)

Рис. 10. Рухома сила на переміщення ґрунтової скиби по розпушувачу, поверхня якого утворена напрямною, у вигляді плоскої складеної кривої: а) на дузі O_2M , б) на дузі MK .

Для з'ясування зміни величини рухомої сили по розпушувачам з різними за видом утворення поверхонь побудовані графіки зміни її за часом та по довжині L (рис. 11).

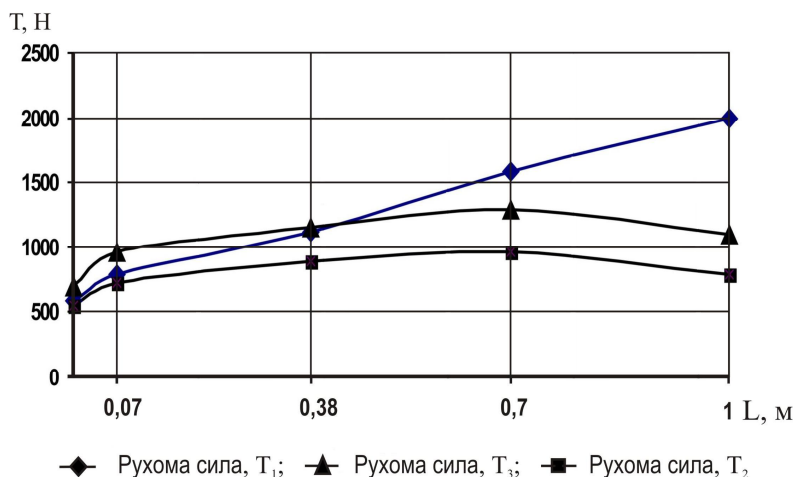


Рис. 11. Зміна величини рухомих сили T_1 , T_2 , T_3 по довжині розпушувача.



Висновки.

1. За отриманими аналітичними залежностями змін рухомої сили на переміщення ґрунтової скиби по різних типах поверхонь встановлено що:

- на поверхні, яка є площина рухома сила T_1 монотонно зростає за косінусоїдою;

- на поверхні, яка утворена кривою напрямною рухома сила T_2 має період зростання до найбільшого значення ($T_2 \approx 950$ Н) а потім зменшується;

- на поверхні, яка утворена складеною кривою перетину першого роду напрямною рухома сила T_3 зростає ($T_3 \approx 1294$ Н) потім зменшується.

2. Встановлено що найменші значення по довжині розпушувача (рис. 11) має рухома сила T_2 .

Література.

1. *Фришев С. Г.* Обоснование и разработка технологического комплекса машин для возделывания посадочного материала плодовых культур: дис... док. техн. наук : 05.20.01 / *С. Г. Фришев* — К : [б. в.], 1998. — 296 с.
2. *Клиновой С. И.* Обоснование технологического процесса выкопки саженцев и параметров вибрационного копателя: автореф. дис. канд. техн. наук./ *С. И. Клиновой* — М.: [б. в.], 1993. — 25 с.
3. *Строй А. А.* К обоснованию некоторых размеров колеблющейся трапецеидальной рамки выкопочнои скобы / *А. А. Строй* // Совершенствование процессов и рабочих органов сельскохозяйственных машин / Сборник научных трудов УСХА. — К., 1986. — С. 99 – 104.
4. *Сафонов О.* Механізація вирощування плодoвих саджанців / *О. Сафонов* // Техніка в АПК. — 1997. — № 2. — С. 26 – 27.
5. *Фришев С. Г.* Для викопування саджанців плодoвих культур / *С. Г. Фришев* // Техніка в АПК . 1997. — № 2. — С. 28 – 29.
6. *Фролов С. А.* Начертательная геометрия: Учебник втузов./ *С. А. Фролов*— М.: Машиностроение, 1978. — 240 с.
7. *Никитин Н. Н.* Курс теоретической механики: Учеб. для машиностр. и приборостроит. спец. вузов .—5 - изд., пераб. и доп./ *Н. Н. Никитин*— М.: Высш. шк., 1990. — 607 с.
8. *Осадчий В. А.* Руководство к решению задач по теоретической механике: изд. 2-е, перераб. Учеб. пособ. для техникумов / *В. А. Осадчий, А. М. Файн*. — М.: Высшая школа, 1972. — 256 с.



ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ПОЧВЫ С САЖЕНЦЕМ ПО РАБОЧЕМУ ОРГАНУ ВЫКОПОЧНОГО ПЛУГА

А. И. Караев , А. И. Матковский

Аннотация – приведены результаты исследований движения почвенного пласта с саженцем по рыхлителю выкопочного плуга с вариантами рабочими поверхностями различными по форме. Получены зависимости изменения величины движущей силы на перемещение почвенного пласта в зависимости от времени пребывания на рыхлителе и вида поверхности.

THE RESEARCH OF SOIL LAYER WITH SEEDLING MOVING ALONG THE WORKING PART OF THE DIGGING PLOUGH

O. Karaiev, O. Matkovskyi

Summary

The results of the soil layer moving research with seedling along the ripper of the digging plough with working surfaces that differ in form have been given in the article. The dependences of changing the moving force value on the soil layer moving depending on the time of its interacting with the ripper as well as surface type.



УДК 504.064.3:634.21.634.25

ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМ ЗРОШЕННЯ ПЛОДОВИХ КУЛЬТУР

Караєв О.Г., к.т.н.

Сушко С.Л., к.т.н.

Ковальчук Д.М., студент

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел/факс (0619)-422-132

Анотація - робота присвячена проектуванню системи зрошення плодкових культур, що сприяє їх росту і розвитку і дозволяє мінімізувати вірогідність помилки при будівництві систем зрошення. Наведено водно балансовий метод визначення строків і норм поливу. Подано методику визначення параметрів системи зрошення .

Ключові слова – мікрозрошення, зрошення, стаціонарі системи зрошення, проектування, плодкові культури, норми строків поливу, параметри системи.

Постановка проблеми. Для плодкових культур, як і для більшості рослин, вода є одним з головних факторів нормального росту, розвитку і плодоношення. У зв'язку з ростом посушливості кліматичних умов у зонах ведення промислового садівництва, інтенсивні сади зерняткових можуть давати максимальні врожаї лише в умовах зрошення. Основним засобом зрошення сучасних садів є мікрозрошення, до якого, як відомо, відноситься крапельний полив та мікродощування. Будівництво стаціонарних систем мікрозрошення є досить затратним. Вартість одного гектару такої системи перевищує 15000 грн. Тому вірогідність помилки при будівництві зрошення треба мінімізувати ще на стадії його проектування.

Аналіз останніх досліджень. Сучасна стаціонарна система зрошення [1,2] багаторічних насаджень є складним комплексом, який повинен забезпечити виконання наступних завдань:

- забір води з джерела, її підготовку і транспортування до ділянок зрошення;
- подачу на ділянки зрошення розрахованої поливної норми в задані терміни ;
- рівномірність розподілу води на площі ділянки зрошення;



- раціональне використання поливної води і зведення до мінімуму непродуктивних втрат на фільтрацію, випаровування і скиди;
- можливість внесення розчинних добрив та інших хімічних речовин з поливною водою;
- збереження структури ґрунту і запобігання ерозійних процесів;
- охорону навколишнього середовища;
- високі коефіцієнти земельного використання, корисного використання води і корисної дії системи зрошення.

Формулювання цілей статті. Розробка методики проектування стаціонарної системи зрошення багаторічних насаджень, що реалізує технологію мікрозрошення плодових культур, у першу чергу – краплинного.

Основна частина. На першій стадії виконання вишукувальних робіт необхідно провести аналіз води з джерела, що вибране для зрошення, для оцінки її придатності[3]. Для зрошення в промисловому садівництві використовують воду з артезіанських свердловин, каналів іригаційних систем, річок, ставків та інших водойм. Всі вони відрізняються за своїм якісним і кількісним складом вмісту розчинених солей, зважених неорганічних і органічних речовин. Високий вміст пилуватих і мулистих фракцій у зрошувальній воді може призвести до поступового механічного засмічення і забивання крапельниць, у результаті це може привести до нерівномірного розподілу зрошувальної води між плодовими рослинами.

Важливим показником якості зрошувальної води є кількість розчинених у ній речовин, їх хімічний склад. Шкідливий вплив на рослини надають лише токсичні солі, до яких відносяться: шкідливі лужні Na_2CO_3 , MgCO_3 , NaHCO_3 , $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ і шкідливі нейтральні солі – Na_2SO_4 , MgSO_4 , NaCl , MgCl_2 , CaCl_2 .

Практично у всіх випадках придатні для зрошення води з мінералізацією менше 0,2 г/л. Вміст солей від 0,2 до 0,5 г/л вважають допустимим за відсутності у воді нормальної соди. Мінералізація води 0,5-1,0 г/л допустима при поливі плодових рослин на ґрунтах, що характеризуються хорошим промивним режимом. Вміст солей 1,0-1,5 г/л вважається небезпечним, бо може призвести до засолення ґрунтів. У цьому випадку необхідно обов'язково оцінювати хімічний склад поливної води і враховувати фізико-хімічні властивості зрошуваних ґрунтів. При вмісті солей у воді вище зазначених меж це джерело використовувати не рекомендується. Особливо небезпечні лужні води, що містять гідрокарбонат і карбонат натрію, а також води сульфатно- і хлоридно-натрієвого складу зі значним переважанням серед катіонів Na (50 % і більше від суми катіонів). Використання такої зрошувальної води для зрошення чорноземів викликає розвиток в них процесів осолонцювання і олушення, що неминуче призводять до їх деградації.

При прийнятті рішення на будівництво системи мікрозрошення,



слід також врахувати глибину знаходження підземних вод. Допускається ці системи розміщувати на незасолених ґрунтах при рівні прісних підземних вод на глибині не менше ніж 2 м, мінералізованих - не менше 4 м.

Після визначення придатності води з вибраного джерела для зрошення, необхідно оцінити яка кількість води необхідна для зрошення і чи зможе цю кількість забезпечити вибране джерело. Тобто треба визначити норми поливів та зрошувальну норму, а також встановити міжполивні періоди. Розрахунок вказаних параметрів проводиться з урахуванням кліматичних та ґрунтових умов, в яких знаходиться сад, а також фізіологічних особливостей дерев.

В умовах Півдня України в першій половині вегетаційного періоду зерняткових (квітень - червень) зазвичай випадає більша кількість опадів від її сумарної кількості. Однак іноді посушливі періоди можуть викликати зменшення загального приросту дерев, ослаблення розвитку листків, цвітіння, посилюється осипання зав'язей, може призупинитися наростання тканин в точках зростання, листках і плодах. Плоди дрібнішають і іноді передчасно осипаються.

У другій половині вегетаційного періоду зерняткових доволі часто проявляються стресові впливи середовища - екстремально високі температури повітря, низька вологість приземного шару повітря, періоди посухи і суховії. При нестачі води плоди передчасно дозрівають і осипаються, зменшується накопичення запасних речовин, не відбувається загартовування рослин. Вплив нестачі вологи на плодів культури не обмежується засушливим роком, а позначається протягом наступних років. Особливо згубно впливає нестача води на рослини в період закладки і диференціації бруньок. Це впливає на урожай подальшого року, сприяючи прояву періодичності плодоношення.

Зерняткові культури проявляють різні вимоги до зволоження залежно від сорто-підщепних комбінацій, конструкцій насаджень, формування крони, навантаження дерев плодами, віку рослин і загального стану, ступеня пошкодження рослин шкідниками і хворобами, рівня забезпеченості основними елементами живлення та ін.

Потреба у воді збільшується з квітня по травень, досягає свого максимуму в червні-липні, знижується у вересні-жовтні після збирання врожаю. За добу з одного гектара насаджень яблуні пізнього строку дозрівання в середньому витрачається води: на початку вегетаційного періоду - $14-20 \text{ м}^3$; в період росту плодів і закладання плодів бруньок - до 77 м^3 , при наливанні плодів до 50 м^3 , під час знімання - до 30 м^3 .

Одною із значних переваг стаціонарних систем мікрозрошення є те, що вони дозволяють постійно підтримувати оптимальну вологість ґрунту в саду, компенсуючи щодобові витрати води на випаровування



та транспірацію. Найкращі умови для росту та плодоношення яблуні на піщаному ґрунті створюються тоді, коли вологість у кореневмісному шарі ґрунту підтримується на рівні 60 % НВ, на легкому та середньо-суглинковому – 65...70% НВ, на важко-суглинковому та глинистому – 75...80% НВ. Для підтримки цієї вологості необхідно визначити необхідну зрошувальну та поливну норму і строки поливів. Розрахунки проводимо за водо-балансним методом.

Зрошувальна норма заповнює нестачу води, необхідної для нормального водопостачання культурних рослин. Тому, знаючи величину повного водоспоживання і природного водопостачання, можна розрахувати зрошувальну норму

$$M_3 = \sum E - O_K - (B_0 - B_1) - B_{\Gamma} + B_{\text{втр}}, \quad (1)$$

де M_3 – зрошувальна норма, м³/га;

$\sum E$ – сумарне водоспоживання за період вегетації, м³/га;

O_K – сума корисних опадів за той самий період, м³/га;

B_0, B_1 – запас ґрунтової вологи в кореневмісному шарі на початку та у кінці сезону вегетації, м³/га;

B_{Γ} – кількість використаної рослинами ґрунтової води, м³/га;

$B_{\text{втр}}$ – втрата води при зрошенні, м³/га.

Полівну норму при краплинному поливі можна розрахувати за формулою

$$M_{\text{пол}} = 100 \times K_{\text{звол}} \times H_{\text{кор}} \times P_{\Gamma} \times (W_{\text{НВ}} - W_{\text{ПВ}}), \quad (2)$$

де $M_{\text{пол}}$ – поливна норма, м³/га;

$K_{\text{звол}}$ – частка площі, що підлягає зволоженню, в частках одиниці;

$H_{\text{кор}}$ – глибина кореневмісного шару ґрунту, м;

P_{Γ} – середня щільність ґрунту, т/м³;

$W_{\text{НВ}}$ – значення найменшої вологоємності ґрунту, %;

$W_{\text{ПВ}}$ – передполивної вологості ґрунту, %.

Для визначення строків полива та міжполивного періоду будують графіки інтегральної кривої дефіциту водоспоживання. При цьому по осі ординат відкладають значення дефіциту водоспоживання зростаючим підсумком, а по осі абсцис – тривалість вегетаційного періоду. Приклад такої кривої приведено на рисунку 1.

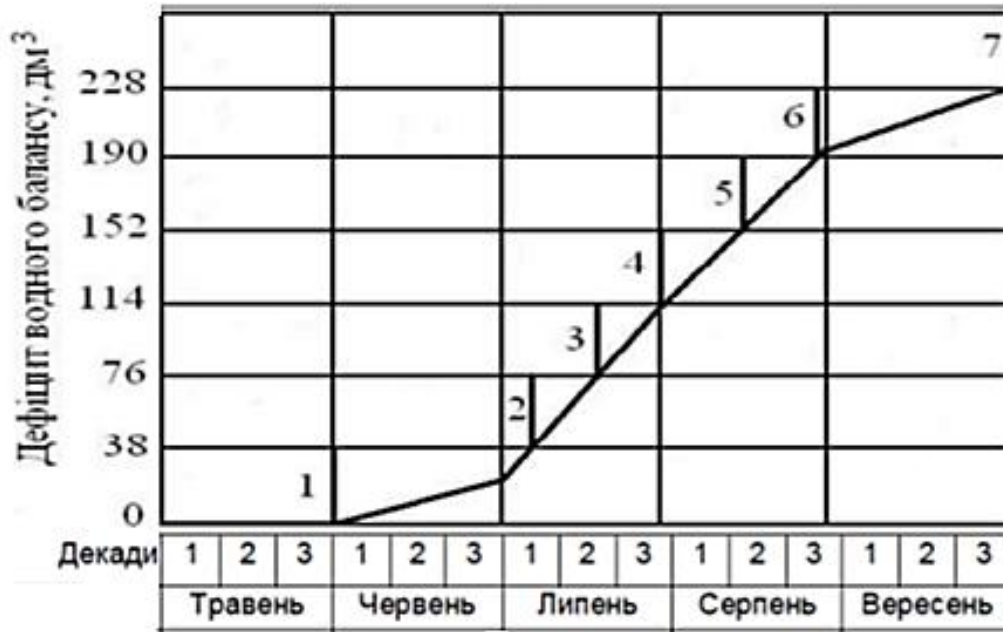


Рис. 1. Визначення строків полива

Для побудови інтегральної кривої дефіциту водоспоживання необхідно знати значення евапотранспірації саду. Сумарне випаровування, або евапотранспірація (ЕТ) - це поєднання двох окремих процесів, при яких ґрунт втрачає воду через випаровування, а рослини - через транспірацію.

Рівняння Пенмана-Монтейта для розрахунку еталонної евапотранспірації, рекомендоване FAO [4], запишемо у вигляді

$$ET_0 = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34u_2)}, \quad (3)$$

де ET_0 – еталона евапотранспірація, мм/добу;

R_n - чиста радіація, мДж · м⁻² · добу⁻¹;

G - тепловий потік ґрунту, мДж · м⁻² · добу⁻¹;

$(e_s - e_a)$ - дефіцит тиску пари в повітрі, кПа;

u_2 – швидкість вітру на висоті 2м, м/с;

T – температура повітря на висоті 2м, °С;

Δ – градієнт кривої тиску пари, кПа · с⁻¹;

γ - психрометрична постійна, кПа · с⁻¹.

Знаючи еталонну евапотранспірацію можна розрахувати евапотранспірацію саду ET_C за рівнянням

$$ET_C = K_C \cdot K_S \cdot ET_0, \quad (4)$$

де K_C - коефіцієнт рослинної культури;

K_S - коефіцієнт водного стресу.



Значення коефіцієнта K_C приймають згідно рекомендацій FAO [4]. Для більшості плодових культур $K_C = 0,9-0,95$. Якщо фактичне значення вологості ґрунту W_Φ більше вологості розриву капілярів $W_{ВРК}$, то $K_S = 1$. Для випадку

$$W_\Phi < W_{ВРК}, \quad (5)$$

розрахунок коефіцієнта водного стресу проводимо за наступним рівнянням

$$K_S = \frac{W_\Phi - W_{EE}}{(W_{HE} - W_{EE}) - (W_{HE} - W_{ВРК})}, \quad (6)$$

де W_Φ – фактичне значення вологості ґрунту, %

W_{EE} – вологість стійкого в'янення рослин, %

W_{HE} – найменша вологоємність ґрунту, %

$W_{ВРК}$ – вологість розриву капілярів, %

Знаючи добову евапотранспірацію, будуємо інтегральну криву дефіциту водного балансу (рисунок 1). Відкладаючи на ній у вибраному масштабі поливні норми $M_{пол}$, визначаємо строки поливів.

В посушливі роки поливна норма в садах зерняткових, зокрема яблуні, що висаджуються за схемою 4 x 1 м, або гуще, може досягати 100 м³/га. Знаючи параметри режиму зрошення можна оцінити, чи достатню кількість води забезпечує джерело зрошення.

Якщо джерело водопостачання задовольняє потреби у воді, то наступним етапом є визначення кількості зрошувальних трубопроводів з урахуванням схеми посадки. Потребу в поливних трубопроводах встановлюють за формулою

$$L_{пол} = S_{сад} \times n \times 10000 / Y_{ряд}, \quad (7)$$

де $L_{пол}$ – потреба в поливних трубопроводах, м;

$S_{сад}$ – площа саду, га;

n – кількість поливних трубопроводів на один ряд дерев, шт.;

$Y_{ряд}$ – ширина міжряддя, м.

У якості поливних трубопроводів використовуються як трубки з інтегрованими крапельницями, так і із зовнішніми. Для забезпечення високої рівномірності зрошення бажано використання компенсованих крапельниць. Особливо це необхідно для ділянок саду із складним рельєфом. Бажано також при проектуванні використовувати типові поливні блоки площею не більше 10-12 га. Як правило, конструкція системи передбачає, що до поливного блоку входить кілька модулів.



Під модулем при цьому розуміють ділянку краплинного зрошення, що не має водообігу. У модулях, що об'єднанні в блок, поливи проводять одночасно по всій площі. Блочно-модульний принцип проектування зрошення дає можливість проводити почерговий полив на всій зрошуваній площі, а також локалізувати аварійну ситуацію в системі на будь-якому поливному модулі без значних порушень режиму зрошення.

Для зерняткових культур, як правило, відстань між крапельницями та їх витрати води вибирають такими, щоб утворилася суцільна полоса зволоження шириною, яка відповідає проекції крони дерева. Це, звісно, потребує врахування водно-фізичних властивостей ґрунту в саду. При поливі слабопроникних, важких за гранулометричним складом ґрунтів утворюється широка, але неглибока зона зволоження. На легких супіщаних і піщаних ґрунтах, особливо при поливі малими нормами, ця зона витягнута більше у вертикальному напрямку. Тому для забезпечення формування необхідної зони зволоження треба розглядати у взаємозв'язку ґрунті (водоутримуюча здатність, потужність шару ґрунту, що підлягає зволоженню), агробіологічні (розвиток кореневої системи на певній фазі розвитку, оптимальний діапазон вологості ґрунту), технічні (витрата водовипусків та їхнє взаємне розміщення), режимні (поливна та зрошувальна норми, тривалість поливу та міжполивного періоду) характеристики.

Конкретні значення цих параметрів можна знайти в рекомендаціях, які розроблені науковими установами НААН та МІНАГРОПОЛІТИКИ України.

Знаючи витрати води з одного метру поливного трубопроводу $q_{мп}$ ($м^3/год. \times м$) та продуктивність джерела зрошення $Q_{дж}$ ($м^3/год.$) знайдемо площу поливного блоку

$$S_{бл} = Q_{дж} \times Y_{ряд} \times \eta / n \times 10000 \times q_{мп}, \quad (8)$$

де η - коефіцієнт корисної дії системи зрошення.
Кількість поливних блоків буде дорівнювати

$$N_{бл} = S_{сад} / S_{бл}, \quad (9)$$

Тривалість поливу одного блоку $T_{бл}$ (год.) становить

$$T_{бл} = M_{пол} \times S_{бл} / Q_{дж}, \quad (10)$$

Тривалість поливу усього саду $T_{сад}$ тоді складе

$$T_{сад} = T_{бл} \times N_{бл} \quad (11)$$

Тривалість поливу саду не повинна перевищувати мінімальну



розрахункову величину міжполивного періоду.

У системах краплинного зрошення, як правило, застосовують одно - та двоступеневе очищення води з використанням сітчастих, дискових і піщано- гравійних фільтрів. При використанні для поливу води з поверхневих джерел (річка, озеро, ставок, водосховище) необхідно застосовувати двоступеневе очищення із застосуванням піщано - гравійних і сітчастих (дискових) фільтрів.

Якщо джерелом зрошення є напірна водопровідна мережа чи артезіанська свердловина, тоді можна використовувати одноступеневу схему очищення за допомогою сітчастих або дискових фільтрів. Для систем мікродощування вимоги до очистки води значно нижчі. Здебільше достатньо застосування сітчастого фільтру.

Схема трубопроводів повинна бути ув'язана зі схемою посадки саду. В плані її проектують, як правило, тупиковою. Магістральні і розподільні трубопроводи проектують із полівінілхлоридних або поліетиленових труб ділянкові і поливні трубопроводи - із поліетиленових труб.

Тип труб визначають робочим тиском води в мережі . Вибір матеріалу і типу труб із поліетилену здійснюють за робочим тиском в трубопроводі з урахуванням нормального терміну служби, температури води і способу з'єднання. За робочий тиск в трубопроводі приймають найбільший можливий в умовах експлуатації внутрішній тиск в мережі при сталому русі води. На підставі гідравлічних розрахунків визначають діаметри трубопроводів та втрати тиску на всіх ділянках мережі.

Висновки. Запропонована у статті методика проектування стаціонарної системи зрошення багаторічних насаджень, що реалізує технологію мікрозрошення плодових культур дозволяє розрахувати основні параметри системи зрошення та мінімізує вірогідність помилки при будівництві зрошення ще на стадії його проектування.

Література

1. Розсадники. Плодові, ягідні та виноградні насадження. Проектування систем зрошування. Загальні технічні вимоги: ДСТУ 4930:2008.- [чинний: від 2009-07-01]. - К. : Держспоживстандарт України, 2009. – 44 с. – (Національний стандарт України).
2. *Ромашенко М.І.* Системи краплинного зрошення: навчальний посібник / В.І. Доценко, Д.М. Оноприєнко, О.І. Шевелєв // За Ред. Академіка УААН М.І. Ромашенка – Дніпропетровськ: , ООО ПКФ «Оксамит-текст », 2007 – 175
3. Система стандартів у галузі охорони навколишнього природного середовища та раціонального використання ресурсів. Якість природної води для зрошення. Агрономічні критерії:



- ДСТУ 2730-94.- [Чинний від 27.07.1994 р.]. - К. : Держспоживстандарт України, 2006. – 38 с. – (Національний стандарт України).
4. <http://www.fao.org/docrep/x0490e/x0490e06.htm#TopOfPage>.
5. <http://www.fao.org/docrep/x0490e/x0490e0b.htm#tabulated> kc values.

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ОРОШЕНИЯ ПЛОДОВЫХ КУЛЬТУР

Караев А.И., Сушко С.Л., Ковальчук Д.М.

Аннотация - работа посвящена проектированию системы орошения плодовых культур, что способствует их росту и развитию и позволяет минимизировать вероятность ошибки при строительстве систем орошения. Приведен водно-балансовый метод определения сроков и норм полива. Представлена методика определения параметров системы орошения.

THE DESIGNING PECULIARITIES FOR FRUIT CULTURES IRRIGATION SYSTEMS

A. Karaiev, S. Sushko, D. Koval'chuk

Summary

The article is devoted to fruit cultures irrigation system design facilitating to fruit cultures growth and development as well as enabling to minimize error probability when constructing irrigation systems. The water-balance method for defining the terms and norms for watering has been considered. The methodology for irrigation systems parameters has been given.



УДК 504.064.3:634.21.634.25

РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЗРОШЕННЯМ ПЛОДОВИХ КУЛЬТУР

Сушко С.Л., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел/факс (0619)422-132

Анотація - робота присвячена розробці пристрою управління зрошенням, що визначає фізіологічні показники дерева (швидкість водного струму в стовбурі, температурні зміни в тканинах органів рослин) і метеорологічні показники. За цими показниками визначаються елементи управління зрошенням, і відбувається передача керуючого сигналу на виконавчі пристрої системи зрошення. Передбачена реєстрація вхідної та вихідної інформації. Розроблено функціонально-структурну схему пристрою.

Ключові слова – зрошення, алгоритм, датчик, ксилема, пристрій управління.

Постановка проблеми. Зрошення є одним із самих впливових факторів, яке стимулює урожайність, регулярність плодоношення і тривалість продуктивного життя плодових насаджень. В умовах південного степу України, де поряд з частими весняними приморозками спостерігаються ще й літні суховії, які призводять до часткових або повних втрат урожаю кісточкових культур та водним стресам рослин у різні періоди їх розвитку, особливо у період формування майбутнього урожаю. Тому істотне місце у технології вирощування плодових культур у ґрунтово-кліматичних умовах південного степу України слід відводити зрошенню плодових насаджень, яке забезпечить не тільки виконання зволожувальних поливів, а й передбачає проведення спеціальних поливів (протиприморозкових, освіжних та інших). Проведення цих поливів неможливо без автоматизації управління системою зрошення.

Аналіз останніх досліджень. Розробка елементів технології захисту насаджень персика та абрикоса від таких несприятливих кліматичних явищ, як весняні приморозки, ґрунтова та повітряна посуха, отриманих в результаті науково-дослідних робіт у Інституті зрошувального садівництва ім. М.Ф. Сидоренка [1, 2] дозволяє перейти до повної комплексної автоматизації процесу управління зрошенням.

Відомо, що вологозабезпеченість плодових рослин є однією з найважливіших умов їх нормального росту і розвитку, функціонування та високої продуктивності. Вивчення водообміну рослин в зонах з посушливими кліматичними умовами дасть можливість для своєчасного проведення поливів та забезпечить раціональне використання зрошувальної води.

За діагностичний показник необхідності поливів під час повітряної та ґрунтової посухи нами обрано раніше встановлений параметр індексу швидкості ксилемного потоку, тобто відношення величини швидкості водного потоку у стовбурі до сходу сонця до його значень у денні години доби, який дорівнює одиниці [2]. Це є критичним значенням водного дефіциту у рослині та свідчить про те, що дерева потребують забезпечення додатковою вологою, тобто необхідне проведення дощування.

Для встановлення впливу дрібнодисперсного дощування на загальний стан дерев, було обрано такі фізіологічні показники, як температура листків та індекс швидкості висхідного потоку в ксилемі стовбура.

Аналізуючи експериментальні дані виявлено, що фізіологічні процеси мають чітку добову періодичність, а рослина не є пасивною тепловою системою. Добовий ритм індексу швидкості ксилемного потоку є наочним показником стану водного обміну рослин, який дозволяє встановити період його дисбалансу та формування водного дефіциту.

Таким чином, температурні зміни у листках та показник швидкості ксилемного потоку залежать не тільки від фізичних властивостей навколишнього середовища, а від інтенсивності процесів життєдіяльності самої рослини під впливом штучних чинників, таких, як зрошення.

Формулювання цілей статті. Розробка пристрою управління, що вимірює показник швидкості ксилемного потоку у стовбурі дерев, температуру листя та метеопараметри, надає інформацію про стан водного режиму рослин під впливом зрошення, веде автоматичну реєстрацію цих показників і дає управляючі сигнали на виконуючі механізми системи зрошенням.

Основна частина. Основні функції управління, згідно розробленого алгоритму [3], задаються локальними арифметико-логічними процедурами, які можна представити в наступному вигляді [4] :

$$U_{n,m} = \begin{cases} U_1 & \text{якщо } Y_1 < \text{con } X_{n,m} \leq Y_2; \\ U_2 & \text{якщо } Y_2 < \text{con } X_{n,m} \leq Y_3; \\ \dots & \dots \dots \dots \dots \dots \dots \\ U_L & \text{якщо } Y_{L-1} < \text{con } X_{n,m} \leq Y_L, \end{cases}$$



де X – матриця внутрішніх умов управляючого алгоритму, Y – матриця вхідних сигналів від датчиків, U – матриця вихідних сигналів на виконуючі пристрої системи зрошення.

Поливи починаються тоді, коли співвідношення досвітнього значення індексу швидкості ксилемного потоку до його денного значення (k) стає більше 1. При досягненні значення $k < 1$ полив припиняють. Поливи призначають лише тоді, коли температура повітря перевищує 25°C , а вологість повітря нижче 70%. Обов'язковою умовою проведення поливів дрібнодисперсним дощуванням є переривчастий цикл роботи системи зрошення (полив-пауза). Тривалість поливу залежить від часу, протягом якого листя дерев повністю змочуються водою, тривалість паузи залежить від швидкості випаровування води з листової пластинки.

Для повної автоматизації управління зволожувально-освіжними поливами рослин розроблено пристрій, що забезпечує за встановленими фізіологічними показниками (швидкості водного току у стовбурі та температурних змін в тканинах органів рослин) такі технологічні елементи управління зрошенням, як сигнали на початок, відновлення, тривалість поливу та встановлення режиму зрошення “полив – пауза”. Система керування передбачає автоматичний збір інформації з рослинних об'єктів та метеорологічних змін навколишнього середовища, передачу управляючого сигналу на виконавчі механізми управління системи зрошення та реєстрацію вхідної та вихідної інформації.

Функціонально-структурна схема пристрою керування поливом наведено на рисунку 1. Схема забезпечує зв'язок об'єкта управління з шиною даних мікроконтролера (МК) з використанням інтерфейсних схем Ін.Вв. Технологічні параметри об'єкта (температура та вологість повітря, швидкість ксилемного потоку та ін.) в інтерфейсах первинних перетворювачів (ПП) перетворюються на електричні сигнали (постійна напруга або частота). Пройшовши через блок нормуючих перетворювачів БНП, що забезпечує стандартний рівень сигналу, параметри, що контролюються, надходять на мультиплексор (МС), який комутує один з вхідних сигналів на єдиний вихід. Комутація забезпечується подачею цифрового коду через інтерфейс виводу (Ін.Вив.). Канал, що було скоммутовано, подається на схему вибірки та зберігання (УВХ) і далі на аналого-цифровий перетворювач (АЦП), на виході якого формується цифровий код, пропорційний величині контролюваного параметра. Потім цифровий код може бути зчитано в МП через інтерфейс вводу (Ін.Вв.) і шину даних системи (ШД). Цифровий код, що зчитано, піддається подальшій цифровій обробці в МК за алгоритмами управління поливами, що були розроблено раніше.

Рис. 1. Функціонально-структурна схема пристрою керування поливом: Ін.Вв - інтерфейс вводу; Ін.Вив - інтерфейс виводу; ІПП - інтерфейс первинного перетворювача; БНП - блок нормуючих перетворювачів; МС - мультиплексом; УВХ - схема вибірки та зберігання; АЦП - аналого-цифровий перетворювач; ШД - шина даних; ША - шина адреса; Сх.У - схема управління; ВП - інтерфейс виконавчого пристрою; БФС - блок формування сигналу; Тайм - таймер; СКП - датчик швидкості ксилемного потоку; ТП - датчик температури бруньки/листа; СВ - датчик швидкості вітру; ТВ - датчик температури повітря; ВВ - датчик вологості повітря.



Якщо необхідна індикація результату вимірів, то через Ін.Вив результуюча інформація може бути подана на цифровий індикатор. Якщо за результатами обчислення необхідно подати сигнал на об'єкт управління (насос та електромагнітні клапани системи зрошення), то Ін.Вив може бути використаний для передачі через схему управління (Сх.У) та інтерфейс виконавчий пристрій (ВП) керуючого сигналу на включення чи виключення насоса або клапана.

Конструкція схеми управління істотно залежить від типу виконавчого пристрою [5]. Виконавчі пристрої, у нашому випадку, є безконтактні релейні пристрої, для управління якими на вхід достатньо подати сигнал, що приймає тільки два стани: низького або високого рівня. Схема управління в цьому випадку повинна виконувати функції підсилювача потужності, що працює в ключовому режимі. У разі, коли контрольований параметр перетворюється в частоту, процедура його введення в мікропроцесор значно спрощується і після формування в блоці формування сигналу (БФС) і комутування в МК зводиться до подачі на вхід таймера. Всі інші перетворення, пов'язані з розрахунком величини контрольованого параметра, забезпечуються за рахунок керуючої програми. В цьому випадку таймер може бути використаний і для формування в «Сх.У» управляючого сигналу.

Висновки. До пристрою управління поливом, який реалізує зазначену схему, можливо підключити широкий набір датчиків, а також різні типи виконуючих пристроїв, які серійно виробляються промисловістю. Задаючи різні матриці внутрішніх умов управляючого алгоритму та змінюючи матрицю вхідних сигналів від датчиків, ми отримаємо можливість гнучкої та легкої настройки матриці вихідних сигналів на виконуючі пристрої системи зрошення, тобто настройки заданого режиму зрошення.

Література

1. Пат.33128 Україна, МКИ А 01 G 13/06. Спосіб захисту плодкових культур від весняних приморозків [Текст] / *В.А. Одинцова*; власник патенту Ін-т зрош. садівництва ім. М.Ф. Сидоренка УААН. - № U2008 01646; заявл. 08.02.08; опубл. 10.06.08, Бюл. №11. - 4с.
2. *Надеждина Н.Е.* Методические аспекты определения споростей водного потока в ксилеме ствола растений / *Н.Е. Надеждина, Т.Е. Разнополова, В.А.Одинцова* // Физиология и биохимия культурных растений. - 1991. - Т.28, №5. - С.516-519.
3. *Караєв О.Г.* Розробка автоматизованого управління дрібнодисперсним дощуванням насаджень черешні / *О.Г.Караєв, С.Л. Сушко, В.В. Кузминов*// Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету [Електронний ресурс]. – Мелітополь: ТДАТУ,



2012. – Вип. 2, т. 5. – С. 124-128. – Режим доступу: <http://nauka.tsatu.edu.ua/e-journals-tdatu/V12T5.html>.
4. Мусин А.М Компьютерный анализ и синтез систем управления сельскохозяйственными объектами / А.М.Мусин, А.А. Ерков // Техника в сельском хозяйстве. — 1998. — №2. — С. 15–19.
5. Густав Олссон, Пиани Джангуидо. Цифровые системы автоматизации и управления. — СПб.: Невский Диалект, 2001. — 557с.

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОРОШЕНИЕМ ПЛОДОВЫХ КУЛЬТУР

С.Л. Сушко

Аннотация - работа посвящена разработке устройства управления орошением, определяющего физиологические показатели дерева (скорости водного тока в стволе, температурные изменения в тканях органов растений) и метеорологические показатели. По этим показателям определяются элементы управления орошением, и происходит передача управляющего сигнала на исполнительные устройства системы орошения. Предусмотрена регистрация входящей и исходящей информации. Разработана функционально-структурная схема устройства.

AUTOMATED SYSTEM WORKING OUT FOR FRUIT CULTURE IRRIGATING MANAGEMENT

Sushko S.

Summary

The article is devoted to arrangement working out for irrigating management defining trees physiological indices (water flowing speed in the trunk, temperature changes in the plant organ tissues) as well as meteorological indices. According to these indices the elements of irrigation management are being defined and the control signal transmission to irrigation system actuating mechanisms is being accomplished. The registration of incoming and outgoing information has been stipulated as well as functional and structural arrangement scheme has been worked out.



УДК. 631.362.3:631.1

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ СЕПАРУЮЧОЇ СКЛАДОВОЇ ПОВІТРОРІЗПОДІЛЬНОГО ПРИСТРОЮ МАШИНИ ПОПЕРЕДНЬОГО ОЧИЩЕННЯ ЗЕРНА

Білокопитов О.О., інженер*,
Задосна Н.О., аспірант,
Таврійський державний агротехнологічний університет
Тел. (0619) 422132

Анотація – в роботі наведено методику визначення якісних показників у пневмосистемі машини попереднього очищення зерна на сепаруючій складовій повітророзподілюючого каналу.

Ключові слова - машина попереднього очищення зерна, повітророзподілюючий канал, повітряний потік, ворох зерновий, легкі домішки, пил.

Постановка проблеми. Псевдозріджений стан зернового вороху настає тоді, коли крізь цей шар вороху проходить повітряний потік з так званою критичною швидкістю. При цьому роз'єднуються складові частки зернового вороху і зменшується тертя між ними, ворох набуває властивості рідини, що має свою в'язкість, питому вагу, постійний рівень [1- 3], а поверхня матеріалу нагадує киплячу рідину [4,5].

Переведення зернового вороху у псевдозріджений стан на тривалий час – складний технологічний процес, що стримує його широке впровадження. Отже, переведення зернового вороху у псевдозріджений стан на ділянці лотка-інтенсифікатора і забезпечення його сегрегації, а як результат підвищення продуктивності майже вдвічі, і є головною задачею наступних досліджень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Задача попереднього очищення зернового вороху полягає в тому, щоб відокремити від зерна великі та повітрявідокремлюємі домішки і тим самим покращити його якість. Зменшення в'язкості та підвищення його сипкості забезпечується переведенням зернового вороху у псевдозріджений стан.

Під час тимчасового збереження попередньому очищенню підлягає майже все продовольче зерно після збирання. Особливе значення попередньому очищенню приділяється насінневному матеріалу. Бажано, щоб розриву між операціями не було. Наприклад, при вологості приблизно 20 ...25 % и температурі 20 °С ворох повинен пройти попередню очистку не пізніше ніж через добу [6]. Із збільшенням воло-



гості і температури ця технологічна операція повинна виконуватись одразу по надходженню зерна на зернокомплекс.

Постановка завдання. Підвищити якість технологічного процесу роботи пневмосистеми повітророзподільючого пристрою машини попереднього очищення зерна за рахунок розробки методики визначення якісних показників його роботи.

Основна частина. У відповідності до проведеного огляду попередніх досліджень запропоновано наступну програму експериментальних досліджень повітророзподільного каналу. Нею передбачається визначення впливу основних конструктивних, технологічних і кінематичних параметрів на кількісні і якісні показники роботи повітророзподільного каналу машини попереднього очищення зерна з замкненою повітряною системою, а саме:

- втрати повноцінного зерна у відходи;
- повноту виділення легких домішок;
- повноту виділення крупних домішок.

Лабораторний стенд (рис.1) для проведення дослідження параметрів і режимів роботи живлячої складової повітророзподільного пристрою виконано на базі лабораторно-польової установки.

Установка в своєму складі має діаметральний вентилятор 1, привод якого здійснюється від електродвигуна постійного струму, що дозволяє змінити частоту обертання вентилятора, n (хв.⁻¹) і тим самим подачу повітряного потоку – Q , (м³/с). Повітряний потік направляється в повітророзподільний пристрій 2, який в свою чергу перерозподіляється в сепаруючу 3 і живлячу 5 складові повітророзподільника.

Повітряний потік, що направлений у живлячу складову повітророзподільника, проходить між задньою рухомою стінкою 7, середньою рухомою стінкою 4 та її нерухомою частиною 9 та крізь лоток-інтенсифікатор 12.

За рахунок регулятора зміни кута нахилу 6 середньої рухомої стінки 4, а також за рахунок регулятора зміни кута нахилу 10 задньої рухомої стінки 7, що дозволяє змінити коефіцієнт живого перетину лотка-інтенсифікатора, забезпечується інтенсивність впливу повітряного потоку на лоток-інтенсифікатор, а відповідно і на ворох, що знаходиться на ньому.

В цьому стані здійснюється заміри значень:

- частоти обертання вентилятора n ;
- значення динамічного тиску, $P_{д0}$ і розходу повітря Q_0 на вході у повітря-розподільний пристрій в перетині 0 – 0;
- значення динамічного тиску $P_{д1}$ і розходу повітря Q_1 під лотком-інтенсифікатором в перетині I – I;
- значення динамічного тиску P_2 і розходу повітря Q_2 над лот-

ком-інтенсифікатором в перетині II – II;

- значення динамічного тиску $P_{д3}$ і розходу повітря Q_3 в перетині III – III;

- значення динамічного тиску $P_{д4}$ і розходу повітря Q_4 під жалюзійним повітророзподільником повітророзподільного пристрою в перетині IV – IV.

Точки замірів тиску приймаємо у відповідності до [7-11].

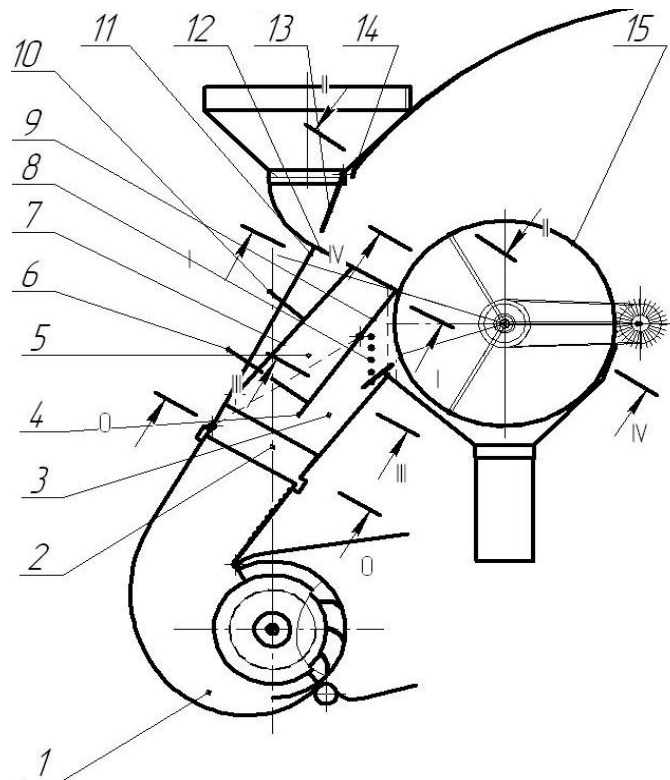


Рис. 1. Лабораторно – польова установка для визначення основних параметрів і режимів роботи живлячої та сепаруючої складових складової повітророзподільного пристрою (установка представлена частково): 1 – вентилятор діаметральний; 2 – пристрій повітророзподільний; 3 – сепаруюча складова повітророзподільника; 4 – середня рухома стінка; 5 – живляча складова повітророзподільника; 6 – регулятор зміни кута нахилу середньої рухомої стінки; 7 – стінка рухома задня; 8 – повітророзподільник жалюзійний; 9 – нерухома частина середньої стінки; 10 – регулятор зміни кута нахилу задньої рухомої стінки; 11 – задня стінка; 12 – лоток інтенсифікатор; 13 – живлячий пристрій; 14 – бункер; 15 – решето циліндричне; 0–0 перетин заміру динамічного тиску на вході в повітророзподільник; I–I – перетин заміру динамічного тиску під лотком-інтенсифікатором; II–II – перетин заміру динамічного тиску над лотком-інтенсифікатором; III–III – перетин заміру динамічного тиску під жалюзійним повітророзподільником; IV–IV – перетин заміру динамічного тиску в сепаруючій зоні циліндричного решета.



Середнє значення величин динамічного тиску P_i і розходу повітря Q_i визначаємо з залежностей:

$$\bar{P}_i = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{n} \quad (1)$$

$$\bar{Q}_i = \frac{Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots + Q_n}{n} \quad (2)$$

де n – кількість перетинів заміру.

Отримані значення заносимо в відомості проведення експерименту.

Для проведення однофакторних і багатофакторного експериментальних досліджень повітророзподільного каналу в лабораторних умовах використовувалась штучно виготовлена зернова суміш пшениці визначеного сорту вологістю 13...14 % і загальною засміченістю до 10 %.

Засміченість, її середнє значення прийнято на основі наших досліджень [12,13] і досліджень в умовах півдня України [14].

Склад сторонніх домішок штучно виготовленої зернової суміші представлено у таблиці 1.

Таблиця 1 – Склад зернових і сторонніх домішок штучно виготовленої зернової суміші

Склад зернової суміші	Матеріал	Довжина домішок, l , мм	Ширина домішок, b , мм	Маса, г.
Зерно повноцінне	Зерно	-	-	9000
Подрібнене зерно (впоперек)	Зерно	-	-	200
Подрібнене зерно (вздовж)	Зерно	-	-	200
Крупні домішки	Солома (частки стебл і кошиків)	50	-	100
Крупні домішки	Солома (частки стебл і кошиків)	-	20...25	100
Легкі домішки	Полова (лузга)	-	-	100
Легкі домішки	Солома (частки стебл і кошиків)	1	-	100
Легкі домішки	Солома (частки стебл і кошиків)	2	-	100
Легкі домішки	Солома (частки стебл і кошиків)	10	-	50
Легкі домішки	Солома (частки стебл і кошиків)	20	-	50

Перед початком проведення експериментальних досліджень, штучно виготовлену зернову суміш ретельно перемішували.

Для проведення експериментальних досліджень використовували



лось наступне технологічне та вимірювальне обладнання:

- ваги лабораторні ВЛТК-500 – 1 шт;
- ваги платформенні – 1 шт;
- решета лабораторні – 1 комплект;
- тахометр – 1 шт;
- мікроманометр ММН-240 з трубкою Піто 1- шт.;
- дифманометр МР 200 з трубкою Піто 2- шт.;
- лінійки, шпателі, кисті.

У відповідності до рекомендацій [15], експеримент проводився з 10-ти разовою повторністю. Для кожного з вимірювань, а саме: частоти обертання вентилятора n ; значень динамічного тиску $P_{д0}$ на вході у повітророзподільний пристрій; значень динамічного тиску $P_{д1}$ під лотком-інтенсифікатором; значень динамічного тиску $P_{д2}$ над лотком-інтенсифікатором; значень динамічного тиску $P_{д3}$ в середині повітророзподільника; значень динамічного тиску $P_{д4}$ під жалюзійним повітророзподільником, визначались:

- математичне очікування;

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} \quad (3)$$

де y_i – відповідні значення досліджуваних параметрів $P_{д0}$; $P_{д1}$; $P_{д2}$; $P_{д3}$; $P_{д4}$.

n – кількість повторностей;

- середньоквадратичне відхилення;

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum y_i - \bar{y}}{n-1}} \quad (4)$$

- довірчий інтервал;

$$t = \Delta \times \frac{\sqrt{n}}{\sigma}, \quad (5)$$

де Δ - довірчий інтервал;

При довірчому інтервалі прийнятому в межах $\pm 10\%$, використовуючи таблицю Стюдента-Фішера [15-24] визначався t – критерій. Так, при 10-ти разовій повторності і довірчому критерію $t = 2,26$, надійність у вибраних повторностях складе $P = 0,961$, що більше $P \geq 0,95$.

- коефіцієнт варіації визначався за формулою [17-19];

$$v = \frac{\sigma}{\bar{y}} \times 100\%. \quad (6)$$

Подача зернового матеріалу - ($Q_{з1}$), кг/с; (приведена товщина шару зерна над лотком інтенсифікатором, h , мм., величина робочої щілини жалюзі (b мм.), подача повітряного потоку – Q , м³/с; (частота обертання вентилятора, n , хв.⁻¹) приймається за умови попередніх досліджень і при найбільшій продуктивності. Визначаються області ра-



ціональних значень основних параметрів і режимів роботи сепаруючої складової повітророзподільного пристрою і його жалюзійного повітророзподільника за рахунок:

- кількості жалюзі в жалюзійному повітророзподільнику, шт.;
- кута нахилу рухомої жалюзі в жалюзійному повітророзподільнику, град.;

- довжини рухомої жалюзі жалюзійного повітророзподільника, мм.

Визначаються якісні показники:

- значення динамічного тиску $P_{д4}$ в перетині IV – IV (див. рис.1.), в сепаруючій зоні циліндричного решета;

- втрати повноцінного зерна у відходи, $m'_3 - Y_1 \%$;

- повнота виділення крупних домішок, $m'_{кп} - Y_2 \%$ - (соломисті і бур'яні домішки розмірами: довжиною 50 мм і більше і шириною 20 мм і більше.).

- повнота виділення мілких, повітровідокремлюваних домішок, $m'_{лп} - Y_3 \%$ - (полова, збоїна соломи, т.д.)

Методика проведення дослідження параметрів і режимів роботи сепаруючої складової повітророзподільного пристрою полягає в визначенні плану проведення багатфакторного експерименту.

Для побудови математичної моделі процесу роботи жалюзійного повітророзподільника, сепаруючої складової повітророзподільного пристрою, оцінки ступеню впливу окремих факторів і їх взаємодії на якісні показники, а також пошуку оптимальних значень основних параметрів було обрано повний факторний експеримент типу 2^3 .

План експерименту, фактори і інтервали їх варіювання були обрані по результатам попередніх досліджень і представлено таблицею 2, 3.

Таблиця 2 – Дослідні фактори та рівні їх варіювання при визначенні якісних показників роботи жалюзійного повітророзподільника, сепаруючої складової повітророзподільного пристрою

Інтервал варіювання та рівень факторів	кількість жалюзі, шт.	кут нахилу жалюзі, град.	довжина жалюзі, мм.
Кодове позначення	X_1	X_2	X_3
Нульовий рівень $X_i = 0$	6	40	10
Верхній рівень $X_i = +1$	8	60	15
Нижній рівень $X_i = -1$	4	20	5

Таблиця 3 – План реалізації повного факторного експерименту при $n = 3$

№ п/п	фіктивна змінна	Кодове значення факторів			Чисельне значення факторів		
		x_1	x_2	x_3	Z, шт	ϵ'' , град.	$l_{ж}$, мм.
1	+	+	+	+	8	60	15
2	+	+	+	-	8	60	5
3	+	+	-	+	8	20	15
4	+	+	-	-	8	20	5
5	+	-	+	+	4	60	15
6	+	-	+	-	4	60	5
7	+	-	-	+	4	20	15
8	+	-	-	-	4	20	5

У відповідності до обраного плану експерименту, його рівнів факторів та інтервалів варіювання виконували (рис.2):

- зміною і встановленням кількості рухомих жалюзі в жалюзійному повітророзподільнику, - (x_1), - п, шт.;
- встановленням кута нахилу рухомої жалюзі в жалюзійному повітророзподільнику, - (x_2) - α , град.;
- зміною довжини жалюзі - (x_3) - $l_{ж}$, мм;

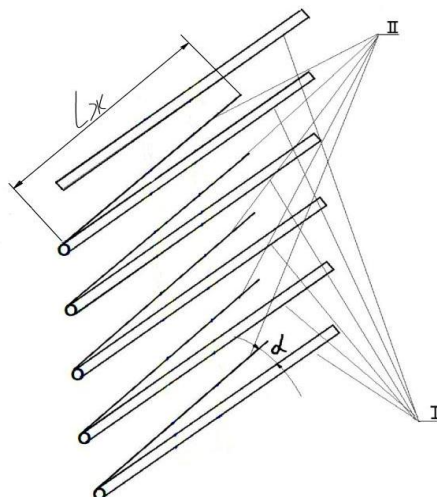


Рис. 2. Нерухомі та рухомі жалюзі повітрярозподільника: I - нерухомі жалюзі, II - рухомі жалюзі, α - кут нахилу рухомої жалюзі до нерухомої, $l_{ж}$ - довжина рухомої жалюзі.

Якість роботи машини попереднього очищення зі замкненою пневматичною системою і її сепаруючої складової повітророзподільного пристрою оцінювалась за критеріями оптимізації:

- втрати повноцінного зерна у відходи, m'_3 - Y_1 %;

$$m'_3 = \frac{m_3}{M} \times 100\%. \quad (7)$$



- де m_3 - маса насіння основної культури у відходах, кг;
 M - маса насіння основної культури у вихідному матеріалі, кг;
 - втрати зернової складової вороху у відходи, $m'_{3+3п}$;

$$m'_{3+3п} = \frac{m_3 + m_{3п}}{M} \times 100\%. \quad (8)$$

де $m_{3п}$ - маса зернових домішок у відходах, кг.

- повнота виділення крупних домішок, $m'_{кп} - Y_2 \%$;

$$m'_{кп} = \frac{\Delta m_{кп}}{m_{кп(50)} + m_{кп(20)}} \times 100\%. \quad (9)$$

де $m_{кп(50)}$ - маса крупних домішок довжиною 50 мм у вихідному матеріалі, кг;

$m_{кп(20)}$ - маса крупних домішок шириною 20 мм у вихідному матеріалі, кг;

$m''_{кп(50)}$ - маса крупних домішок довжиною 50 мм у очищеному матеріалі, кг;

$m''_{кп(20)}$ - маса крупних домішок шириною 20 мм у очищеному матеріалі, кг;

$\Delta m_{кп} = (m_{кп(50)} + m_{кп(20)}) - (m''_{кп(50)} + m''_{кп(20)})$ - маса виділених крупних домішок, кг.

- повнота виділення легких і повітровідокремлюємих домішок, $m'_{лп} - Y_3 \%$;

$$m'_{лп} = \frac{\Delta m_{лп}}{m_{лп(пол)} + m_{лп(l-1)} + m_{лп(l-2)} + m_{лп(l-10)} + m_{лп(l-20)}} \times 100\%, \quad (10)$$

де $m_{лп(пол)}$ - маса полови у вихідному матеріалі, кг;

$m_{лп(l-1)}$ - маса соломи довжиною 1 мм у вихідному матеріалі, кг;

$m_{лп(l-2)}$ - маса соломи довжиною 2 мм у вихідному матеріалі, кг;

$m_{лп(l-10)}$ - маса соломи довжиною 10 мм у вихідному матеріалі, кг;

$m_{лп(l-20)}$ - маса соломи довжиною 20 мм у вихідному матеріалі, кг;

$m''_{лп(пол)}$ - маса полови у очищеному матеріалі, кг;

$m''_{лп(l-1)}$ - маса соломи довжиною 1 мм у очищеному матеріалі, кг;

$m''_{лп(l-2)}$ - маса соломи довжиною 2 мм у очищеному матеріалі, кг;

$m''_{лп(l-10)}$ - маса соломи довжиною 10 мм у очищеному матеріалі, кг;

$m''_{лп(l-20)}$ - маса соломи довжиною 20 мм у очищеному матеріалі, кг;

Маса виділених легких домішок, кг визначається за формулою

$$\Delta m_{лп} = (m_{лп(пол.)} + m_{лп(l-1)} + m_{лп(l-2)} + m_{лп(l-10)} + m_{лп(l-20)}) - (m''_{лп(пол.)} + m''_{лп(l-1)} + m''_{лп(l-2)} + m''_{лп(l-10)} + m''_{лп(l-20)})$$

Оцінки ефективності технологічного процесу при реалізації багатofакторного експерименту дозволяє отримати математичну модель дослідного об'єкту у вигляді рівняння множинної регресії



$$Y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{123}x_1x_2x_3, \quad (11)$$

де b_0 – вільний член;

b_i – коефіцієнти рівняння множинної регресії;

Методика постановки повного факторного експерименту та аналіз рівняння множинної регресії для оцінки точності експерименту для кожної i -ї точки факторного простору, а також для кожної взаємодії рівнів факторів проводимо - 3 (три) досліди (i) із 3 (триразовою) повторністю (n). Для виключення систематичних помилок за рахунок неконтрольованих факторів, впливу зовнішньої середи, проводимо рандомізацію дослідів.

В результаті отримуємо значення $Y_{i1}, Y_{i2}, \dots, Y_{in}$ досліджуваного параметра, для яких знаходимо середнє значення:

$$\bar{y}_{i1} = \frac{\sum_{j=1}^n y_{ij}}{n} \quad (12)$$

де Y_i - дослідний фактор, (критерій оптимізації);

i - номер фактора;

j - номер паралельного дослідів;

n – число паралельних дослідів (повторність).

Визначаємо значення коефіцієнтів рівняння множинної регресії;

$$b_0 = \frac{\sum_{j=1}^n x_i \cdot \bar{y}_j}{n} \quad (13)$$

$$b_i = \frac{\sum_{j=1}^n x_i \cdot \bar{y}_i}{n} \quad (14)$$

$$b_n = \frac{\sum_{j=1}^n x_i \cdot x_n \cdot \bar{y}_j}{n} \quad (15)$$

Аналіз рівняння множинної регресії для оцінки точності експерименту виконуємо в послідовності [15-24]:

Дослід вважаємо відтворюваним, якщо дисперсія Du_i вихідного параметра Y_i однорідна в кожній точці факторного простору. Оцінка Su_i дисперсії Du_i визначаємо за формулою [17-19]:

$$S_{y_i}^2 = \frac{\sum_{j=1}^n (y_{ij} - \bar{y}_i)^2}{n - 1} \quad (16)$$

$$G_p = \frac{\max S_{y_i}^2}{\sum_{i=1}^n S_{y_i}^2} \quad (17)$$

Гіпотезу однорідності дисперсій перевіряємо за допомогою критерію Кохрена (17), а його критичне значення $G_{кр}$ знаходимо з таблиці розподілу Кохрена по числу ступенів свободи чисельника $f = K-1$, знаменника $f = N$ і рівню значимості q [15-24]. Якщо $G_p < G_{кр}$,



гіпотеза про однорідність дисперсій приймається, в іншому випадку - відкидається, і тоді експеримент необхідно повторити, змінивши умови його проведення.

Виконуємо перевірку значимості коефіцієнтів рівняння регресії [15-24]:

Гіпотезу про статистичну значимість коефіцієнтів регресії перевіряємо за критерієм Стюдента (t_p) із залежності:

$$t_p = \frac{|b_i|}{S_b}. \quad (18)$$

де S_b - стандартна помилка оцінки коефіцієнта,

$$S_b = \frac{S_y}{N}. \quad (19)$$

де N - загальне число незалежних експериментів:

$$S_y^2 = \frac{\sum_{j=1}^N S_y}{N}. \quad (20)$$

Перевірку гіпотези про адекватність математичної моделі виконуємо на порівнянні двох дисперсій:

1- дисперсію неадекватності, що залежить від різниці між значеннями Y_{ip} , розрахованими по математичній моделі, та за експериментальними результатами Y_{ij} :

$$S_a^2 = \frac{\sum_{j=1}^N \sum_{t=1}^K (y_{jp} - y_{ft})^2}{K(N - L)}. \quad (21)$$

або

$$S_a^2 = \frac{\sum_{j=1}^N (y_{jp} - y_f)^2}{(N - L)}. \quad (22)$$

де L - число значущих коефіцієнтів досліджуваного рівняння регресії, не враховуючи b_0 ;

K – кількість значимих коефіцієнтів;

2 - дисперсія неоднорідності, що характеризує похибки спостереження

$$S_y^2 = \frac{\sum_{j=1}^N S_y^2}{N}. \quad (23)$$

Отже, адекватність математичної моделі перевіряється по F - критерію Фішера [15-24]. Його розрахункове значення знаходять як частку від ділення оцінки дисперсії неадекватності на оцінку дисперсії одиничного спостереження



$$F_p = \frac{S_a^2}{S_y^2} \quad (24)$$

причому $S_a^2 > S_y^2$. Отже, якщо ця умова не виконується, їх потрібно поміняти місцями.

Критичне значення $F_{кр}$ знаходимо з таблиці розподілу Фішера по числу ступенів свободи чисельника $f = K(N-L)$, знаменника $f = N(K-1)$ і рівнем значності q [15-24]. Якщо $F_p > F_{кр}$ гіпотезу про адекватність відхиляємо.

Висновки.

1. Визначено робочі перетини заміру динамічного тиску у пневмосистемі машини.
2. Обґрунтовано склад зернових і сторонніх домішок штучно виготовленої зернової суміші.
3. Визначено склад основних параметрів, режимів роботи жалюзійного повітророзподільника та критерії оцінки якості роботи машини.
4. Складено план багатофакторного експерименту, та статистичної обробки результатів дослідів.

Література

1. *Стороженко В. Я.* Реактори об'ємного типу з перемішувальними пристроями (розрахунок та конструювання): навч. посіб. / В. Я. Стороженко, В. А. Смирнов. - Суми : СумДУ, 2011. - 283 с. - (Гриф МОН).
2. *Склабінський В.І.* Технологічні основи нафто - та газопереробки: навчальний посібник / В.І.Склабінський, О.О.Ляпощенко, А.Є.Артюхов. – Суми: Сумський державний університет, 2011. – 187 с., - (Гриф МОН).
3. *Космовский Ю.А.* Сравнительные исследования сепарации семян в воздушном потоке и в псевдоожиженном слое для целей селекции семеноводства: Ю.А. Космовский. Автореф. дис. ... канд. техн. наук : / ВИМ. – М., 1975. – 27 с
4. *Богуславский, Н. М.* Псевдоожижение в химической технологии [Текст]: (Крат. очерк науч.-исслед. работ и процессов в псевдоожиженном слое) / Н.М. Богуславский, Т.Х. Мелик-Ахназаров; Гос. науч.- исслед. ин-т науч. и техн. информации; - М.: 1960. - 97 с.
5. *Тодес О.М.* Аппараты с кипящим зернистым слоем./ О.М. Тодес, О.Б. Цитовичю.- Л.: Химия, 1981. - 296 с.
6. *Жемела Г.П.* Технологія зберігання і переробки продукції рослинництва /: Підручник / Г.П. Жемела, В.І. Шемавньов, О.М. Олексюк. – Полтава: РВВ "TERRA", 2003. – 420 с. – На укр. яз. – ISBN 5-



84040-091-2 : 45.00.

7. ГОСТ 8.361-79 Государственная система обеспечения единства измерений. Расход жидкости и газа. Методика выполнения измерений по скорости в одной точке сечения трубы М. Изд-во стандартов, 1979, - 16 с.
8. ГОСТ 12.3.018 - 79 Государственная система обеспечения единства измерений. Методы аэродинамических испытаний. М. Изд-во стандартов, 1979, - 10 с.
9. *Веселов С.А.* Практикум по вентиляторным установкам./ *С.А. Веселов* -2-е изд. перераб. и доп. - М.: Колос,1982, - 255 с.
10. ОСТ 70.10.2-83. Зерноочистительные машины, агрегаты, зерноочистительно -сушильные комплексы. Программа и методы испытаний. - М., 1984.- 172 с.
11. ГОСТ 17.2.4.06-90 Государственная система обеспечения единства измерений. Охрана природы. Атмосфера. Методы определения скорости и расхода газопылевых потоков, отходящих от стационарных источников загрязнения М. Изд-во стандартов, 1990, - 12 с.
12. *Михайлов Є. В.* Аналіз результатів статистичних характеристик зернового вороху / *Є. В. Михайлов, О. О. Білокопитов* // Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь, 2012. – Вип. 2, т. 3. - С. 57-64.
13. *Михайлов Е. В.* Анализ результатов статистических характеристик зернового вороха / *Е.В. Михайлов, А. А. Белокопытов* // Научно-технический прогресс в сельском хозяйстве: Международная научно-техническая конференция 10-11 октября.2012г. в 3-х томах т.2. : НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства. – Минск, 2012. с. 278-286.
14. *Михайлов Є.В.* Післязбиральна обробка зерна у господарствах півдня України / *Є.В. Михайлов.* - Мелітополь: Люкс. 2012. 214 с. (монографія)
15. РТМ. 23.2.36-73. Основы планирования эксперимента в сельскохозяйственных машинах.- М.: ВИСХОМ. 1973,- 116 с.
16. *Адлер Ю.П.* Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / *Ю.П. Адлер, Е.В. Маркова, Ю.В. Грановский* ;,М.: Наука, 1976. - 280 с.
17. *Красовский Г.И.* Планирование эксперимента./ *Г.И. Красовский, Г.Ф. Филаретов*: - Минск,: Изд-во Б17, 1982. -302 с.
18. *Мельников С.В.* и др. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / *С.В.Мельников, В.Р. Алешкин, П.М. Рощин* -Л.: Колос, 1980. -168с.
19. *Джонсон Н.* Статистика и планирование эксперимента в технике и науке. Методы планирования эксперимента/ *Н. Джонсон, Ф. Лион.* Пер. с англ. — М.: Мир, 1981. —520 с.



20. *Лежнюк П.Д.*, Основи теорії планування експерименту. Лабораторний практикум // *П.Д. Лежнюк, А.Е.Рубаненко, Ю.В. Лукьяненко.* - учб. посібник. Вінниця: ВНТУ, 2006. - 167 с.
21. Методология планирования эксперимента : методические указания к лабораторным работам / сост. *Т. П. Абомелик.* – Ульяновск : УлГТУ, 2011 – 38 с.
22. *Яворский В.А.* Планирование научного эксперимента и обработка экспериментальных данных. Методические указания к лабораторным работам. // *В.А. Яворский.*: М. 2006. - 45 с.
23. *Єгоршин О.О.* Математичне планування польових дослідів та статистична обробка експериментальних даних / *О.О. Єгоршин Лісовий М.В.*- Харків 2005, - 192 с.
24. ОСТ 70.10.2-83. Зерноочистительные машины, агрегаты, зерноочистительно -сушильные комплексы. Программа и методы испытаний. - М., 1984.- 172 с.

**МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАЧЕСТВЕННЫХ
ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ СЕПАРИРУЮЩЕЙ
СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО
УСТРОЙСТВА МАШИНЫ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ
ОЧИСТКИ ЗЕРНА**

А.А. Белокопытов, Н.А. Задосная

Аннотация - в работе представлена методика определения качественных показателей в пневмосистеме машины предварительной очистки зерна на сепарирующей составляющей воздухо-распределительного канала

**METHODOLOGY FOR DETERMINING QUALITY
INDICATORS OF WORK OF SEPARATING AIR DIFFUSERS
COMPONENT MACHINES PRE-CLEANING GRAIN**

A. Belokopytov, N. Zadosnaya

Summary

The paper presents a method of determining the quality indicators in the pneumatic system of the machine pre-cleaning of grain for separating part of the air distribution channel.



УДК 631.312.021.4.001

ГЕОМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВЗАЄМОДІЇ ПОВЕРХНІ ГРУНТООБРОБНОГО РОБОЧОГО ОРГАНУ З ГРУНТОМ

Тищенко С.С., д. т. н.,

Швайко В.М. к. ф.-м. н.,

Гурідова В.О. інженер

Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет

(050) 922-92-29

Анотація – розглянуто зміни поверхонь ґрунтообробних робочих органів, які відбуваються в процесі взаємодії робочого органу з ґрунтом внаслідок тертя між робочим органом та ґрунтом. Перехід до зміненої поверхні відбувається виключенням кута тертя, що переводить фрикційний клин у антифрикційний.

Ключові слова – ґрунтообробна, поверхні, робочі органи, напямні криві, кут тертя.

Постановка проблеми. Невід’ємним фактором взаємодії будь-якого матеріалу з робочим органом є тертя. Однак ця взаємодія криється від нашого зору. Наприклад, при проектуванні поверхні ґрунтообробного робочого органу [1,4] ми урахуємо кут тертя між робочим органом та ґрунтом. В результаті проектування ми отримаємо візуальне зображення поверхні на папері або на екрані комп’ютера. При взаємодії робочого органу з ґрунтом його робоча поверхня буде змінюватись внаслідок впливу тертя і сама поверхня буде мати зовсім інший вигляд. Візуалізація такої поверхні, тобто її наочне зображення, дуже важливе, так як допомагає накопичувати досвід у проектуванні робочих органів. Таким чином, розробка методів перетворення поверхонь під впливом тертя і їх візуалізація є важливою проблемою.

Аналіз останніх досліджень. Аналізу роботи робочих органів присвячена достатньо широка література, однак вся вона досліджує їх енергетику, а якщо досліджується сама поверхня, то увага приділяється в першу чергу геометричним параметрам. Наприклад у [5,10] аналізується за допомогою нормалей дія поверхні ґрунтообробного робочого органу на скибу ґрунту, праця [8] присвячена побудові скиби ґрунту після сходу з робочого органу, у праці [9] вивчаються виключно динамічні властивості робочих органів. Таким чином, сучасні методи дослідження робочих органів присвячені або геометричним

параметрам поверхні або їх енергоємності і не дозволяють будувати робочі поверхні, яка змінюються за рахунок тертя.

Формулювання цілей статті. У роботі розглядається застосування антифрикційного клину для візуалізації поверхні робочого органу з урахуванням кута тертя між матеріалом та робочим органом.

Основна частина. В своїх працях академік В.П. Горячкін [3] запропонував замінювати фрикційний клин з робочим кутом α на антифрикційний, коли робочий кут α_1 є сумою робочого кута α та кута тертя φ : $\alpha_1 = \alpha + \varphi$. Таким чином, якщо ми маємо криву лінію, наприклад, напрямну поличної поверхні плугу, то за допомогою антифрикційного клину можемо побудувати антифрикційну криву, яка дасть змогу побачити, яка крива взаємодіє з матеріалом та дослідити її.

Для того щоб побудувати антифрикційну криву потрібно в кожній точці фрикційної кривої визначити кут нахилу дотичної як суму двох кутів

$$\alpha_1 = \alpha + \varphi, \quad (1)$$

де α - кут нахилу дотичної в деякій точці фрикційної кривої;

φ - кут тертя між матеріалом то робочим органом.

Для того щоб знайти кут нахилу дотичної до фрикційної кривої потрібно мати її аналітичний опис, що на практиці майже не буває. Всі криві, які утворюються при перерізі поверхонь робочих органів, задаються таблично, тобто координатами точок $m(x_i, y_i)$ де $i = 1, \dots, n$. Для опису кривої між точками i та $i+1$, які називаються вузлами, застосуємо сплайн третього порядку [6]:

$$y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3. \quad (2)$$

Кут нахилу дотичної фрикційної кривої, яка визначається сплайном (2) буде визначатись першою похідною

$$\operatorname{tg} \alpha = y' = a_1 + 2a_2x + 3a_3x^2.$$

Одночасно запишемо позначення коефіцієнта тертя матеріалу по робочому органу

$$f = \operatorname{tg} \varphi.$$

Перша похідна, тобто кут нахилу дотичної, антифрикційної кривої у будь-якій точці з урахуванням антифрикційного клину (1) буде визначатися тангенсом суми кутів:

$$\Phi' = \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) = \frac{\operatorname{tg} \varphi + \operatorname{tg} \alpha}{1 - \operatorname{tg} \varphi \cdot \operatorname{tg} \alpha} = \frac{f + y'}{1 - f \cdot y'}. \quad (3)$$

Продиференціюємо сплайн (1) та підставимо отриманий вираз у (3) і одержимо першу похідну антифрикційної кривої:

$$\Phi' = \frac{d\Phi}{dx} = \frac{(f + a_1) + 2a_2x + 3a_3x^2}{(1 - f \cdot a_1) - 2a_2x - 3a_3x^2}. \quad (4)$$

Для визначення коефіцієнтів поліному (2) введемо величину

$$\tilde{\Delta} = (x_0 - x_1)^3.$$

Тоді коефіцієнти поліному (2) будуть визначатись таким чином:

$$\tilde{\Delta} \cdot a_3 = 2(y_1 - y_0) + (y_1' + y_0')(x_0 - x_1);$$

$$\tilde{\Delta} \cdot a_2 = 3(x_0 + x_1)(y_1 - y_0) - (x_0 - x_1) \left[(x_0 + x_1)(y_0' + y_1') + x_0 \cdot y_1' + x_1 \cdot y_0' \right];$$

$$\tilde{\Delta} \cdot a_1 = x_0^3 \cdot y_1' + x_0 \cdot x_1 \left[6(y_1 - y_0) + y_0'(2x_0 + x_1) - y_1'(2x_1 - x_0) \right] - x_1^3 \cdot y_0';$$

$$\tilde{\Delta} \cdot a_0 = x_0^3 \left(y_1 - x_1 \cdot y_1' \right) - x_1^3 \left(y_0 - x_0 \cdot y_0' \right) - x_0 \cdot x_1 \left[x_0 \cdot x_1 (y_0' - y_1') + 3(x_0 \cdot y_1 - x_1 \cdot y_0) \right],$$

де для скорочення індекс «0» відповідає точці i , а індекс «1» - точці $i+1$.

Антифрикційна крива буде одержана інтегруванням функції (4):

$$\Phi(x) = \frac{1}{f} \left\{ \begin{array}{l} x + \frac{1+f^2}{\sqrt{-\Delta}} \arctg \left[\frac{f(a_2 + 3a_3 \cdot x)}{\sqrt{-\Delta}} \right], \Delta < 0, \\ x - \frac{1+f^2}{\sqrt{+\Delta}} \operatorname{Arth} \left[\frac{f(a_2 + 3a_3 \cdot x)}{\sqrt{+\Delta}} \right], \Delta > 0, \\ x - \frac{1+f^2}{f(a_2 + 3a_3 \cdot x)}, \Delta = 0. \end{array} \right\} + C_0, \quad (5)$$

$$\text{де } \Delta = f \left[3a_3(1 - f \cdot a_1) + f \cdot a_2^2 \right].$$

Постійною інтегрування C_0 визначається кутом нахилу дотичної до антифрикційної кривої у точці i .

Взагалі коефіцієнти сплайну (2) можуть варіювати у широких значеннях, тому антифрикційна крива у деяких випадках буде визначатись виразом, який відрізняється від (5). Для цього дослідимо поведінку антифрикційної кривої (5) при різних значеннях коефіцієнтів a_2 та a_3 . Результатами дослідження є такі вирази:

– при $a_2 \neq 0$ та $a_3 = 0$ будемо мати

$$\Phi(x) = -\frac{1}{f} \left\{ x + \frac{1+f^2}{2 \cdot f \cdot a_2} \ln \left[(1 - f \cdot a_1) - 2 \cdot f \cdot a_2 \cdot x \right] \right\} + C_0;$$

– при $a_2 = 0$ та $a_3 = 0$ будемо мати

$$\Phi(x) = \frac{1+a_1}{1-f \cdot a_1} \cdot x + C_0.$$



– при $\Delta > 0$ будемо мати

$$\Phi(x) = -\frac{1}{f} \left\{ x + \frac{1}{2} \cdot \frac{1+f^2}{\sqrt{+\Delta}} \ln \left[\frac{f(a_2 + 3a_3x) - \sqrt{+\Delta}}{f(a_2 + 3a_3x) + \sqrt{+\Delta}} \right] \right\}.$$

Приведений алгоритм побудови антифрикційної кривої було застосовано для 4-го шаблону гвинтової полиці корпусу плугу КОВ.01.000. Для визначення коефіцієнтів сплайнів окрім вузлів потрібно задати кути нахилу дотичної. В таблиці 1 наведено координати точок шаблону та кути нахилу дотичної, а на рисунку 1 наведено фрикційну та антифрикційну криві. При розрахунках у якості аргументу була прийнята координата z , а функції - x , кут тертя прийнятий $\varphi = 23^\circ$, що відповідає коефіцієнту тертя $f = 0,424$ [7]. Як видно з рисунку, кривина антифрикційної кривої значно більша, ніж фрикційної, до того ж ця кривина направлена у напрямку руху робочого органу. Таким чином, виключивши тертя, ми маємо змогу наочно бачити яка крива насамперед взаємодіє з ґрунтом.

Таблиця 1 - Вихідні дані до розрахунку антифрикційної кривої.

№ вузла	Z, мм	X, мм	Кут α_i нахилу дотичної у точці i , град
1	0	0	60
2	35	58	58
3	50	82	56
4	75	117	52
5	100	145,5	45
6	125	169	41
7	150	187	35
8	175	204,5	33
9	200	220,5	31
10	225	232	29
11	250	244	27
12	275	256	26
13	300	269	24
14	325	280	23

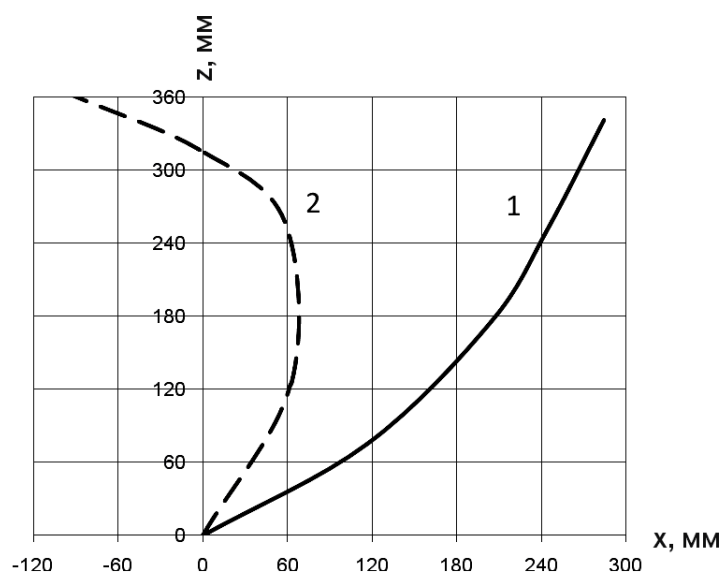


Рис. 1. Побудова антифрикційної кривої:
1 – фрикційна крива; 2 – антифрикційна крива.

Висновки. Заміна фрикційного клину антифрикційним, виключаючи тертя між робочим органом та матеріалом, дає змогу наочно побачити ту форму, яку має робочий орган, взаємодіючи з матеріалом. Побудова нормалей до антифрикційної кривої дозволяє виявити дію робочого органу на ґрунт.

Література

1. Бурченко П.Н. К расчету развертывающейся лемешно - отвальной поверхности корпуса плуга / П.Н Бурченко /Параметры перспективных почво-обрабатывающих рабочих органов // Труды ВИМ. – М. - 1981. - Т. 50 – 200 с.
2. Войтюк Д.Г., Пилипака С.Ф. Конструювання лінійчатої поверхні за розрахунковою траєкторією руху матеріальної частинки по ній / Д.Г. Войтюк, С.Ф. Пилипака // Науковий вісник НАУ. – К. 2002. - Вип.49. - С. 68–74.
3. Горячкин В.П. Собрание сочинений / В. П. Горячкин – М.: Колос. – 1968. – Т. 1. – С. 276-289.
4. Гячев Л.В. Способ проектирования развертывающихся рабочих поверхностей плужных корпусов по заданной теоретической траектории частицы пласта / Л.В. Гячев// Земледельческая механика. Труды ВАСХНИЛ. – М. - 1965. – Т. 5. – С. 348–375.
5. Медетов Ш.С. Анализ автоматизированных методов исследования и конструирования отвально-лемешных поверхностей / Ш.С. Медетов, Б. К., Когублевский //Автоматизация проектирования сельскохозяйственной техники. Труды ВИСХОМ. – М. - 1986. – С. 95–101.



6. Медетов Ш.С. Применение полиномиальных сплайнов в конструировании лемешно-отвальной поверхности // Ш.С. Медетов // Автоматизация проектирования сельскохозяйственной техники. Труды ВИСХОМ. – М. - 1986. – С. 70–75.
7. Панченко А.Н. Теория измельчения почв почвообрабатывающими орудиями / А.Н. Панченко. – Днепропетровск: ДГАУ, 1999. – 140 с.
8. Тировака С. Опит за съставяне модел (аналитичен и графичен) за раздробяването на почвата след обработката с различни органи / С. Тировака // Висш. Сельскостоп. Инст. “В. Коларов”. – Пловдив. - 1905. – Т. 28. - Кн. 4. – С. 185–191.
9. Тищенко С.С. Изучение динамических характеристик отвальных рабочих органов почвообрабатывающих машин/ С.С. Тищенко, В.А. Дубровін // Ekologiczne aspekty mechanizacji produkcji roslinney. – Warszawa, - 2002. – S. 385–389.
10. Трухина В.Д. Моделирование и анализ линейчатых технических поверхностей / В. Д. Трухина. – Барнаул. - 1996. – 65 с.

ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПОВЕРХНОСТИ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО РАБОЧЕГО ОРГАНА С ПОЧВОЙ

С.С. Тищенко, В.М. Швайко, В.О. Гудирова

Аннотация – рассмотрено изменения поверхностей почвообрабатывающих рабочих органов, происходящие в процессе взаимодействия рабочего органа с почвой вследствие трения между рабочим органом и почвой. Переход к измененной поверхности происходит вследствие изменения угла трения, который превращает фрикционный клин в антифрикционный

GEOMETRIC MODELING OF THE INTERACTION SURFACES TILLAGE WORKING ORGANS WITH THE SOIL

S. Tichenko, V. Shvajko, V. Guridova

Summary

Considered modification of surfaces tillage working organs, which are formed in the process interaction of the working organs with the soil, as a result the friction between them. Transition to the changing surface is the result removal the friction angle, so that the friction wedge is transformed into anti-friction.



УДК 631.472.7:631.53.01

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЕЯЛОК ЗА СЧЕТ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ВЫСЕВА СЕМЯН

Морозов И.В. д.т.н.,

Морозов В.И. к.э.н.,

Ольховский Э.В., магистрант

Синегуб В.В., магистрант

Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени Петра Василенко

Тел.: +380(57)732-38-45

Аннотация – в статье представлены сведения по усовершенствованию высева семян сельскохозяйственных культур, что повышает эффективность технологического процесса сеялок.

Ключевые слова – сеялка, усовершенствование, технологический процесс.

Постановка проблемы. Посев занимает ведущее место в системе агротехнических мероприятий. От его проведения зависит качество всходов, рост и урожай. Высокая всхожесть - не только борьба за нормальный расход посевного материала, это в то же время борьба за здоровые, ровные и сильные растения, вырастающие из данных семян.

Любое воздействие на почву, в том числе и посев, это, прежде всего, средство изменения ее плотности. В данном случае плотности посевного слоя почвы. Изменение плотности в свою очередь отражается на всем комплексе физических условий: на ее водном, воздушном и тепловом режимах и, следовательно, на условиях биологической активности.

Плотность – это характеристика почвы, с которой функционально связаны почти все ее физические параметры. Плотность является функцией структуры и микроструктуры, механического состава почвы, содержания в ней гумуса и т. д.

Проблема уплотнения почвы значительно сложнее процесса прикатывания, которое почти всегда полезно для всходов.

Анализ исследований. По мнению А.В. Дружченко [1] увеличение полевой всхожести при уплотнении почвы происходит за счет улучшения гидротермического режима, контакта семян с почвой, что



приводит к быстрому набуханию семян и к сокращению периода «посев - всходы».

Правда, влияние уплотнения на водный режим почвы благоприятно оказывается только при ее низкой влажности. Так, по данным А.В. Дружченко при влажности почвы ниже 20-22 % уплотнение способствует сохранению влаги при засухе. Если же количество влаги в почве выше 23-25% уплотнение снижает влажность посевного слоя.

Влиянию плотности почвы на рост, развитие и урожай сельскохозяйственных культур в специальной литературе посвящено много исследований. Этому вопросу уделяется внимание более двух столетий.

В 1742 году В.Н. Татищев, а также Ф.Е. Колясев и М.А. Бельская [2] в своих записях по сельскому хозяйству отмечал полезность некоторого уплотнения почвы.

Русский хозяин-практик Ф.Майер и Д.К.Носов [3] в 1851 г. в своих статьях о прикатывании почвы показали, что применение катков при посеве яровых является необходимым мероприятием для скорейшего уплотнения почвы, что безусловно имеет большое значение при посеве.

И.У. Палимпсестов [4] дал всестороннюю оценку различной подготовки почвы к посеву. Он указывал, что почва для посева должна быть подготовлена так, чтобы она после сева имела определенную плотность. Уплотнение необходимо, как для правильного прорастания зерен, так и для успешного роста растений. Однако он же предупреждал, что пользоваться катком надо умело. И.У. Палимпсестов был первым ученым, который писал о необходимости знать величину оптимальной плотности почвы. По его мнению: «Тайна обработки земли заключается в довольно странной комбинации. Земля должна быть обработана так, чтобы была рыхла, но вместе с тем и плотна».

Работы названных ученых проводились в разное время, в различных почвенно-климатических условиях, с разными сельскохозяйственными культурами. И в этих работах не достает рекомендаций по количественным оптимальным параметрам плотности почвы.

Плотность почвы является характеристикой почвенно-зональной, она зависит от содержания гумуса в почве, механического состава и ее структуры.

Из анализа литературных данных выявлены различия в требованиях отдельных культур к плотности почвы.

Вопрос влияния уплотнения на влажность почвы, освещен в работах занимались многие ученые [5-8]. Не многие исследователи обращают внимание на то, что существенное влияние на прорастание и развитие культурных растений оказывает не только плотность почвы, но и ее структурное состояние.



По данным [9, 10] мелкокомковатая почва (размером 0,25-5 мм) просыхает очень медленно и защищает от высыхания нижележащие слои, а крупнозернистая почва (размером 20 мм и более) усиливает потери влаги.

Ю.И. Ковтун отмечает, что семенной слой должен обеспечивать начало прорастания всех жизнеспособных семян. Корешковый должен обеспечивать приток влаги к семенному слою и при этом быть оптимальным для роста корешка. Ростковый слой должен предохранять семенной слой от высыхания.

По данным этих исследований одним из основных почвенных факторов всхожести семян являются: для семенного слоя – влажность, для корешкового – влажность и плотность, для росткового – структурный состав.

Подход исследователей к дифференциации посевного горизонта является новым направлением в агрономической науке и на наш взгляд является перспективным. Это и является основанием для совершенствования заделывающих рабочих органов сеялок.

Необходимо заметить, что автор делает свои заключения в основном базирующиеся на исследовании посева сахарной свеклы. Но по нашим наблюдениям и с учетом литературных данных, основной подход к формированию семенного горизонта в работе Ю.И. Ковтуна с некоторыми поправками могут быть использованы для обоснования параметров и создания заделывающих рабочих органов зерновых сеялок.

Структура почвы является одним из главнейших факторов ее плодородия. В почве с заданной структурой создаются оптимальные условия водного, воздушного и теплового режимов, что, в свою очередь, обуславливает развитие микробиологической деятельности, мобилизацию и доступность питательных веществ для растений.

Борьба за структуру (в агрономическом смысле) в пахотном слое борьба за повышение урожая сельскохозяйственных культур.

Изложение основного материала. Под структурой почвы понимают совокупность отдельных, или агрегатов, различных по величине, форме, прочности и связности.

Способность почвы распадаться на структурные отдельные, или агрегаты, называют ее структурностью.

Агрономически ценной является только такая структура, которая обеспечивает плодородие почвы. Оптимальные условия водного и воздушного режимов создаются в почвах с мелкокомковатой и зернистой структурой.

Агрономически ценной считается водопрочная с высоко порозностью структура, создание которой и является задачей агротехниче-



ских приемов и мероприятий, направленных на оструктурирование почвы.

Наши исследования существующих сошников при последующем обосновании их параметров, их синтез в требуемом сочетании и с учетом использования позволили создать семейство сошников для зерновых сеялок: наральниковых (анкерных и килевидных), дисковых и анкерно-дисковых, включающих комбинированные, универсальные, узкорядные, противозерозийные для подсева изреженных всходов (около 10 разновидностей), которые защищены авторскими свидетельствами [11-20].

Разработаны заделывающие рабочие органы нового поколения, реализующие научные рекомендации агрофизиков и ученых-агрономов сорокалетней давности, создающие оптимальные условия для прорастания семян и развития культурных растений путем формирования многоуровневого посевного слоя почвы с улучшенными ее параметрами по плотности, структуре и влажности, применение которых увеличивает урожай до 2,65 ц/га [21].

С целью улучшения качества работы сошников за счет уплотнения почвы в семенном почвенном слое нами предложено ввести в конструкцию сошника уплотнитель-сепаратор почвы. Эти дополнительные элементы крепятся к сошнику сзади. Уплотнитель ставится с целью уплотнения почвы над семенами, что способствует лучшему контакту семян с почвой, а следовательно и более дружным всходам, а также увеличивает сопротивляемость почвы ветровой эрозии [22].

Уплотнитель-сепаратор выполняет функцию уплотнителя и кроме этого еще производит сепарацию поверхностного слоя почвы с целью оставления на поверхности поля более крупных, противозерозийно устойчивых почвенных частиц.

Уплотнение почвы в оптимальных пределах заметно улучшает условия прорастания семян и развития культурных растений, что в итоге оказывает положительное влияние на урожайность.

Благодаря уплотнению почвы в зоне распределения семян всходы получают более ранние и дружные, и способствуют сопротивлению эрозии почвы и повышению урожая.

Уплотнитель-сепаратор почвы не только создает лучшие условия для прорастания семян, но, как показали наши исследования, работает как стабилизатор движения сошника в продольно-вертикальной плоскости.

На эрозионно-опасных почвах следует применять дисковые и наральниковые сошники с уплотнителями-сепараторами поверхностного слоя почвы, что обеспечит повышенную равномерность распределения семян как по площади, так и глубине и защитит почву от ветровой эрозии.



Нами предложено новое положение процесса бороздообразования и осыпания почвы благодаря созданию сошника с комбинированным наральником, в результате работы которого верхний сухой почвенный слой отбрасывается в стороны, а во влажном нижнем формируется ложе для семян с оптимальными параметрами по плотности, структуре и влажности, что создает благоприятные условия для прорастания семян и развития культурных растений. При этом вертикальные составляющие реакций почвы, приложенные к обеим частям наральника направлены в противоположные стороны, благодаря чему сошник более устойчиво движется в продольно-вертикальной плоскости, что обеспечивает достаточную равномерность распределения семян по глубине. При этом коэффициент вариации продольной неравномерности распределения семян в рядке снижается на 3-11%, а по глубине – на 17-38%.

Усовершенствование формы обреза щек сошников в виде вырезов угловой формы обеспечивает сначала расположение семян на дне бороздки, а затем осыпание почвы через вырезы и их заделку на заданную глубину влажной почвой. Применение такого сошника исключает образование подсошниковой наклонной поверхности и способствует расположению семян на дне бороздки. Это позволило ликвидировать традиционный технологический недостаток анкерных и килевидных сошников и улучшить равномерность распределения семян (коэффициент вариации продольной неравномерности снижен на 20-25%, поперечной – на 10-15%, по глубине – на 5-17%).

Всходы появляются более дружно на 2-3 дня раньше по сравнению с серийными рабочими органами.

Выводы. При создании новых и усовершенствовании существующих заделывающих рабочих органов сеялок необходимо учитывать, что эти рабочие органы должны формировать трех уровневый посевной слой: семенной, корешковый и ростковый, что повышает эффективность технологического процесса сева сельскохозяйственных культур.

Литература

1. Кулешов Н.Н. Пути к высокой всхожести. / Н.Н. Кулешов. - (Иркутск). Вост. – сиб. краевое издательство, 1936. – с. 43-46.
2. Кулешов Н.Н. Агрономическое семеноведение / Н.Н. Кулешов. - М., 1963. – 26 с.
3. Бахтин П.У. Физико-механические и технологические свойства почвы / П.У.Бахтин. – М., 1971. – 126с.
4. Бахтин П.У. Проблемы обработки почвы / Бахтин П.У. – М., 1969. – 54 с.



5. *Дружченко А.В.* Влияние плотности посевного слоя почвы на ее физические свойства, рост растений и урожай полевых культур на мощном тяжелосуглинистом черноземе Харьковской области: автореферат дис...к-та техн. наук / *А.В. Дружченко*. - Харьков. 1968. – 21 с.
6. *Синельников Ю.И.* Об агрономическом значении почвенной плотности / *Ю.И. Синельников* // Почвоведение, 1954. № 11. – с. 3-6.
7. *Буров Д.И.* Роль структуры и строения почвы в защите воды от испарения в условиях Заволжья / *Д.И. Буров*. - М. – 127с.
8. *Ковтун Ю.И.* Исследование и разработка агротехнических основ создания и совершенствования свекловичных сеялок точного высева: дис...к-та техн. наук / *Ковтун Ю.И.* - Белая Церковь, 1970. – 21с.
9. *Королев И.Т.* Посев сахарной свеклы / *И.Т. Королев*. 1938. – 151с.
10. *Куцурубa Н.В.* Исследование и совершенствование основных технологических процессов возделывания сахарной свеклы в лесостепной зоне УССР: дис...к-та техн. наук / *Н.В. Куцурубa*. – К., 1965. – с. 17-20.
11. А.С. 574182 СССР, МКИ² А01С7/20. Механизм навески рабочих органов посевных машин / *Ю.И. Трофимченко, Г.В. Фесенко, И.В. Морозов* [и др.] (СССР). - № 2362061/15; заявл. 17.05.76; опубл. 05.10.77, Бюл. № 36. – 2 с.
12. А.С. 1168127 СССР, А01С7/20. Сошник / *И.В. Морозов, Ю.И. Трофимченко, Н.Г. Доценко* [и др.] (СССР). - № 3701394/30-15; заявл. 15.02.84; опубл. 23.07.85, Бюл. № 27. – 3 с.
13. А.С. 1507235 СССР, А01С7/20. Сошник для узкорядного посева / *И.В. Морозов, Н.В. Бакум, С.П. Никитин* [и др.] (СССР). - № 4378501/30-15; заявл. 22.12.87; опубл. 15.09.89, Бюл. № 34.- 3с.
14. А.С. 1657089 СССР, А01С7/00,7/20. Способ подсева изреженных всходов и сошник для его осуществления / *В.А. Кириченко, И.В. Морозов, Н.В. Бакум* [и др.] (СССР). - № 4621789/15; заявл. 20.12.88; опубл. 23.06.91, Бюл. № 23. – 3 с.
15. А.С. 1678230 А1 СССР, А01С7/20. Сошник / *И.В. Морозов, С.П. Никитин, Н.В. Бакум* [и др.] (СССР). - №4773030/15; Заявлено 26.12.89; Опубл. 23.09.91. Бюл. №35. – 2с.
16. А.С. 1806513 СССР, А01С7/20. Сошник / *В.А. Кириченко, С.П. Никитин, Н.В. Бакум* [и др.] (СССР). - № 4907694/15; заявл. 04.02.91; опубл. 07.04.93, Бюл. № 13. – 3с.
17. А.С. 670265 СССР, МКИ² А01С7/20. Сошник для подпочвенного посева / *В.А. Кириченко, И.В. Морозов, А.П. Неровный* (СССР). - №2539164/30-15; заявл. 20.10.77; опубл. 30.06.79, Бюл. № 24. – 3с.
18. А.С. 1271398 СССР, А01С7/20. Сошник для узкорядного двухстрочного посева / *А.В. Слободюк, А.В. Богомолов, И.В. Морозов* [и др.] (СССР). - № 1271398/30-15; заявл. 20.10.77; опубл. 30.06.79, Бюл. № 24. – 3с.



- др.] (СССР). - № 3855941/30-15; заявл. 14.02.85; опубл. 23.11.86, Бюл. № 43. – 2с.
19. А.С. 1273005 СССР, А01С7/20. Комбинированный дисковый сошник / *В.А. Кириченко, А.В. Слободюк, И.В. Морозов* [и др.] (СССР). - № 3855936/30-15; заявл. 15.02.85, опубл. 30.11.86; Бюл. № 44. – 2 с.
20. Пат. 55681А Україна. Спосіб посіву сільськогосподарських культур та сошник для його здійснення / *Д.І. Мазоренко, І.В. Морозов, С.Ф. Бойченко* [і інш.] - № 2002043366; заявл. 23.04.2002; опубл. 15.04.2005. Бюл. № 4.
21. *Морозов И.В.* Особенности сошников нового поколения для сеялок традиционного и точного земледелия / Морозов И.В. // *Механізація сільськогосподарського виробництва. Вісник ХДТУСГ*, Вип. 11, - Харків, 2002. – с. 102-105.
22. *Морозов И.В.* Обоснование некоторых параметров уплотнителя почвы дисковых сошников / *И.В. Морозов, К.А. Мустапха, В.Г. Власенко* // Харьк. гос. техн. ун-т с.х. – Харьков, 1994. – 6с. – Рус. – Деп. В ДНТБ України 17.02.95, № 467 Ук 95// Анот. В РЖ «Депоновані наукові роботи» № 6(238), № 6/о 126, 1995.
23. *Морозов И.В.* Борьба с эрозией почвы путем совершенствования заделывающих рабочих органов и изменения процесса бороздообразования при посеве / *И.В. Морозов, В.Г. Власенко, И. Бун* // Тези доповідей Міжнародної науково-технічної конференції «Перспективи розвитку механізації та технічного сервісу сільськогосподарського виробництва». Глеваха, 1996. – с. 92.
24. *Морозов И.В.* Обоснование отдельных параметров анкерных сошников / *И.В. Морозов* // Повышение эффективности с.х. машин и орудий для растениеводства: Сб. научн. тр. МИИСП., - М., 1984. – с. 116-121.
25. *Морозов И.В.* Новые направления совершенствования процесса бороздообразования / *И.В. Морозов* // Сб. научн. тр. ХГТУСХ, – Харьков, 1997. – с. 186-187.
26. *Морозов И.В.* Обоснование формы и параметры боковых щек сошников / *И.В. Морозов, И.О. Фалола, К.А. Мустапха* [и др.] / Харьк. ин-т мех. и эл. с.х. – Харьков, 1994. – 6 с. – Рус. Деп. В ДНТБ України 15.05.94, № 1001 Ук 94// Анот. В РЖ «Депоновані наукові роботи» № 9(275), № 6/о 179, 1994.



ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СІВАЛОК ЗА РАХУНОК УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИСІВУ НАСІННЯ

І.В. Морозов, В.І. Морозов, Е.В. Ольховський, В.В. Синьогуб

Анотація - у статті подано відомості щодо вдосконалення висіву насіння сільськогосподарських культур, що підвищує ефективність технологічного процесу сівалок.

THE EFFICIENCY OF SEEDERS OWING TO IMPROVEMENT OF TECHNOLOGICAL PROCESS OF SOWING SEEDS

I. Morozov, V. Morozov, E. Olkhovsky, V. Sinohub

Summary

The article presents information on the improvement of seed crops, which increases the efficiency of the technological process of seeders.



УДК 620.17:582.623.2:662.63

ПРО ЗГИН ЖОРСТКО ЗАРОБЛЕНОГО ПРУТКА

Ковбаса В. П., д.т.н.,

Гридякін В. О., к.т.н.,

Матюшенко Л. М., аспірант*.

Національний університет біоресурсів і природокористування України,

Тел.: 0445278895;

Глухівський Національний педагогічний університет імені Олександра Довженка,

Тел.: 0544422651.

Анотація – викладені результати досліджень визначення лінії прогину прутка і розподілу напружень у довільному перерізі прутка. В результаті було визначено силу, яку необхідно прикласти для отримання певного прогину або напруженого стану в перетинах прутка змінного перерізу з певними пружними постійними. Отримані нами результати можуть бути використані при вирішенні завдань пов'язаних з експлуатацією, що полягає в проектуванні робочих органів сільськогосподарських, лісгосподарських та інших машин.

Ключові слова – згин стержня, деформація, лінія прогину, розподілення напружень.

Постановка проблеми. У багатьох задачах, які вирішуються в галузях механізації сільського господарства та сільськогосподарського машинобудування виникають задачі про прогин жорстко заробленого стрижня зі змінним перетином по висоті, причому із різним по геометрії перетином. Однією з таких задач є відхилення рослини при дії переміщення (кінематичні початкові умови) і під дією сили (динамічні початкові умови). Відомі з опору матеріалів рішення [1] можна застосовувати лише для випадку невеликих зміщень і не можуть застосовуватися для аналізу відхилення стрижня, оскільки в таких задачах спостерігається значний по величині прогин. Відомі рішення про великі прогини тонких стрижнів [2], але в цих задачах не розглядаються напружено-деформований стан в самих стрижнях. Тому, аналіз, який приводиться тут, може бути актуальним для фахівців.

Аналіз останніх досліджень. Для вирішення поставленого завдання вивчалися відхилення рослини при дії переміщення і під дією сили з використанням напівзворотнього методу Сен-Венана. Він полягає в тому, що робиться припущення про вигляд деяких функцій напружень або переміщень.

Постановка завдання. Визначити залежність лінії прогину прутка. Визначити залежність розподілу напружень в довільному перерізі прутка, що дозволить визначити силу, яку необхідно прикласти для отримання певного прогину або напруженого стану в перетинах прутка змінного перерізу з певними пружними постійними.

Основна частина. Прийнемо деякі припущення про розподіл напружень. Припустимо, що нормальна напруга в деякому перетині на відстані x від точки зароблення розподіляється таким же чином, що і у випадку чистого згину:

$$\sigma_x = -\frac{P(h-x)z}{J}, \quad (1)$$

J – момент інерції перерізу, який залежить від x .

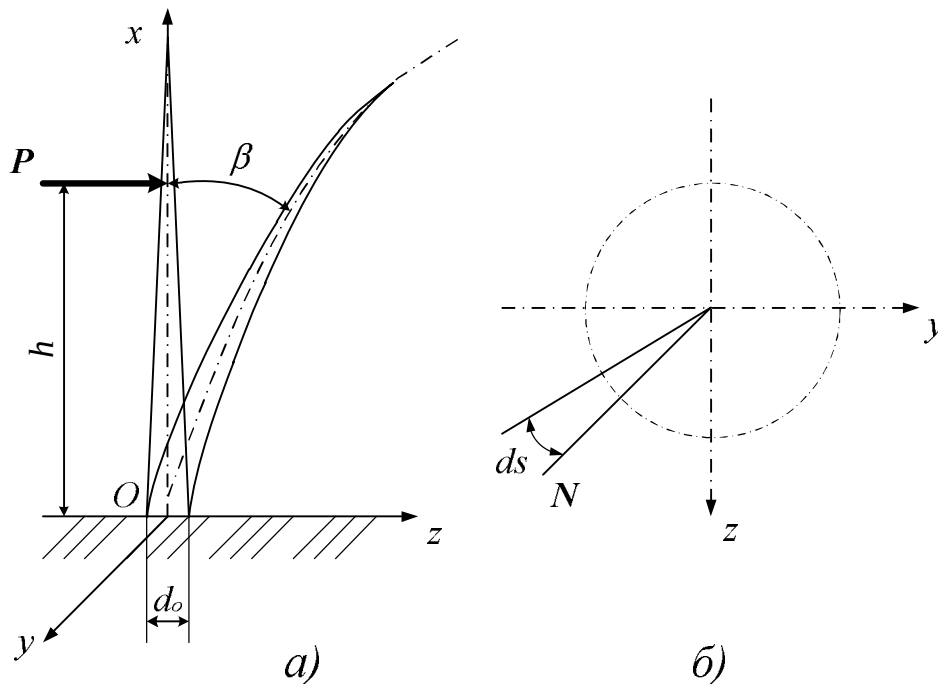


Рис.1. Розрахункова схема згину прутка (а), перетин прутка (б).

Припустимо, що в тих же поперечних перетинах діють дотичні напруження τ_{xy}, τ_{xz} . Припустимо, що інші три компоненти напружень $\{\sigma_z, \sigma_y, \tau_{yz}\} = 0$.

При таких припущеннях розподіл навантаження P при $x=h$ і реакції в перетині $x=0$ повинні задовольняти всі рівняння динаміки теорії пружності [3].



$$\begin{aligned}\frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial z} + X &= 0; \\ \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_y}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial z} + Y &= 0; \\ \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_z}{\partial z} + Z &= 0,\end{aligned}$$

де X, Y, Z – об'ємні сили.

При прийнятих припущеннях $\{\sigma_y = \sigma_z = \tau_{yz}\} = 0$, і нехтуючи об'ємними силами $X = Y = Z = 0$, рівняння рівноваги (динаміки) приймуть вигляд:

$$\frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial z} = \frac{\partial \sigma_x}{\partial x} = -\frac{P_z}{J}; \quad (2)$$

$$\frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} = 0; \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial x} = 0; \quad (3)$$

Групу рівнянь (2) і (3) позначимо (а). Із рівняння (3) видно, що дотичні напруження не залежать від x .

Звернемося до умов на поверхні (граничні умови) [4]:

$$\begin{aligned}\sigma_x l + \tau_{xy} m + \tau_{xz} n &= \bar{X}; \\ \tau_{xy} l + \sigma_y m + \tau_{xz} n &= \bar{Y}; \\ \tau_{xz} l + \tau_{yz} m + \sigma_z n &= \bar{Z},\end{aligned} \quad (4)$$

де $\bar{X}, \bar{Y}, \bar{Z}$ – поверхневі сили,

l, m, n – направляючі косинуси зовнішньої нормалі до поверхні прутка.

Враховуючи те, що бокова поверхня прутка вільна від зовнішніх сил і те, що $\{\sigma_y = \sigma_z = \tau_{yz}\} = 0$, приходимо до того, що з (4) залишається одне рівняння:

$$\tau_{xy} m + \tau_{xz} n = 0. \quad (6)$$

Із рисунка 1б напрямні косинуси можуть бути представлені наступним чином:

$$m = \cos N\hat{y} = \frac{dz}{ds}; n = \cos N\hat{z} = -\frac{dy}{ds},$$

де ds – елемент кривої, який обмежує поперечний переріз.

Тоді умова на поверхні прийме вигляд:

$$\tau_{xy} \frac{dy}{ds} - \tau_{xz} \frac{dz}{ds} = 0 \quad (в)$$

Розглянемо рівняння сумісності в напруженнях [4]:

$$(1+\nu)\Delta\sigma_x + \frac{\partial^2\theta}{\partial x^2} = 0; (1+\nu)\Delta\sigma_y + \frac{\partial^2\theta}{\partial y^2} = 0; (1+\nu)\Delta\sigma_z + \frac{\partial^2\theta}{\partial z^2} = 0; \quad (5)$$

$$(1+\nu)\Delta\tau_{xy} + \frac{\partial^2\theta}{\partial x\partial y} = 0; (1+\nu)\Delta\tau_{xz} + \frac{\partial^2\theta}{\partial x\partial z} = 0; (1+\nu)\Delta\tau_{yz} + \frac{\partial^2\theta}{\partial y\partial z} = 0,$$

$$\text{де } \Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} - \text{оператор Лапласа, } \theta = \sigma_x + \sigma_y + \sigma_z.$$

У рівняннях (5) перші три, які містять нормальні компоненти напружень, задовольняються тотожно, аналогічно останнє, що містить τ_{yz} , також задовольняється тотожно. Тоді залишаються два рівняння:

$$\Delta\tau_{yz} = 0; \Delta\tau_{xz} = -\frac{P}{J(1+\nu)}. \quad (г)$$

Через функцію напружень $\varphi(y, z)$ (у плоскій постановці - функція Ері) компоненти напружень виражаються залежностями:

$$\sigma_z = \frac{\partial^2\varphi}{\partial y^2}; \sigma_y = \frac{\partial^2\varphi}{\partial z^2}; \tau_{yz} = -\frac{\partial^2\varphi}{\partial y\partial z}. \quad (6)$$

Враховуючи те, що $\frac{\partial\tau_{xy}}{\partial y} = \frac{\partial^3\varphi}{\partial x\partial y\partial z}$, а також (6), рівняння (2) і

(3) групи (а) (після інтегрування по x) приймуть вигляд:

$$\tau_{xz} = \frac{\partial\varphi}{\partial y} - \frac{Pz^2}{J} + f(y); \frac{\partial\varphi}{\partial x} = -\tau_{xy}, \quad (7)$$

де $f(y)$ – функція, яка залежить від y і повинна бути визначена із початкових умов.

Підставляючи (7) у рівняння сумісності (г) виходить:

$$\frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{\partial^2\varphi}{\partial z^2} + \frac{\partial^2\varphi}{\partial y^2} \right) = 0; \quad (8)$$

$$\frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\partial^2\varphi}{\partial z^2} + \frac{\partial^2\varphi}{\partial y^2} \right) = \frac{P}{(1+\nu)J} - \frac{d^2f}{dy^2}.$$

Або

$$\frac{\partial^3\varphi}{\partial z^3} + \frac{\partial^3\varphi}{\partial z\partial y^2} = 0;$$

$$\frac{\partial^3\varphi}{\partial y\partial z^2} + \frac{\partial^3\varphi}{\partial y^3} = \frac{P}{(1+\nu)J} - \frac{d^2f}{dy^2}.$$



Інтегруючи останнє із (8) по y виходить:

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} = \frac{Py}{(1+\nu)J} - \frac{df}{dy} + c, \quad (9)$$

де c – постійна інтегрування, яка може бути отримана з аналізу обертання елементарної площадки в площині поперечного перерізу прутка, тобто в площині YOZ .

Обертання навколо осі OX визначиться залежністю:

$$w_x = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial w}{\partial y} - \frac{\partial v}{\partial z} \right).$$

Похідна від кута повороту в напрямку осі прутка x можна записати у вигляді:

$$\frac{\partial w_x}{\partial x} = \frac{1}{2} \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial w}{\partial y} - \frac{\partial v}{\partial z} \right) = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} - \frac{\partial^2 v}{\partial x \partial z} \right).$$

Якщо додати до двох складових останнього виразу $\frac{\partial^2 u}{\partial y \partial z}$, тоді

$$\frac{\partial(2w_x)}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\partial w}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial z} \right) - \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} \right) = \frac{\partial \gamma_{xz}}{\partial y} - \frac{\partial \gamma_{xy}}{\partial z}.$$

Використовуючи закон Гука для деформацій зсуву $\gamma_{ij} = \frac{1}{G} \tau_{ij}$, можна записати функцію обертання в наступному вигляді:

$$\frac{\partial}{\partial x} (2w_x) = \frac{1}{G} \left(\frac{\partial \tau_{xz}}{\partial y} - \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial z} \right),$$

а, враховуючи рівняння (7), із урахуванням того, що $-\frac{\partial \tau_{xy}}{\partial z} = \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2}$

можна отримати: $\frac{\partial \tau_{xz}}{\partial y} = \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} + \frac{\partial f}{\partial y}$, тоді

$$\frac{\partial}{\partial x} (2w_x) = \frac{1}{G} \left(\frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} + \frac{\partial f(y)}{\partial y} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2} \right),$$

$$\text{або } G \frac{\partial}{\partial x} (2w_x) - \frac{\partial f}{\partial y} = \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2}.$$

Після підстановки останнього виразу в (9), виходить:

$$G \frac{\partial}{\partial x} (2w_x) = \frac{P}{(1+\nu)J} + c. \quad (10)$$

Якщо z – вісь симетрії поперечного перерізу прутка, який згинається під дією сили P , то поле обертання w_x елементів поперечного перерізу відповідає від'ємній кривизні, при цьому середнє значення



для всього поперечного перерізу дорівнює нулю. Тоді середнє значення $\frac{\partial w_x}{\partial x}$ також має дорівнювати нулю. У цьому випадку постійна інтегрування c в рівності (10) також повинна дорівнювати нулю.

При $c = 0$, рівняння (9) прийме вигляд:

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} = \frac{P y}{(1+\nu)J} - \frac{\partial f}{\partial y}. \quad (11)$$

Підставляючи (7) в граничні умови (в) можна знайти $\tau_{xy} \frac{\partial z}{\partial s} - \tau_{xz} \frac{\partial y}{\partial s} = 0$:

$$\frac{\partial \varphi}{\partial s} = \left(\frac{P z^2}{2J} - f(y) \right) \left(\frac{dy}{ds} \right). \quad (12)$$

Якщо задати функцію $f(y)$, то із рівняння (11) можна визначити значення φ вздовж контуру поперечного перерізу.

У разі круглого поперечного перерізу, що відповідає перетину стебла, рівняння контуру буде мати вигляд:

$$y^2 + z^2 = r^2, \quad (13)$$

де – радіус перетину прутка.

Права частина рівняння (12) буде дорівнювати нулю, якщо прийняти, що $f(y) = \frac{P}{2J}(r^2 - y^2)$. Підставляючи цей вираз в (11), можна отримати для функції φ наступний вираз:

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} = \frac{P y}{(1+\nu)J} - \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{P}{2J}(r^2 - y^2) \right) = \frac{P y}{(1+\nu)J} + \frac{P y}{J} = \frac{(2+\nu)P y}{(1+\nu)J}, \quad (14)$$

для якого на контурі прутка $\varphi = 0$.

Таким чином, функція напруги визначається поперечним навантаженням, інтенсивність якого пропорційна $\frac{(2+\nu)P y}{(1+\nu)J}$.

Рівняння (14) і граничні умови (13) задовольняються в тому випадку, якщо $\varphi = m(z^2 + y^2 - r^2)y$. (15)

При цьому $m = \frac{2+\nu P}{8(1+\nu)J}$, тоді рівняння (15) прийме вигляд:

$$\varphi = \frac{(2+\nu)P}{8(1+\nu)J} (z^2 + y^2 - r^2)y.$$

Таким чином, визначена невідома потенційна функція φ .

При відомій функції φ за допомогою рівняння (7) визначаються невідомі компоненти дотичних напружень:

$$\tau_{xz} = \frac{P(-y^2(-2+\nu) + r^2(2+3\nu) - z^2(2+3\nu))}{8J(1+\nu)}; \quad (16)$$

$$\tau_{xy} = \frac{Py z(2+\nu)}{4J(1+\nu)}; \quad \sigma_x = \frac{-P(h-x)z}{J}.$$

Графічно залежності (16) проілюстровані на рисунку 2.

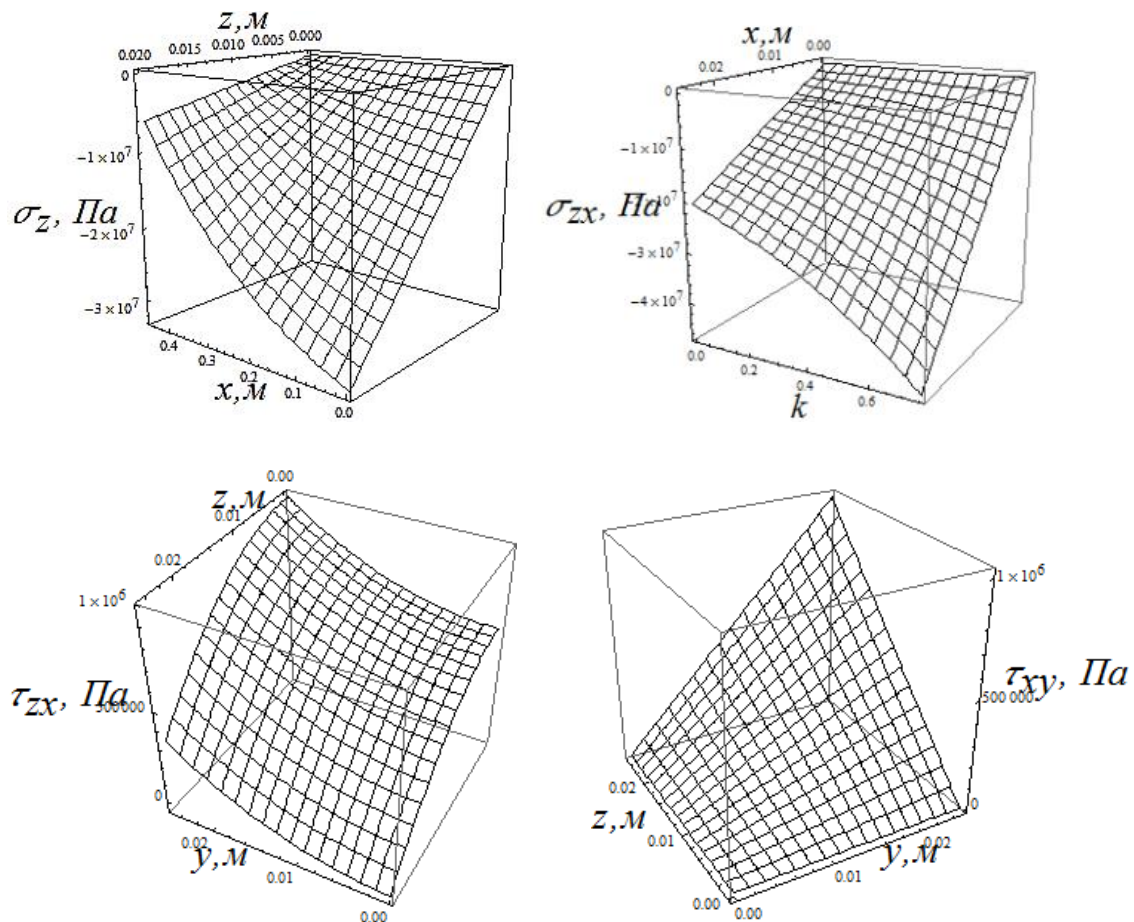


Рис. 2. Графіки залежностей (16) при змінному діаметрі прутка.

При відомих значеннях компонента напружень знайти переміщення не складає труднощів. Для знаходження переміщень можна використовувати геометричні рівняння Коші:

$$\varepsilon_x = \frac{\partial u}{\partial x}; \varepsilon_y = \frac{\partial v}{\partial y}; \varepsilon_z = \frac{\partial w}{\partial z}; \gamma_{xy} = \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x}; \quad (17)$$

$$\gamma_{xz} = \frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x}; \gamma_{yz} = \frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y}.$$

Для знаходження переміщень, в напрямку дії сили, тобто в напрямку осі OZ , можна використовувати п'яте рівняння із (17) у ви-



гляді: $\frac{\partial w}{\partial x} = \gamma_{xz} - \frac{\partial u}{\partial z}$. Враховуючи те, що $u = \int \varepsilon_x dx = \varepsilon_x x + c$, де постійна інтегрування $c = 0$, можна записати $\frac{\partial w}{\partial x} = \gamma_{xz} - \frac{\partial(\varepsilon_x x)}{\partial z}$.

Далі, скориставшись законом Гука, при відомих компонентах напружень: $\varepsilon_x = \frac{1}{E} \sigma_x$; $\gamma_{xy} = \frac{\tau_{xy}}{G}$; $G = \frac{E}{2(1+\nu)}$, з урахуванням (16), шляхом інтегрування $\frac{\partial w}{\partial x}$ по x , визначається функція переміщення:

$$w = \frac{h P x^2}{2 E J} - \frac{P x^3}{3 E J} + \frac{P x (-y^2(-2+\nu) + r^2(2+3\nu) - z^2(2+3\nu))}{2 G \pi r^4 (1+\nu)} + C \quad (18)$$

Вираз (18) записано для випадку, коли момент інерції перерізу стрижня J не залежить від координати x . Для випадку змінного діаметра стрижня, тобто при $J \rightarrow \frac{\pi r^4}{4}$, де $r = r_0(1 - kx)$ (r_0 – половина діаметра прутка в початковому перерізі, тобто точці зароблення; k – коефіцієнт зміни перерізу прутка), вираз для переміщення прийме вигляд:

$$w = P \left[\frac{2E(2 - 6kx + 6k^2x^2 + h(k - 3k^2x))}{3E^2k^3\pi r_0^4(-1+kx)^3} + \frac{Ek^2(y^2(-2+\nu) - 3r_0^2(-1+kx)^2(2+3\nu) + z^2(2+3\nu))}{3E^2k^3\pi r_0^4(-1+kx)^3} \right] + C \quad (19)$$

Постійні інтегрування в залежностях (18) і (19) визначаються з початкових умов, а саме: $w|_{x=0} = 0$. У першому випадку постійного поперечного перерізу постійна інтегрування $C = 0$ і вираз залишається незмінним (18).

У випадку, коли поперечний переріз змінний, постійна інтегрування $C \neq 0$ і вираз (19) набуває кінцевого вигляду (рис. 3):

$$w = \frac{1}{3E\pi r_0^4(-1+kx)^3} P \times \\ \times x(-6(y-z)(y+z) + 2x(2x + (-3+kx)(h + k(-y^2 + z^2))) + \\ + (3+kx(-3+kx))(y^2 + 3z^2)\nu - 3r_0^2(-1+kx)^2(2+3\nu)) \quad (20)$$

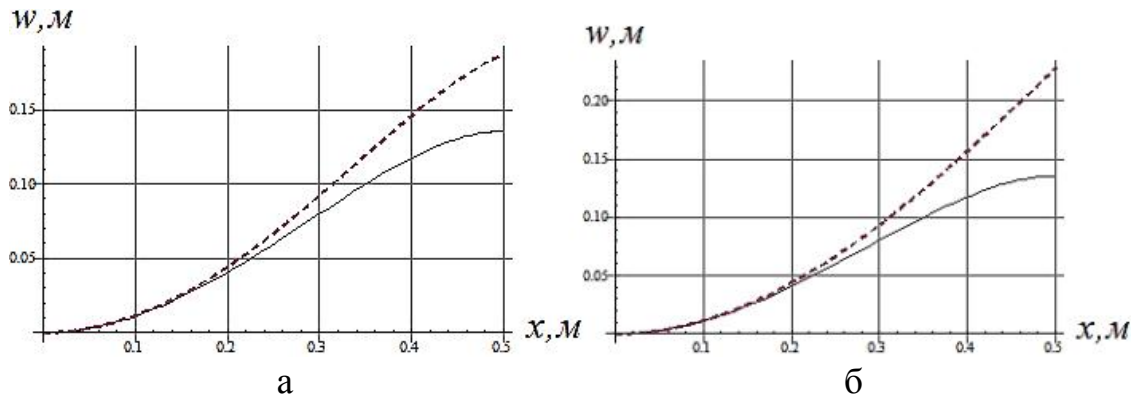


Рис. 3. Переміщення точки прутка

а: суцільна лінія – змінний діаметр прутка, пунктирна – постійний діаметр, б: суцільна лінія – залежність (20), пунктирна – по залежності прийнятій в опорі матеріалів

Висновки. Отримана залежність (20) дозволяє визначити силу, яку необхідно прикласти для отримання певного прогину або напруженого стану в перетинах прутка змінного перерізу з певними пружними постійними.

Отримані залежності для компонентів напружень і переміщень прутка круглого перетину змінної жорсткості мають суттєві відмінності від результатів, які можуть бути отримані методами опору матеріалів та методами великих прогинів тонких прутків. При цьому жоден з перерахованих методів не дає можливості визначити розподіл напружень довільному перерізу прутка.

Отримані рішення можуть бути використані при вирішенні завдань пов'язаних з експлуатацією, що полягає в проектуванні робочих органів сільськогосподарських, лісгосподарських та інших машин.

Література

1. Писаренко Г. С. Сопротивление материалов / Г. С.Писаренко. - Киев: Вища школа, 1973. – 672 с.
2. Попов Е. П. Теория и расчет упругих стержней / Е. П. Попов. - М.: Наука, 1986. – 296 с.
3. Самуль В. И. Основы теории упругости и пластичности / В. И. Самуль. - М.: Вища школа, 1982. — 264 с.
4. Лурье А. И. Теория упругости / А. И.Лурье. - М.: Наука, 1970. — 940 с.



ПРО ИЗГИБ ЖЕСТКО ЗАДЕЛАННОГО ПРУТКА

В. П. Ковбаса, В. А. Гридякин, Л. Н. Матюшенко

Аннотация – изложены результаты исследований определение линии прогиба прутка и распределения напряжений в произвольном сечении прутка. В результате было определено силу, которую необходимо приложить для получения определенного прогиба или напряженного состояния в сечениях прутка переменного сечения с определенными упругими постоянными. Полученные результаты могут быть использованы при решении задач связанных с эксплуатацией, а в особенности проектирования рабочих органов сельскохозяйственных, лесохозяйственных и других машин.

ABOUT THE BENDING OF THE STEM RIGIDLY CLAMPED

V. Kovbasa, V. Grydiakin, L. Matyushenko

Summary

This paper presents the results of definition of line deflection rod and stress distribution in an arbitrary section rod. As result power that must be applied to obtain a certain state of stress or deflection in sections of variable cross-section rod with certain elastic constant swere defined. The received results can be used in case of the solution of tasks connected to maintenance, and in particular design of working organs of agricultural, silvicultural and other machines.



УДК 629.1, 631.3

ПОСТРОЕНИЕ И РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ДЕФОРМИРУЕМОГО ПРИВОДНОГО КОЛЕСА С ДЕФОРМИРУЕМОЙ СРЕДОЙ

Ковбаса В. П., д.т.н.,

Али Ахмед Кадем, аспирант*

*Национальный университет биоресурсов и природопользования
Украины,*

Тел.: 0445278895.

Аннотация – изложены результаты исследований взаимодействия деформируемого приводного колеса с деформируемой средой. В результате были установлены закономерности и зависимости величины зоны контакта колеса с почвой. Полученные результаты могут быть использованы при решении задач связанных с эксплуатацией, а в особенности проектировании движителей мобильных энергосредств и сельскохозяйственных машин.

Ключевые слова: взаимодействие колеса с почвой, распределение давления, зона контакта, смещение поверхности.

Постановка задачи. Во многих задачах, связанных с анализом взаимодействия рабочих органов и любых деформаторов с материалами и средами, возникает необходимость применения физических уравнений связи напряжений с деформациями. Такая связь может проявляться в виде существенного влияния упругих, вязких и пластических свойств. Для формализации материалов и сред в виде моделей с существенным проявлением отдельных видов этих свойств существуют фундаментальные законы и физические уравнения связи напряжений с деформациями (скоростями деформаций), но при сложных видах влияния свойств, в частности в случаях, когда проявляются все три свойства в равной мере, модели связи напряжений с деформациями построены для частных случаев, т.е. только для нормальных или сдвиговых деформаций. Если такие модели построены для полных тензоров напряжений и деформаций, то их применение в полном виде не разрешает решить задачу о напряженно-деформированном состоянии среды или материала из-за того, что после подстановки этих физических уравнений в уравнения равновесия среды они становятся

существенно нелинейными и становятся гиперболическими уравнениями в частных производных третьего порядка.

Анализ последних исследований. Задачи, связанные с анализом напряженно-деформированного состояния среды, возникают, в частности при анализе взаимодействия рабочих органов и колес машин с почвой. В последнем случае почва формализуется как сплошная среда со свойствами упругости, вязкости и пластичности. Правомерность такой формализации и результаты анализа взаимодействия рабочих органов с грунтом основываются на результатах исследований Кушнарева А.С., Ковбасы В.П., Золотаревской и др.

Постановка задания. Целью исследований являются нахождения физических уравнений связи напряжений со скоростями деформаций для материала или среды (в частности грунта) у которых существенно проявляются упруговязкие свойства.

Основная часть. Определение физических уравнений связи напряжений со скоростями деформаций для грунтовой среды. При существенном проявлении пластичности для определения условия пластического течения грунта может быть использован модифицированный критерий перехода в пластическое состояние (условие разрушения сплошности) Кулон-Мор [1]:

$$k = -\frac{3(\sigma \sin[\varphi] + \tau_0 \cos[\varphi])}{-3 + \sin[\varphi]}, \quad (1)$$

где σ – среднее (гидростатическое) напряжение;

φ – коэффициент внутреннего трения материала (почва);

τ_0 – напряжение начального сдвига материала (почва).

Величина второго инварианта девиатора с точностью до постоянного множителя связан с интенсивностью сдвиговых напряжений, которые в свою очередь связаны с величиной, которая характеризует свойства материала (почвы) [2]:

$$\begin{aligned} \tau_i &= \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_x - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_y)^2 + 6(\tau_{xy}^2 + \tau_{xz}^2 + \tau_{zy}^2)} = \\ &= \frac{\sqrt{2}\sigma}{3} = k \end{aligned} \quad (2)$$

Следует отметить, что решения упруго-вязкопластических задач связаны с чрезвычайными трудностями вследствие геометрической нелинейности уравнений. При этом решение задач вязкоупругости позволяет применить методы теории упругости, поскольку конечные уравнения сводятся к системе эллиптических уравнений, которые решаются с использованием бигармонических потенциальных уравнений. Результаты решения задач методами теории упругости позволяют оценить качественную характеристику протекания процесса, а рас-

хождение с результатами решения методами пластичности отличается от названных выше не более 10 % [3]. Поэтому, по нашему мнению, следует использовать методы теории упругости, которые позволят получить новые знания о контактном взаимодействии колеса с почвой.

Вследствие приложения нагрузки происходит вязкоупругое деформирование материала, при котором с увеличением скорости приложения нагрузки скорость деформации снижается пропорционально коэффициенту вязкости. Такую модель принято называть моделью Кельвина-Фойгта. При выводе уравнений связи напряжений со скоростями деформирования необходимо просуммировать девиаторные составляющие напряжений упругого и вязкого деформирования. Линейно упругая среда описывается обобщенным законом Гука.

Суммы компонентов напряжений упругой и вязкой составляющих могут быть записаны с учетом того, что компоненты деформаций и скоростей деформаций могут быть переписаны в виде, удобном для понимания типа уравнений и удобном для решения уравнений относительно компонентов деформаций:

$$\begin{aligned}\sigma_x &= \frac{E(\varepsilon_x[t](-1+\nu) - (\varepsilon_y[t] + \varepsilon_z[t])\nu)}{-1+\nu+2\nu^2} + \\ &+ \frac{2\mu((-7+11\nu)\varepsilon'_x[t] - (-2+7\nu)(\varepsilon'_y[t] + \varepsilon'_z[t]))}{-9+18\nu}; \\ \sigma_y &= \frac{E(\varepsilon_y[t](-1+\nu) - (\varepsilon_x[t] + \varepsilon_z[t])\nu)}{-1+\nu+2\nu^2} + \\ &+ \frac{2\mu((-7+11\nu)\varepsilon'_y[t] - (-2+7\nu)(\varepsilon'_x[t] + \varepsilon'_z[t]))}{-9+18\nu}; \\ \sigma_z &= \frac{E(\varepsilon_z[t](-1+\nu) - (\varepsilon_x[t] + \varepsilon_y[t])\nu)}{-1+\nu+2\nu^2} + \\ &+ \frac{2\mu((-7+11\nu)\varepsilon'_z[t] - (-2+7\nu)(\varepsilon'_x[t] + \varepsilon'_y[t]))}{-9+18\nu}; \\ \tau_{xy} &= \frac{E\gamma_{xy}[t]}{2(1+\nu)} + \mu(\gamma'_{xy}[t]); \tau_{yz} = \frac{E\gamma_{yz}[t]}{2(1+\nu)} + \mu(\gamma'_{yz}[t]); \\ \tau_{xz} &= \frac{E\gamma_{xz}[t]}{2(1+\nu)} + \mu(\gamma'_{xz}[t]).\end{aligned}\tag{3}$$



Значение компонент скоростей нормальных вязкоупругих деформаций определяются путем дифференцирования по времени последних выражений с учетом постоянных интегрирования:

$$\dot{\varepsilon}_x = \frac{e^{-\frac{3Et}{2\mu+2\mu\nu}} \left(e^{\frac{Et}{\mu+\mu\nu}} (2\sigma_x - \sigma_y - \sigma_z) - \frac{3(-1+2\nu)(\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z)}{1+\nu} \right)}{6\mu};$$

$$\dot{\varepsilon}_y = \frac{e^{-\frac{3Et}{2\mu+2\mu\nu}} \left(e^{\frac{Et}{\mu+\mu\nu}} (2\sigma_y - \sigma_x - \sigma_z) - \frac{3(-1+2\nu)(\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z)}{(1+\nu)} \right)}{6\mu}; \quad (4)$$

Среднее нормальное (гидростатическое) напряжение, которое сжимает элемент сухого трения в модели Бингама будет представлять:

$$\sigma = \frac{2e^{-\frac{3Et}{2\mu+2\mu\nu}} \mu(1+\nu)(\dot{\varepsilon}_x + \dot{\varepsilon}_y + \dot{\varepsilon}_z)}{9-18\nu} \quad (5)$$

Аналогично определяются компоненты скоростей сдвижных вязкоупругих деформаций, а из них компоненты сдвиговых напряжений:

$$\tau_{xy} = e^{-\frac{Et}{2\mu(1+\nu)}} \mu \dot{\gamma}_{xy}; \tau_{yz} = e^{-\frac{Et}{2\mu(1+\nu)}} \mu \dot{\gamma}_{yz}; \tau_{xz} = e^{-\frac{Et}{2\mu(1+\nu)}} \mu \dot{\gamma}_{xz}. \quad (6)$$

Время деформирования, которое входит в зависимости связи напряжений со скоростями деформаций, может быть определено по времени распространения волны напряжений:

$$t = \frac{l}{c} = \frac{l}{\sqrt{\frac{E(-1+\nu)}{(-1+\nu+2\nu^2)\rho}}}, \quad (7)$$

где l – расстояние, на котором затухает волна напряжений в данной среде;

c – скорость распространения волны напряжений [4]:

$$c = \sqrt{\frac{\lambda + 2G}{\rho}},$$

где λ – коэффициент Ляме.

Таким образом, уравнения (3) вместе с (5) определяют напряжения сжатия, которые действуют на элемент сухого трения и входят в уравнение (1).

Построение функций распределенных давлений в зоне контакта. В общем случае характер взаимодействия приводного колеса (активного) может быть представлен схематично, как изображено на рисунке 1.

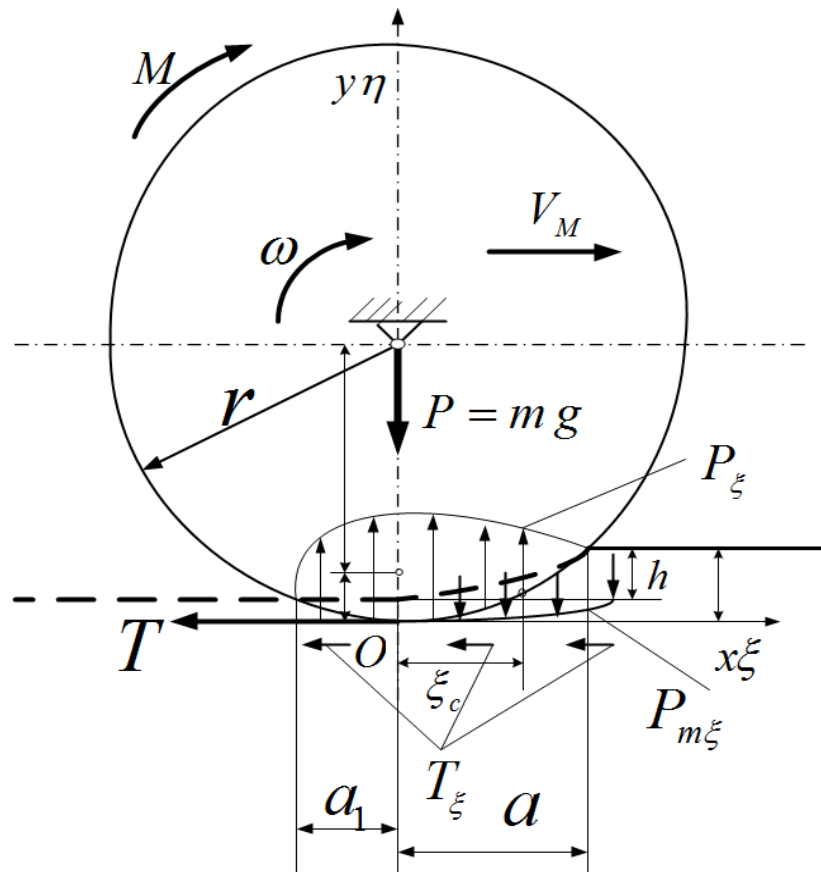


Рис. 1. Схема взаимодействия деформируемого приводного колеса с деформируемой средой

На схеме представлен характер взаимодействия активного деформируемого колеса с поверхностью в системе координат xOy , в которой мгновенный центр вращения колеса совпадает с центром системы координат O , а поверхность среды по которой движется колесо, совпадает с осью Ox . Уравнения, которые описывают поверхность колеса, представлены в системе координат $\xi O\eta$, совпадающей с системой координат среды (почвы). Уравнение поверхности колеса радиуса r в плоской системе координат имеет вид: $\eta = r - \sqrt{r^2 - \xi^2}$; $\xi = r - \sqrt{r^2 - \eta^2}$.

Как видно из рисунка 1, колесо нагружено весом $P = mg$, который сосредоточен в центре вращения колеса, крутящим моментом M , и силами сопротивления перемещению колеса в виде момента сопротивления перекачиванию, которые образуются, с одной стороны, распределенной горизонтальной реакцией грунта (реакция на составляющую крутящего момента относительно мгновенного центра вращения) на передней части зоны контакта произведением интегральной функции распределения давления тяжести на координату центра ее распределения по отношению к центру координат и, с другой стороны, распределением вертикальных составляющих в передней части зоны контакта, которые возникают за счет распределения давления от части крутящего момента относительно мгновенного центра обращения и распределенной реакции грунта от веса, которые также образуют момент сопротивления перекачиванию.

Поэтому, важным для решения задач есть определения функций распределения давления в вертикальном и горизонтальном направлениях в зависимости от сил, которые действуют на колесо и деформативных свойств как колеса, так и поверхности, с которой оно контактирует.

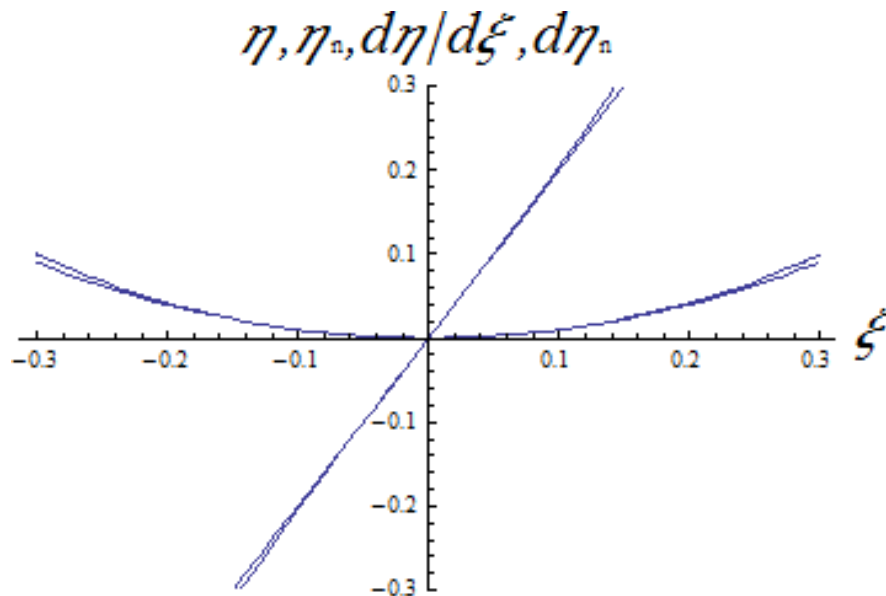


Рис. 2. Сравнение функций точных кривых контакта, их производных и их приближенных значений в пределах зоны контакта, $\xi \in \{-0.3, 0.3\}$ для радиуса $r = 0.5$

В первом приближении, поверхность, по которой распределены силы в плоскости контакта, может быть представлена на участке $a_1 - a$ зависимостью $\eta = r - \sqrt{r^2 - \xi^2}$, но следует отметить, что в дальнейшем интегрирование такой функции в аналитическом виде



может вызвать непреодолимые сложности, поэтому если разложить такую функцию в ряд Маклорена, то в первом приближении, она будет иметь вид $\eta_n = \xi^2/2r$. Сравнение точного выражения поверхности контакта и разложенной в ряд, которые приведены на рис. 2, и их первых производных свидетельствует о возможности использования упрощенной функции без ухудшения точности результатов.

Аналогичное представление поверхности зоне контакта принято в исследованиях А. Ю. Ишлинского [5].

Учитывая то, что вертикальное давление силы тяжести от действия колеса распределено по длине площадки контакта $\{a_1; a\}$, а сила, действующая на криволинейной линии, выражается криволинейным интегралом первого рода, то можно записать равенство:

$$\frac{d}{d\xi} \left(\int \frac{P}{(a-a_1)} d\xi \right) = \frac{d}{d\xi} \left(\int \left(p_\xi \sqrt{1 + \left(\frac{d}{d\xi} \left(\frac{\xi^2}{2r} \right) \right)^2} \right) d\xi \right),$$

Откуда распределение давления от действия силы тяжести, приходящейся на колесо, составит величину:

$$p_\xi = \frac{P}{(a-a_1) \sqrt{1 + \frac{\xi^2}{r^2}}}. \quad (8)$$

Распределение касательной силы тяги в зоне контакта может быть определено аналогичным образом:

$$\frac{d}{d\xi} \left(\int \frac{M}{r} d\xi \right) = \frac{d}{d\xi} \left(\int T_\xi \sqrt{1 + \left(\frac{d}{d\xi} \left(\frac{\xi^2}{2r} \right) \right)^2} d\xi \right),$$

Откуда распределение давления от действия крутящего момента создается распределенной по пятну контакта касательной силы тяги:

$$T_\xi = \frac{M r \sqrt{1 + \frac{\xi^2}{r^2}}}{(a-a_1)(r^2 + \xi^2)} \quad (9)$$

Крутящий момент, приложенный к колесу относительно мгновенного центра вращения, создает на участке контакта $\{0; a\}$ дополнительное вертикальное распределение давления, которое, аналогично предыдущим выкладкам, может быть выражено из равенства:



откуда рас-

$$\frac{d}{d\xi} \left(\int (M / (r / a)) d\xi \right) = \frac{d}{d\xi} \left(\int (-P_{m\xi} (\xi - a)^2) d\xi \right),$$

предельное давление от момента сопротивления качению будет иметь вид:

$$P_{m\xi} = -\frac{a M}{r(a - \xi)^2} \quad (10)$$

Эти распределения давлений при последующих интегрированиях с целью определения границ контакта колеса с почвой, также приводят к непреодолимым трудностям при интегрировании, поэтому такие распределения могут быть разложены в ряды Маклорена, которые будут иметь следующий вид:

$$P_n = \frac{g m(2r^2 - \xi^2)}{2(a - a_1)r^2}; T_n = \frac{M(2r^2 - \xi^2)}{2(a - a_1)r^3};$$

$$P_{mn} = -\frac{M(a^2 + 2a\xi + 3\xi^2)}{a^3 r}, \quad (11)$$

где P_n, T_n, P_{mn} – разложенные в ряды распределения силы веса, касательной силы и силы момента сопротивления качению, соответственно.

О сходимости точных выражений и их разложений можно судить по приведенным графикам на рис. 3. Анализ этих графиков свидетельствует о практически полной идентичности точных представлений функций распределения давлений и тех же функций, представленных разложениями в ряды Маклорена.

Таким образом, получены аналитические зависимости распределения нормальной и касательной составляющей давления в зоне контакта деформируемого колеса с деформируемой поверхностью.

Исходя из проведенных исследований, следует отметить, что наибольшее влияние на величину зоны контакта оказывают деформативные свойства колеса, в отличие от деформативных свойств почвы. Это может объясняться кривизной поверхности колеса.

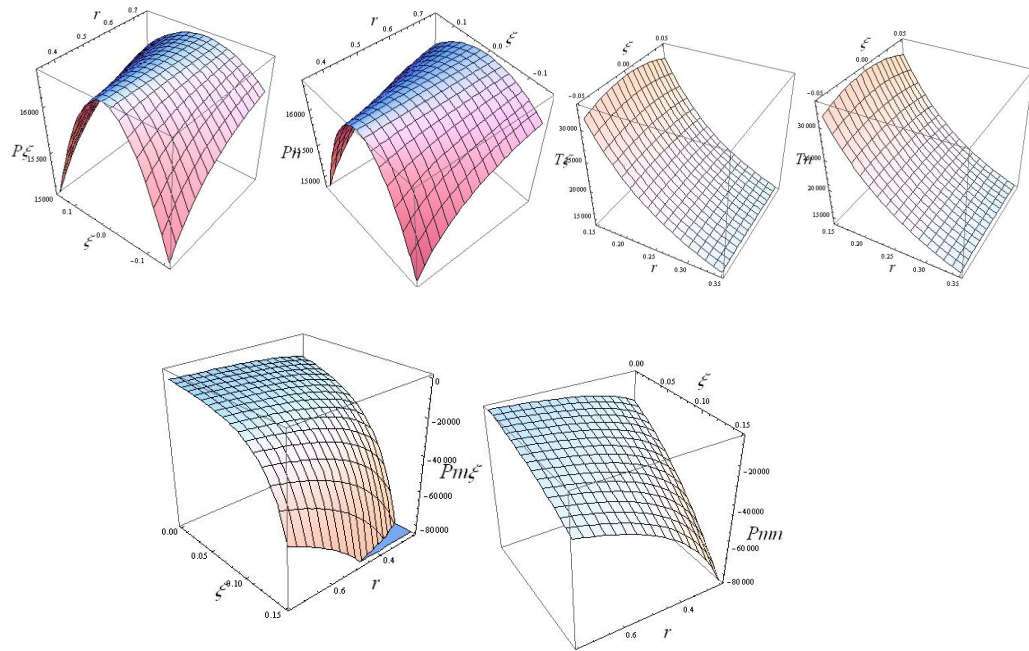


Рис. 3. Графики распределений давлений, построенные по точным выражениям и их разложением в ряды.

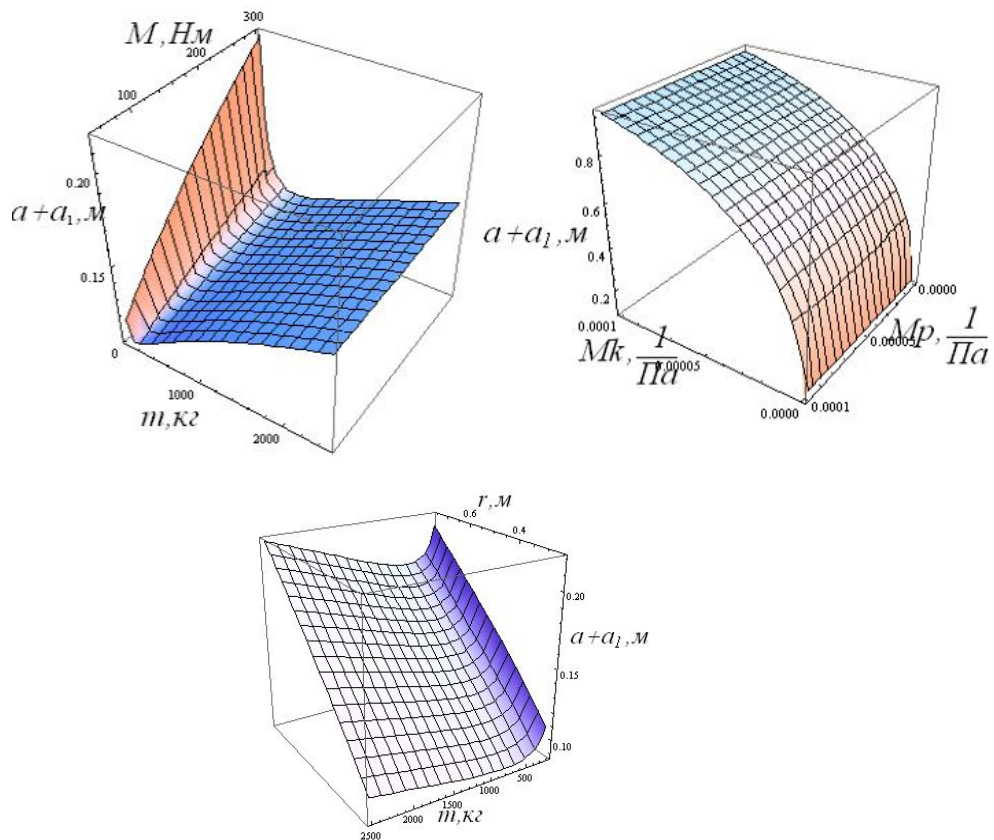


Рис. 4. Графики зависимости суммарной величины зоны контакта от деформативных свойств колеса, приложенной к колесу массы, крутящего момента и радиуса колеса.



Выводы. В процессе проведенных теоретических исследований взаимодействия деформируемого приводного колеса с деформируемым основанием (почвой) установлены следующие закономерности и зависимости:

- величина зоны контакта колеса с почвой существенно зависит от деформационных свойств как самого колеса, так и почвы, причем рост упругих постоянных колеса и почвы ведут к уменьшению этой величины;

- на длину зоны контакта оказывает влияние приложенная вертикальная составляющая – вес, приведенный к колесу, причем для случая приводного (активного) колеса величина передней зоны контакта не возрастает с увеличением веса, напротив возрастает задняя зона контакта, при этом крутящий момент, приложенный к колесу, наоборот, существенно влияет на величину передней части зоны контакта;

- увеличение радиуса колеса ведет к равномерному увеличению длины зоны контакта;

- в отношении величины смещений колеса и почвы, как в горизонтальном, так и в вертикальных направлениях, характеризуется существенным увеличением этих смещений в передней зоне контакта, что согласуется с большинством результатов исследований.

Литература:

1. Ковбаса В. П. До визначення фізичних рівнянь пружнов'язко-пластичного середовища з умовою руйнування за модифікованим критерієм Кулона-Мора // Праці ТДАТУ. – Мелітополь, 2011.- Вип.11, т.2. – С. 161-174. www.nbu.gov.ua/portal/Chem_Biol/Ptdau/2011_11_2/index.html.
2. Ковбаса В. П. Фізичні рівняння деформування ґрунту з суттєвим проявом в'язкопластичних властивостей . // Motrol: Motorization and power industry in agriculture. – 2011. – Том 13В. – Р. 92-97. // Motrol: Motorization and power industry in agriculture. – 2011. – Том 13В. – Р. 145-156.
3. Ковбаса В. П. Фізичні рівняння деформування ґрунту з суттєвим проявом в'язкопластичних властивостей. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія «техніка та енергетика АПК» Київ 2011. – Вип. 166, ч. 2. – с. 284-296
4. Надаи А. Пластичность и разрушение твердых тел / А. Надаи.- М.: Мир, 1968. – 863 с.
5. Ишлинский А.Ю. Математическая теория пластичности/ А.Ю Ишлинский, Д.Д.Ивлев. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 704 с.



ПОБУДОВА ТА ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧІ ВЗАЄМОДІЇ ДЕФОРМОВАНОГО ПРИВОДНОГО КОЛЕСА З ДЕФОРМОВАНИМ СЕРЕДОВИЩЕМ

В.П. Ковбаса, А.А. Кадем

Анотація – наведені результати досліджень взаємодії деформованого приводного колеса з деформованим середовищем. У результаті встановлені закономірності величини зони контакту колеса із ґрунтом. Отримані залежності можуть бути використані при вирішенні задач пов'язаних з експлуатацією, зокрема при проектуванні рушіїв мобільних енергозасобів та сільськогосподарських машин.

THE SOLUTION OF THE PROBLEM OF COOPERATION BETWEEN WHEEL DRIVE THAT DEFORMS AND ENVIRONMENT THAT DEFORMS

V. Kovbasa, A. Kadem

Summary

This paper presents the results of cooperation between wheel drive that deforms and environment that deforms. As result it was established patterns and the dependence of the contact area with the ground wheels. The received results can be used in case of the solution of tasks connected to maintenance, and in particular design of working tools of agricultural and other machines.



УДК 631.51

МІНІМАЛЬНИЙ ОБРОБІТОК ҐРУНТУ ЗА «ШИШАЦЬКИМИ ТЕХНОЛОГІЯМИ»

Падалка В.В., к.т.н.

Полтавська державна аграрна академія

Тел/факс (053) 500-273

Анотація – робота присвячена проблемі екологічного землеробства. Проведено аналіз існуючих технологій мінімального обробітку ґрунту. Відокремлені більш подібні до екологічного землеробства на прикладі системи впроваджені у ПП Агроекологія. Запропонована система понять обробітку ґрунту для збереження його родючості та вирощування екологічної чистої продукції рослинництва. Висвітлена проблема недостатнього збереження вологи та шляхи руйнування підорної підшви механічним та біологічним чином. Наведено приклад технологічних операцій обробітку ґрунту, що впроваджені для екологічного та біологічно відновлюваного землеробства.

Ключові слова – система, поняття землеробства, ґрунт, біологічний баланс, технологія.

Постановка проблеми. В світовому сільськогосподарському виробництві існують сотні технологій обробітку ґрунту. Розроблені тисячі машин і механізмів – різноманітні за принципом дії, але робота переважної їх більшості направлена на вирішення однієї мети: сформувати у верхньому прошарку ґрунту найкращі умови для вегетації культурних рослин. Відомі ґрунтознавці-агрономи та ґрунтознавці-техніки ведуть пошук конструкції оптимальної ґрунтообробної машини, щоб задовольнити всі біологічні, технічні, енергетичні та інші вимоги до технологій. Останні часи найбільш значущим та впливовим є фактор екологізації технологій виробництва продукції аграрного сектору. Поряд з цим, варто не забувати, що животворний потенціал ґрунту (біологічно активного ґрунту) не безмежний. Спостерігаючи за застосуванням сучасних інтенсивних технологій вирощування економічно прибуткових культур (кукурудзи, соняшнику та інш.) виникає невтішна думка про ґрунтові ресурси, що залишаємо ми для наступних поколінь.



Одним з прикладів «мудрої» праці на землі є досвід, що започаткований в ПП «Агроекологія» Шишацького району, Полтавської області. Запровадивши, на перший погляд, ряд простих принципів землекористування, непохильно їх притримуючись на протязі декількох десятиліть, господарству вдається отримувати стабільно високі врожаї екологічно чистої продукції.

Систематизація технологічних прийомів механізованого обробітку ґрунту для умов екологічного землеробства із збереженням біологічного ресурсу та отримання стабільних високих врожаїв є актуальною як для господарств, що займаються екологічним товарним виробництвом так і тих хто бажає залишити в спадок джерело біологоутворюючого ресурсу.

Мета і задачі. Метою дослідження є розробка системи принципів механізованого обробітку ґрунту в екологічних технологіях із розробкою вимог до робочих органів ґрунтообробних машин. Для вирішення поставленої мети слід вирішити *задачі*: провести аналіз впроваджених в господарстві технологій обробітку ґрунту; запропонувати способи механічного впливу на ґрунт з врахуванням загальних вимог; розробити комплекс машин для впровадження як системи екологічного землеробства.

Аналіз основних досліджень і публікацій у яких започатковано розв'язання проблеми. Відомі різноманітні технології вирощування сільськогосподарських культур. Лише на деякі з них слід звернути особливу увагу, оскільки, на відміну від класичних, вони мають ряд позитивних ознак для аналізу технологій, що впровадженні в ПП «Агроекологія».

Мінімальний обробіток ґрунту. Поверхневий обробіток верхнього шару ґрунту з метою покращення фізико-механічних властивостей напередодні посіву сільськогосподарської культури. При цьому методи відчутно зменшуються енергетичні витрати та створюються умови для накопичення активного гумусу у верхньому шарі. Негативним наслідком впровадження цього способу обробітку є переущільнення ґрунту на глибині нижчої до обробітку (5-8см) та необхідність застосування хімічних способів захисту рослин від шкідників, мікрофлори та росту бур'яну. Досвід показує, що запровадження у господарствах такого способу обробітку ґрунту керуючись лише намаганням зменшити енергетичні витрати приводить до погіршення біологічного мікроклімату, зменшення здатності до накопичення вологи у ґрунті і, як наслідок, відчутне зменшення врожайності культур [1,2].

No-Till – система землеробства, що потрапила до України з Південної Америки [3]. Побудована на залученні активного біологічного симбіозу між рослинним, тваринним та світом мікроареалу поверхні поля. Загальний позитивізм результатів впровадження цієї технології



змінюється на труднощі, що потрібно перебороти в процесі її становлення в реальних умовах України. Негативним та неподоланим в цій технології є необхідність тривалого (до 10 років) відновлення біологічного потенціалу ґрунту, як наслідок – незацікавленість власників у довгостроковому зменшенні прибутковості сільськогосподарського виробництва. Досвід показав, що запровадження такого землекористування без попередньої багаторічної підготовки знижує врожайність зернових за 2-3 рік застосування до 7-10 ц/га. Такий підхід до цієї технології спотворює принципи, що пропагуються та реалізуються в країнах з впровадженими технологіями подібного землеробства. Здавалося, був згальований метод, який виявився ефективним на 140 млн. гектарів земель у всьому світі (приблизно 10% всіх сільськогосподарських угідь) і неефективним в нашій країні. Адже дійсно, переваги методу, який особливо рекламували продавці імпортової техніки, не підтвердилися на практиці.

Інші, на нашу думку, розповсюджені та відомі технології обробітку ґрунту для порівняння з впровадженою у ПП «Агроєкологія» є неприйнятними або непоказові.

Результати досліджень. «Старі системи» переконань обробітку ґрунту приводять до підвищеної експлуатації ґрунтових ресурсів та їх деградації. У такому сільськогосподарському процесі присутня висока ступінь ризиків. Особливу увагу слід приділити новій системі понять на яких і базується біологічне землеробство:

1. Оранка є шкідливим компонентом при обробітку ґрунту зокрема в посушливих та мало вологих регіонах [4].
2. Рослинні залишки є цінним продуктом і повинні знаходитися на поверхні ґрунту як мульча[5].
3. Наявність незначної кількості некультивованих рослин не є забороненим.
4. Спалювання рослинних залишків (мульчі) заборонено. Є необхідною наявність постійного ґрунтового покриву.
5. Біологічні процеси, що проходять на поверхні ґрунту необхідно враховувати з більшою уважністю, що забезпечить високу родючість ґрунтів.
6. Біологічна боротьба з комахами-шкідниками та цілковита заборона використання синтетичних хімічних препаратів.
7. Водна і вітрова ерозія є симптомом того, що для даного поля або екосистеми використовуються невідповідні методи обробки.

Формування та впровадження системи землеробства керуючись зазначеними принципами повинно відновити втрачений потенціал

грунту для надійного забезпечення населення продукцією аграрного виробництва.

Відомі оптимальні умови для вегетації рослин переважно описують агрохімічні та біологічні вимоги. Науковцями та практиками встановлені оптимальні їх показники для умов кожного регіону України.

Агротехнічні заходи до встановлення оптимальних умов росту можливо описати схематично (рис.1).

Як відомо, насіння рослини маючи біологічний потенціал до росту повинно потрапити в умови придатні для початку вегетації та вільного доступу до поживних речовин. Відомі науковці-біологи стверджують, що на початкових етапах розвитку, рослина отримує живлення за допомогою коренів лише з водних розчинів. Тому їх доступ до води в різних її формах є актуальною у межах фізичного розташування насіння.

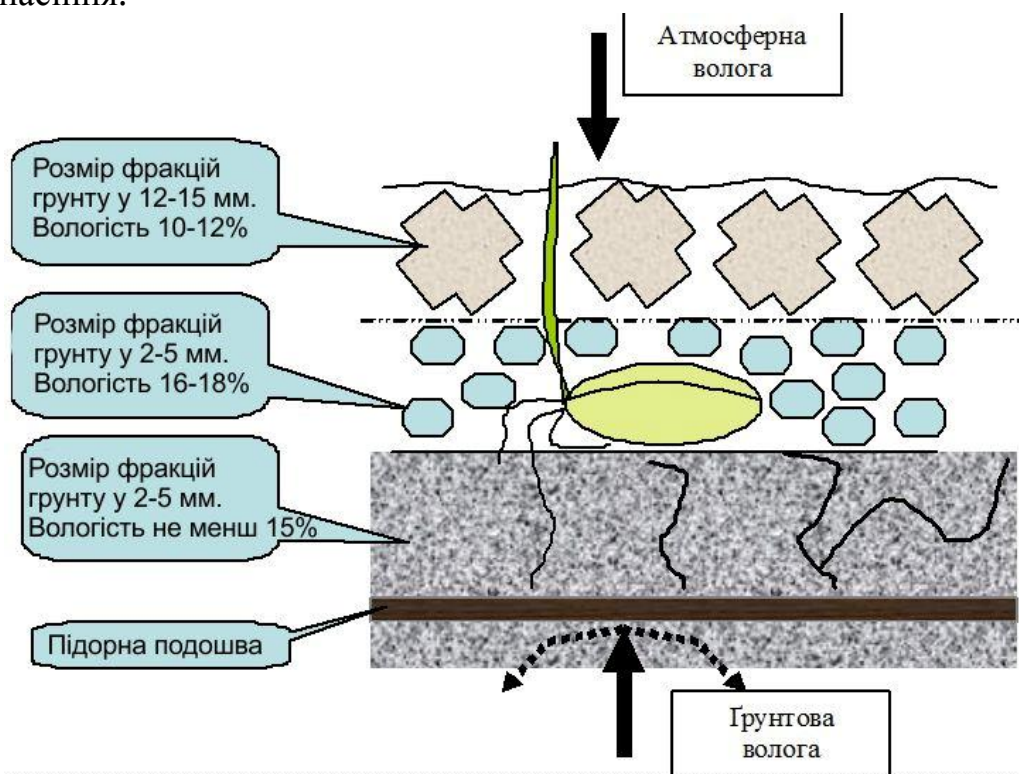


Рис.1. Схема прошарків та агротехнічні умови до проростання насіння.

Нагальною проблемою, що постала перед землеробами південної та центральної частини України є зменшення впродовж року атмосферних опадів. Ця тенденція зберігається на протязі декількох десятиліть і, можливо пов'язана з глобальними кліматичними змінами. Одним з шляхів забезпечення рослин вологою є її збереження та накопичення в ґрунті. Недостатня кількість опадів, а швидше їх річна нерівномірність призводить до того, що атмосферна волога за рахунок перезво-



ложення поверхневого шару ґрунту не має можливість проникати в більш глибокі прошарки за рахунок утвореної підорної підшви (див. рис.1). Утворений однотипним обробітком ґрунту на протязі декількох років, підорна підшва стає водо та повітря непроникною. Змушує атмосферну вологу вивітрюватися та вимиватися з верхнього шару, а з нижнього – відсутність поповнення ґрунтових запасів та відповідно стає недоступною для кореневої системи рослин.

Відомими технологіями руйнування небажаного водонепроникного прошарку є чизелювання, щілювання та інші види глибокого обробітку ґрунту. Разом з позитивними ознаками цих технологій слід відмітити досить високу енергоємність процесу руйнування структури ґрунту, що пов'язано з повітря та водопроникністю відповідних прошарків.

Позитивним прикладом практичної реалізації уникнення утворення підорної підшви набув досвід ПП «Агроекологія» Шишацького району Полтавської області. Описаний в багатьох роботах біологічного спрямування, що висвітлюють позитивні ознаки біологоутворюючого та екологічного землеробства, на відміну з технічного забезпечення – висвітлений недостатньо.

На полях господарства вже декілька десятиліть не використовується глибокий обробіток ґрунту. Плужний обробіток вважається шкідливим і недопустимим взагалі. Технологічний процес вирощування сільськогосподарських культур (в тому числі і просапних) ґрунтується на відомих але дійових операціях:

- обробіток ґрунту та загортання органічних добрив проводиться дисковими машинами на глибину не більше 5...7 см.;
- вирівнювання поверхні поля;
- передпосівний обробіток виконується плоскорізальними лапами з жорсткими стояками в складі комбінованих агрегатів з дво- або трикратною повторюваністю на глибину посіву;
- повна заборона використання синтетичних засобів захисту рослин;
- збирання врожаю за відомими технологіями із подрібненням та рівномірним розкиданням пожнивних решток.

Обробіток дисковими машинами дозволяє провести змішування сухих органічних добрив з ґрунтом лише на поверхні. Утворюється «компост» доступний для рослин та атмосферної вологи під час їх вегетації. Прошарок ґрунту, що знаходиться нижче не руйнується, не переущільнюється та зберігає водо та повітропроникні канали, зберігається біологічний ареал цього рівня.

Передпосівний обробіток, в разі відсутності внесення органічних добрив, не потребує попереднього вирівнювання. Комбіновані агрегати оригінальної конструкції з жорсткими стояками плоскорізальних



лап гарантовано обробляють ґрунт на глибину посіву. Повторення їх використання пов'язане з необхідністю провокування бур'янів, що також описано у відомих агрономічних роботах. Така технологія також зберігає недоторканим основний шар ґрунту, дозволяє забезпечити рослини органічним підживленням безпосередньо в зоні їх коренів. Створюється баланс вологи за рахунок її накопичення в більш глибоких прошарках та доступності для кореневої системи.

Заборона використання синтетичних препаратів захисту рослин дозволила використовувати біологічний потенціал рослинного та тваринного світу безпосередньо у полі. Боротьба з бур'янами необхідна на етапі проростання насіння. За рахунок збільшеного потенціалу водного ресурсу є можливим проводити відтермінування посіву, що необхідне для механічного знищення переважної більшості небажаних рослин.

Впроваджена технологія дала господарству змогу отримувати стабільно високі врожаї та значно зменшити їх собівартість. Головною перевагою, що є найактуальнішою в сучасних умовах сільського господарювання є можливість отримувати екологічно чисту продукцію конкурентну не тільки в Україні а й світовій спільноті.

Висновки. Проведений аналіз технологій подібних до впроваджених в господарстві показав необхідність:

1. Створення системи машин побудованих на екологічних принципах землеробства і направлених на відновлення біологічного потенціалу ґрунту та його збереження майбутнім поколінням.
2. Подальшого вдосконалення конструкції комбінованих ґрунтообробних агрегатів шляхом розробки концепції гарантованого мінімального поверхневого обробітку.
3. Застосування існуючих сільськогосподарських машин та передового світового досвіду для створення умов для екологічного землеробства в країні.

Література

1. Гассен Д. Прямой посев - дорога в будущее. / Д. Гассен, Ф. Гассен – Днепропетровск. АГРО-Союз, 2006.
2. Дерпи Р. Сборник авторских статей. / Днепропетровск. АГРО-Союз, 2005.
3. Кроветто Карлос К. No-Till. Взаимосвязь между No-Till, растительными остатками, питанием растений и почвы. / Днепропетровск. АГРО-Союз, 2007.
4. Курдюмов Н.И. Мастерство плодородия./ М. Владис, 2004.
5. Лапа В.В. Сидераты. Зеленые удобрения. / В.В. Лапа, В.Н. Босак – М. Издательский Дом МСП, 2003.



МИНИМАЛЬНАЯ ОБРАБОТКА ПОЧВЫ ПО «ШИШАЦКИМ ТЕХНОЛОГИЯМ»

В.В.Падалка

Аннотация – работа посвящена проблеме экологического земледелия. Проведен анализ существующих технологий минимального возделывания почвы. Выделены из них более подходящие экологическому земледелию на примере системы внедренной в ПП Агроэкология. Предложена система понятий возделывания почвы для сохранения её плодородия и выращивания экологически чистой продукции растениеводства. Освещена проблема недостаточного накопления влаги и пути разрушения подпахотной подошвы механическим и биологическим способом. Приведен пример технологических операций возделывания почвы, что внедрены для экологического и биологического земледелия.

MINIMUM TILL OF SOIL ON «SHISHAKI TECHNOLOGIES»

V.V. Padalka

Summary

Work is devoted the problem of ecological agriculture. The analysis of existent technologies of minimum till soil is conducted. Abstracted from them more suitable ecological agriculture on the example the system inculcated in «PP Agroekologiya». The system of concepts till of soil is offered for the maintenances of its fertility and growing ecologically of clean products of plant-grower. The problem of insufficient accumulation of moisture and way of destruction of impermeable sole a mechanical and biological method is lighted up. The example of technological operations till of soil is resulted, that inculcated for ecological and biological agriculture.



УДК 631.31

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ВЗАЄМОДІЇ РОБОЧОГО ОРГАНУ ГЛИБОКОРОЗПУШУВАЧА З ҐРУНТОМ

Лабатюк Ю.М., к.т.н.

Алієв Е.Б., к.т.н.

Інститут олійних культур НААН

Тел.: +380(61) 223-99-99, +380(61) 223-99-50

Анотація – одержана механіко-математична модель процесу взаємодії робочого органу глибокорозпушувача з ґрунтом. Визначені значення напружень опору і шляху зминання ґрунту для різних його шарів.

Ключові слова – ґрунт, глибокорозпушувач, механіко-математична модель, напружений стан, зминання.

Постановка проблеми. Механічна обробка ґрунту грає однаково важливу роль у формуванні врожаю на всіх ґрунтах при звичайних погодних умовах. Механічна обробка ґрунту – це процес взаємодії між робочими органами машин (знарядь) і ґрунтом. Механічна обробка ґрунту означає, що ґрунт деформується під дією сил, що виникають в процесі взаємодії робочих органів знаряддя з ґрунтом. При створенні знарядь можна змінювати величину і форму поверхні робочих органів, значить, і сили, що діють на ґрунт. Реакція ґрунту на прикладене зусилля є опором ґрунту обробці. Реакція робочого органу на дію ґрунту – це сили уздовж поверхні контакту робочого органу, які розповсюджуються від поверхні контакту вглиб, викликаючи спочатку ущільнення, а потім руйнування ґрунту в залежності від її вологості та механічного складу. Окремою задачею є створення математичної моделі процесу взаємодії робочих органів із ґрунтовим середовищем, яке виникло за рахунок довготривалого зрошування, що призвело до розподілу пошарової щільності ґрунтів та високої їхньої неоднорідності [1].

Аналіз останніх досліджень. Проведені дослідження [2] напруженого стану ґрунту під дією робочих органів не призвели до отримання практичних результатів. Численні спроби застосування методів досліджень [3] пружних матеріалів щодо аналізу напружень у ґрунті також не дали результатів, так як залежність між силою, що діє на ґрунт і деформацією ґрунту є функцією стану ґрунтового середовища. На жаль, у всьому світі мало приділяється уваги дослідженням зміни

властивостей ґрунту при механічній обробці. У дослідженнях взаємодії робочих органів з ґрунтом при механічній обробці прийнято фіксувати деякі фізико-механічні характеристики ґрунту, від яких залежать результативність і характер цієї взаємодії: вологість ґрунту; твердість і міцність ґрунту; тертя ґрунту об поверхню робочого органа при русі; трудність обробки ґрунту; абразивні властивості ґрунту. Практично всі властивості ґрунту, в тому числі і перераховані вище, залежать від вологості ґрунту.

Постановка завдання. Дослідити процес пошарової (*I* шар 0-15 см, *II* шар 15-0,25 см, *III* шар 25-40 см) деформації ґрунтового середовища робочими органами ярусного глибокорозпушувача.

Основна частина. Розглянемо процес взаємодії робочого органу глибокорозпушувача із шаром ґрунту. Робочий орган представляє собою двогранний клин. За даними [4] величина сили опору двогранного клину дорівнює:

$$F = \sum F_{\text{тер.}} + F_{\text{деф.}}, \quad (1)$$

де $\sum F_{\text{тер.}}$ – сумарна сила опору ґрунту від сил тертя, Н;

$F_{\text{деф.}}$ – сила опору деформації ґрунту, Н.

При роботі клина в однорідному за властивостями ґрунті складова $\sum F_{\text{тер.}}$ має постійне значення, а $\sum F_{\text{деф.}}$ періодично змінюється від нуля до деякого максимального значення, що обумовлено циклічним характером деформації ґрунту під дією клина. Характер зміни сили опору деформації ґрунту залежить від його фізико-механічних властивостей і вологості. За даними експериментальних досліджень [5, 6] приймаємо те, що динамічна сила опору деформації ґрунту змінюється за законом синуса (рис. 1)

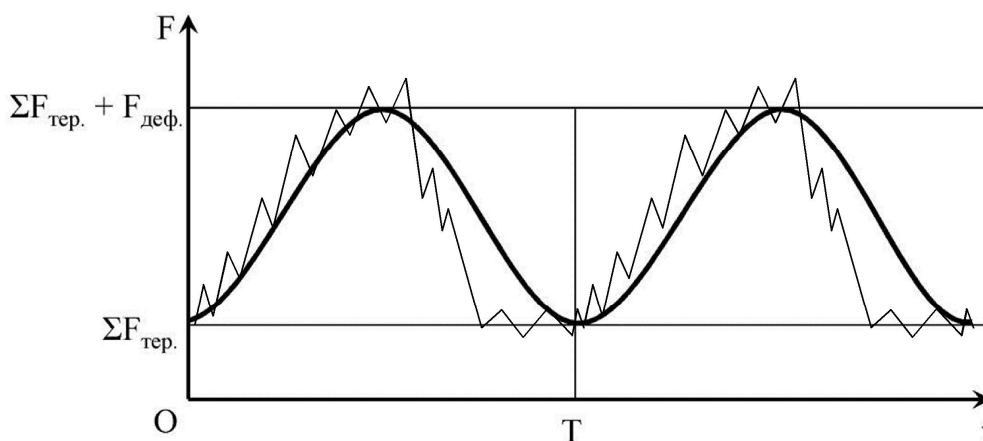


Рис. 1. Динамічна залежність сили опору деформації ґрунту: 1 – експериментальні данні досліджень [5], 2 – лінія апроксимації

При цьому процес «стиснення-руйнування» швидкоплинний і за певних умов клин може перейти в стан ударного навантаження. А.Н. Гудков, Г.А. Деграф, К.Г. Арутюнян, В.В. Кацигін, Ю.Ф. Новіков [6] і

ряд інших дослідників питання взаємодії робочих органів із ґрунтом розглядають з урахуванням швидкостей поширення напружень і деформацій у ґрунті.

У вузькому діапазоні варіювання швидкості залежність між напруженістю опору ґрунту і швидкістю деформації може бути описана лінійним рівнянням [7]

$$\sigma = \sigma_n (1 + K_p V), \quad (2)$$

де σ – напруженість опору ґрунту, Па;

K_p – коефіцієнт, що враховує релаксаційні властивості ґрунту,
 $K_p = 0,25 \text{ Па} \cdot \text{с/м}$;

V – швидкість деформації ґрунту (швидкість руху трактора), м/с;

σ_n – миттєве напруження опору ґрунту, Па.

Тому напружений стан у ґрунті залежить не тільки від величини деформації, але і від швидкості, з якою розвивається процес деформації. З цього можна зробити висновок, що ударне прикладення навантажень на ґрунт викликає більш високі напруження. При цьому межі його міцності при руйнування підвищуються.

Для визначення миттєвого напруження опору ґрунту розглянемо елементарну площадку на яку діють нормальні і дотичні напруження (рис 2).

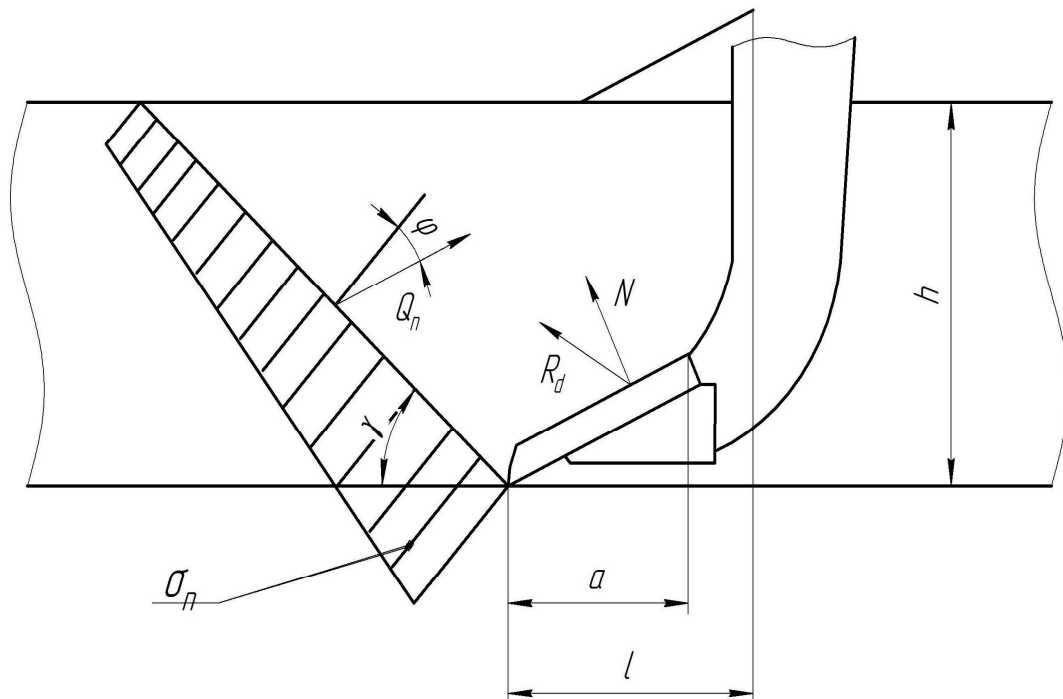


Рис. 2. Схема дії напружень на елементарну площадку ґрунту: γ – кут здвигу ґрунту у поперечному напрямі; σ_n – гранична рівновага; R_d – рівнодіюча сила; N_n – сила нормальної реакції

Напруження в точках області граничної рівноваги для елементарної площини ґрунту визначається системою п'яти рівнянь [9]:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} = \gamma, \\ \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} - \frac{\partial \sigma_y}{\partial y} = 0, \\ \frac{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau_{xy}^2}{(\sigma_x + \sigma_y + 2C_0 \operatorname{ctg} \varphi)^2} = \sin^2 \varphi, \\ \sigma_n = \frac{1}{2}(\sigma_x + \sigma_y) - \cos \varphi \sqrt{\frac{1}{4}(\sigma_x - \sigma_y)^2 + \tau_{xy}^2}, \\ \tau_n = \sin \varphi \sqrt{\frac{1}{4}(\sigma_x - \sigma_y)^2 + \tau_{xy}^2}, \end{array} \right. \quad (3)$$

де τ_{xy} – дотичне напруження, Па;
 σ_x, σ_y – нормальне напруження вздовж осей Ox і Oy відповідно, Па;
 τ_n – граничне дотичне напруження, Па;
 C_0 – зчеплення ґрунту, Па;
 φ – кут внутрішнього тертя ґрунту, рад;
 γ – об’ємна вага ґрунту, Н/м³;

$$\gamma = \rho \cdot g; \quad (4)$$

ρ – густина ґрунту, кг/м³;

g – прискорення вільного падіння, м/с².

Згідно з експериментальними дослідженнями [8] зчеплення C_0 і кут внутрішнього тертя φ ґрунту залежать від його вологості W_0 (рис. 3, 4):

$$C_0 = -2,25 \cdot 10^{-4} W_0^3 + 1,37 \cdot 10^{-2} W_0^2 - 1,99 \cdot 10^{-2} W_0, \quad (5)$$

$$\varphi = -4,13 \cdot 10^{-4} W_0^2 + 1,66 \cdot 10^{-2} W_0 + 4,51 \cdot 10^{-1}, \quad (6)$$

де W_0 – вологість шару ґрунту, %.

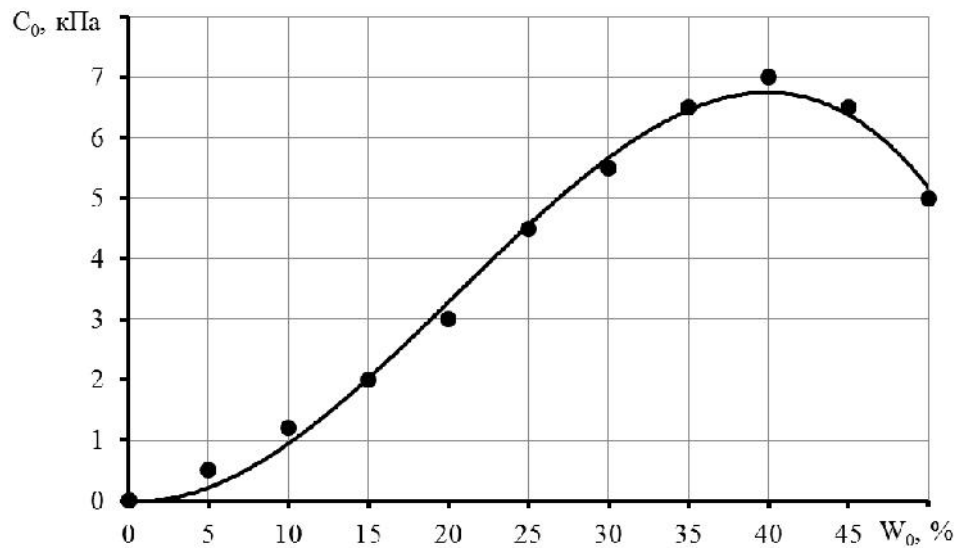
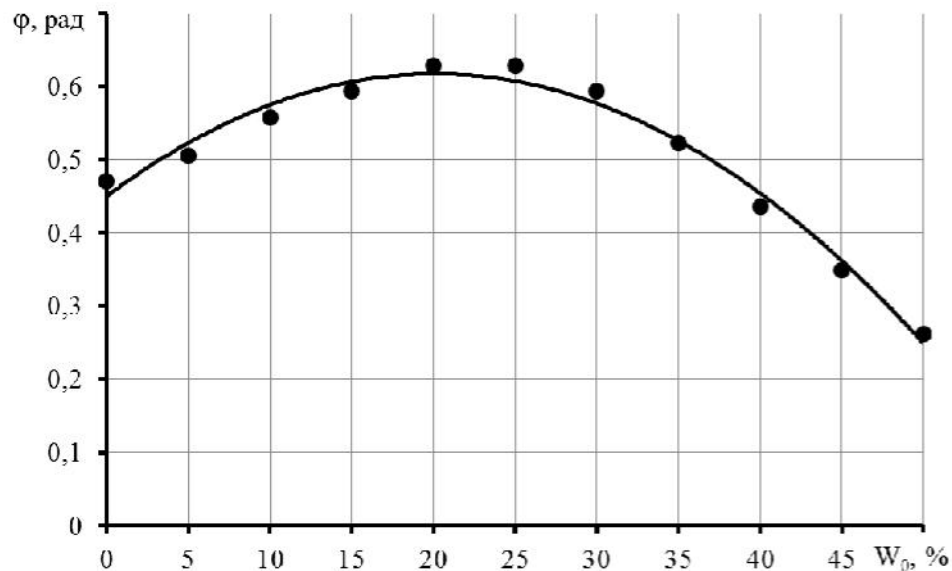
Відповідно до рівняння Кулона-Мора, опір зсуву по визначеній поверхні руйнування лінійно залежить від нормального напруження ґрунту:

$$|\tau_n| = C_0 + \sigma_n \operatorname{tg} \varphi. \quad (7)$$

Однак використання методу Кулона для визначення граничної рівноваги дає великі похибки. Більш точні результати дозволяє одержати метод, розроблений В.В.Соколовським, що полягає в наступному [9]. Умову граничного опору, що передуює руйнуванню ґрунту, можна записати у наступному вигляді:

$$\max\{|\tau| - (C_0 + \sigma_n \operatorname{tg} \varphi)\} = 0. \quad (8)$$

Система рівнянь (3) і (8) характеризує граничний стан і обрис лінії ковзання.

Рис. 3. Залежність зчеплення C_0 ґрунту від його вологості W_0 Рис. 4. Залежність кута внутрішнього тертя ϕ ґрунту від його вологості W_0

Однак, в явному вигляді ці рівняння дуже важко вирішити. Тому, скориставшись програмним пакетом Maple 16 з використанням методів чисельного обчислення систем диференціальних рівнянь у часткових похідних, були отримані значення миттєвих напружень опору ґрунту для кожного шару ґрунту:

- I шар ($\rho = 1430 \dots 1460 \text{ кг/м}^3$, $W_0 = 9 \dots 11 \%$) $\sigma_n = 30,8 \dots 50,9 \text{ кПа}$;
- II шар ($\rho = 1340 \dots 1560 \text{ кг/м}^3$, $W_0 = 24 \dots 26 \%$) $\sigma_n = 170,1 \dots 183,5 \text{ кПа}$;
- III шар ($\rho = 1280 \dots 1390 \text{ кг/м}^3$, $W_0 = 14 \dots 16 \%$) $\sigma_n = 105,1 \dots 129,3 \text{ кПа}$.

Провівши моделювання взаємодії робочого органу глибокорозпушувача із ґрунтом в програмних пакетах SolidWorks 2013 і PLAXIS були отримані розподіл напруженості на робочий орган і шлях зминання ґрунту (рис. 5):

- I шар ($\rho = 1430 \dots 1460 \text{ кг/м}^3$, $W_0 = 9 \dots 11 \%$) $l = 1,01 \dots 1,23 \text{ м}$;
- II шар ($\rho = 1340 \dots 1560 \text{ кг/м}^3$, $W_0 = 24 \dots 26 \%$) $l = 0,83 \dots 0,96 \text{ м}$;
- III шар ($\rho = 1280 \dots 1390 \text{ кг/м}^3$, $W_0 = 14 \dots 16 \%$) $l = 0,44 \dots 0,56 \text{ м}$.

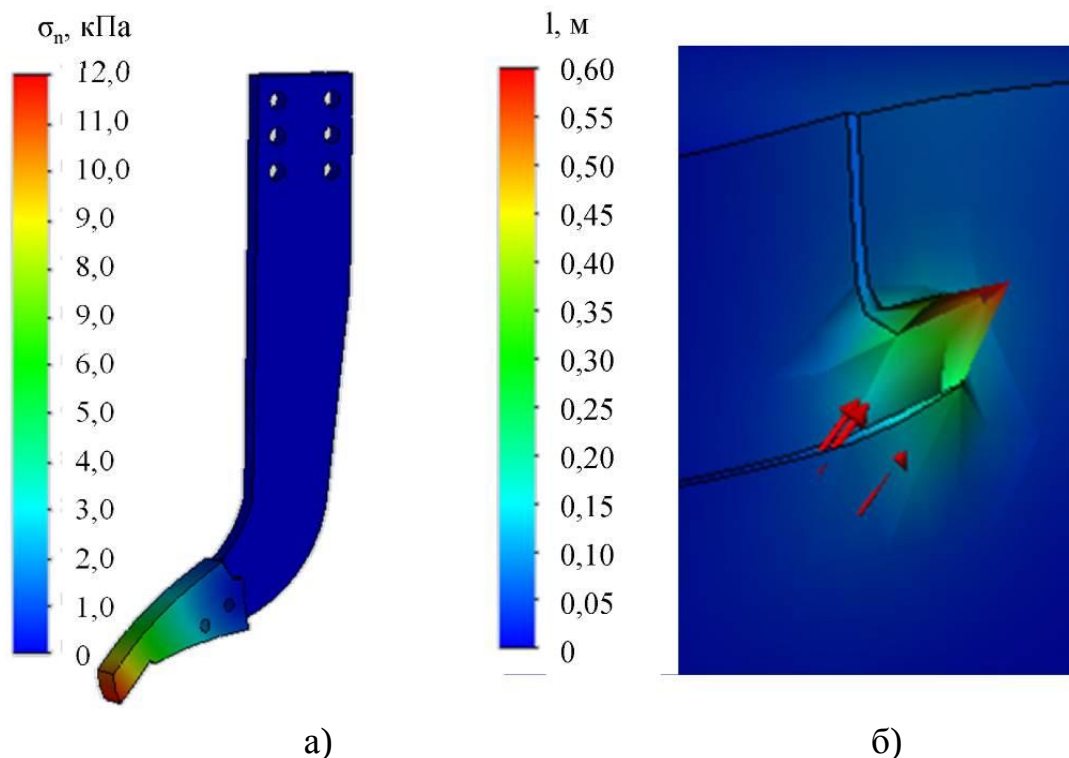


Рис. 5. Моделювання взаємодії робочого органу глибокорозпушувача із ґрунтом в програмних пакетах *SolidWorks 2013* (а) і *PLAXIS* (б)

Враховуючи рисунок 2 та рисунок 3, а також рівняння (1) і (2), остаточно маємо:

$$F = \sum F_{\text{тер.}} + F_{\text{деф.}}^{\max} \sin \omega t, \quad (9)$$

де $F_{\text{деф.}}^{\max}$ – максимальна сила опору деформації ґрунту, Н;

$$F_{\text{деф.}}^{\max} = \sigma \cdot l \cdot a \cdot \sin \alpha, \quad (10)$$

де l – шлях зминання ґрунту, м;

a – довжина робочої частини розпушуючої лапи робочого органу, м;

α – кут кришення лапи робочого органу, м;

ω – частота зміни сили опору деформації ґрунту, с^{-1} ;

$$\omega = \frac{V}{l}. \quad (11)$$



Висновки. 1. Одержана механіко-математична модель процесу взаємодії робочого органу глибокорозпушувача з ґрунтом пов'язала між собою напруження опору і шлях зминання ґрунту від його фізико-механічних властивостей (щільність та вологість).

2. За результатами розрахунку механіко-математичної моделі були отримані значення напружень опору σ_n і шляху зминання ґрунту l для кожного його шару:

- I шар ($\rho = 1430 \dots 1460 \text{ кг/м}^3$, $W_0 = 9 \dots 11 \%$) $\sigma_n = 30,8 \dots 50,9 \text{ кПа}$, $l = 1,01 \dots 1,23 \text{ м}$;
- II шар ($\rho = 1340 \dots 1560 \text{ кг/м}^3$, $W_0 = 24 \dots 26 \%$) $\sigma_n = 170,1 \dots 183,5 \text{ кПа}$, $l = 0,83 \dots 0,96 \text{ м}$;
- III шар ($\rho = 1280 \dots 1390 \text{ кг/м}^3$, $W_0 = 14 \dots 16 \%$) $\sigma_n = 105,1 \dots 129,3 \text{ кПа}$, $l = 0,44 \dots 0,56 \text{ м}$.

Література

1. Шевченко И.А. Обоснование геометрических параметров ступенчатых рабочих органов глубокихрыхлителей для почв юга Украины: дисс. канд. техн. наук : 05.20.01 / И.А.Шевченко. – Москва, 1987.
2. Горячкин В.П. Теория разрушения почв. Собр.соч. / В.П. Горячкин – М.: Колос, 1968. – Т2. С. 335-382.
3. Зеленин А.Н. Основы разрушения грунтов механическим способом / А.Н. Зеленин – М.: Машиностроение, 1968. – 376 с.
4. Заславский М.Н. Почва и эрозия / М.Н. Заславский. – М. : Мысль, 1979. – 245 с.
5. Синеоков Г.Н., Панов И.М. Теория и расчет почвообрабатывающих машин / Г.Н.Синеоков, И.М.Панов. – М.: Машиностроение, 1977. – 328 с.
6. Гудков А.Н. Теоретические положения к выбору новой системы машин для обработки почвы / А.Н. Гудков // Земледельческая механика. – М.: Машиностроение, 1969.-168 с.
7. Виноградов В. И. Сопротивление почвы смятию в зависимости от скорости деформации /Виноградов В.И.// Механизация сельскохозяйственного производства: Сб.науч.тр. ЧИМЭСХ.– Челябинск. – 1985.– Вып. 43.–4.2.– С. 11...17.
8. Евстифеев Д.В. Исследование параметров грунта при его прямом сдвиге / Д.В. Евстифеев, Г.П. Дроздовский, Н.Р. Шоль – Интернет-ресурс. – Режим доступа: http://science-bsea.narod.ru/2005/mashin_2005/evstifeev_issled.htm.



9. Соколовский В.В. Статика сыпучей среды / В.В. Соколовский. – М. : Гостехиздат, 1954. – 243 с.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ РАБОЧЕГО ОРГАНА ГЛУБОКОРЫХЛИ- ТЕЛЯ С ПОЧВОЙ

Ю.М. Лабатюк, Э.Б. Алиев

Аннотация – получена механико-математическая модель процесса взаимодействия рабочего органа глубокорыхлителя с грунтом. Определены значения напряженности сопротивления и пути смятия почвы для разных ее слоев.

MATHEMATICAL MODELING OF THE INTERACTION OF WORKING WITH THE SOIL BODY CHISEL

Y.Labatyuk, E.Aliev

Summary

Received mechanical-mathematical model of the interaction of the working body subsoilers with the ground. The values of the intensity and path collapsing soil for its various layers.



УДК 631.362

ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ РУХУ ЧАСТОК В ПЛОСКОМУ НАХИЛЕНОМУ КАНАЛІ ПНЕВМАТИЧНОГО СЕПАРАТОРА

Бакум М.В. к.т.н.

Ольшанський В.П. д. фіз-мат. н.

Крекот М.М. інженер,

Винокуров М.О. інженер.

Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка

Тел. (057) 732-38-45, E-mail: kafedrashm@mail.ru

Анотація – на основі отриманих формул, при аналітичному розв’язку спрощених нелінійних рівнянь руху часток в однорідному повітряному потоці встановлені закономірності впливу кута нахилу плоского сепарувального каналу та швидкості повітряного потоку на переміщення часток з різними коефіцієнтами вітрильності.

Ключові слова – аналітичний розв’язок, рівняння руху, частинка, повітряний потік, нахилений канал, пневматичний сепаратор.

Постановка проблеми. Повітряні канали широко використовуються в сільськогосподарському виробництві. Проте закономірності руху матеріалу в них досліджені недостатньо. При квадратичній залежності аеродинамічної сили від відносної швидкості потоку повітря рівняння польоту частки є нелінійними і для їх інтегрування використовують числові методи. Отримання аналітичних розв’язків пов’язані із значними математичними складнощами. Але їх отримання можливе після належного спрощення задачі Коші. Тому одержання наближених аналітичних розв’язків, які приводять до компактних розрахункових формул, залишається актуальною задачею, розв’язання якої спрощує дослідження закономірностей руху компонентів сільськогосподарських матеріалів в каналі.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Із останніх робіт за проблемою повітряної сепарації зерна відмітимо [1]. В роботі [2] обґрунтовано вплив живильника на ефективність сепарації у горизонтальному повітряному потоці. В дисертації [3] досліджено вплив нерівномірності потоку повітря по висоті каналу прямокутного перетину на

якість розділення зернових сумішей. В статті [4] описані будова і принцип роботи зигзагоподібного кільцевого пневмосепаратора. Результати роботи модернізованого сепаратора з нахиленим повітряним каналом при очищенні насіння овочевих культур опубліковані в [5, 6]. Загальні напрямки інтенсифікації попереднього очищення зерна повітряними потоками і особисті результати досліджень наведені авторами в роботі [7, 8].

Постановка завдання. Визначити закономірності руху частки на основі отриманих наближених компактних формул для розрахунку кінематичних параметрів часток під час їх руху в однорідному повітряному потоці в плоскому нахиленому до горизонту каналі.

Основана частина. Розглянемо повітряний прямокутний канал шириною h верхня і нижня стінки якого нахилені до горизонту під кутом α . Вектор швидкості повітряного потоку $\bar{V}$ приймаємо сталим і спрямованим вздовж стінок каналу. Траєкторію польоту часток розглянемо в повернутій на кут α прямокутній системі координат XOY , наведеній на рис 1. В цій системі координат проекції траєкторії руху часток є розв'язками диференціальних рівнянь:

$$\ddot{x} - k(V - \dot{x})\sqrt{(V - \dot{x})^2 + \dot{y}^2} = g \sin \alpha; \quad (1)$$

$$\ddot{y} - k\dot{y}\sqrt{(V - \dot{x})^2 + \dot{y}^2} = g \cos \alpha,$$

де k – коефіцієнт вітрильності часток;

g – прискорення вільного падіння; крапка над символом визначає похідну за часом t .

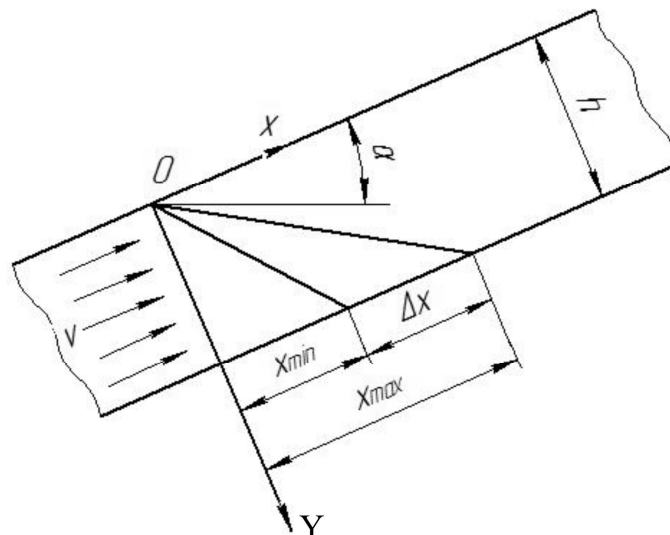


Рис. 1. Розрахункова схема.

Початкові умови до системи (1) приймаємо:

$$\dot{x}(0) = \vartheta_1; \dot{y}(0) = \vartheta_2; x(0) = 0; y(0) = 0, \quad (2)$$

де ϑ_1 і ϑ_2 – проекції початкової складової швидкості частки на осі OX та OY , відповідно.



Далі спростимо систему рівнянь (1). Враховуючи, що в каналі $\dot{y}^2 \ll (V - \dot{x})^2$ систему рівнянь (1) запишемо у спрощеному вигляді:

$$\begin{aligned}\ddot{x} - k(V - \dot{x})^2 &= -g_1; \\ \ddot{y} + k\dot{y}(V - \dot{x}) &= g_2.\end{aligned}\quad (4)$$

Інтеграли першого рівняння системи (4), з врахуванням (3), мають вигляд:

$$\dot{x}(t) = V - g^* \frac{\exp(2k g^* t) + c}{\exp(2k g^* t) - c}; \quad (5)$$

$$x(t) = (V + g^*) \cdot t - \frac{1}{k} \ln \frac{\exp(2k g^* t)}{1 - c},$$

$$\text{де } g^* = \sqrt{\frac{g \sin \alpha}{k}}; c = \frac{V - g_1 - g^*}{V - g_1 + g^*}.$$

Інтегрування другого рівняння системи (4), з врахуванням вихідних умов (3), дозволяють отримати формули для визначення швидкості та переміщення у вигляді:

$$\dot{y}(t) = \frac{1}{\exp(2k g^* t) - c} \left\{ \left[g_2(1 - c) - \frac{g_2(1 + c)}{k g^*} \right] \exp(k g^* t) + \frac{g_2}{k g^*} [\exp(2k g^* t) + c] \right\}; \quad (6)$$

$$y(t) = A \cdot \ln \frac{\exp(k g^* t) - \sqrt{c}}{1 - \sqrt{c}} + B \cdot \ln \frac{\exp(k g^* t) + \sqrt{c}}{1 + \sqrt{c}} + Dt,$$

$$\text{де: } A = \frac{(1 - \sqrt{c})^2}{2\sqrt{c}(k g^*)^2} \left[\frac{1 + \sqrt{c}}{1 - \sqrt{c}} k g^* g_2 - g_2 \right];$$

$$B = \frac{(1 + \sqrt{c})^2}{2\sqrt{c}(k g^*)^2} \left[g_2 - \frac{1 - \sqrt{c}}{1 + \sqrt{c}} k g^* g_2 \right]; D = -\frac{g_2}{k g^*}.$$

Для розрахунків дальності польоту частинок вздовж каналу та визначення поділяючої спроможності необхідно знати час польоту t_n , який є коренем трансцендентного рівняння

$$y = (t_n) = h$$

Цей корінь із заданою точністю можна знаходити методом Н'ютона за формулою:

$$t_{i+1} = t_i - \frac{y(t_i) - h}{\dot{y}(t_i)}; i = 0, 1, 2, \dots, \quad (7)$$

де $y(t)$ і $\dot{y}(t)$ визначаються за рівняннями (6).

При виборі початкового наближення t_0 необхідно враховувати нерівність



$$t_* < t_0 < t^*. \quad (8)$$

До нижньої границі

$$t_* = \sqrt{\left(\frac{g_2}{g_2}\right)^2 + \frac{2h}{g_2} - \frac{g_2}{g_2}}$$

приводить розв'язання диференційного рівняння

$$\ddot{y} = g_2,$$

яке задовольняє умовам (3).

Верхня границя t^* визначається з розв'язку задачі Коші для диференційного рівняння

$$\ddot{y} + \beta \dot{y} = g_2,$$

де $\beta = k(V - g_1)$.

Таким розв'язком є :

$$y(t) = \frac{1}{\beta} \left\{ (g_2 - \frac{g_2}{\beta}) [1 - \exp(-\beta t)] + g_2 t \right\}.$$

Рівність $y(t^*) = h$ перетворюється в трансцендентне рівняння виду:

$$Z \exp(-Z) = \exp(a), \quad (9)$$

де $Z = (1 - \frac{\beta g_2}{g_2}) \exp(-\beta t^*)$;

$$a = \ln(1 - \frac{\beta g_2}{g_2}) - \frac{\beta}{g_2} (\beta h - g_2) - 1.$$

Розв'язок рівняння (9) виражається через спеціальну функцію Ламберта $W(\eta)$ [7, 8], що приводить до формули:

$$t^* = \frac{1}{\beta} \ln \frac{\beta g_2 - g_2}{g_2 W[-\exp(a)]}.$$

Значення функції Ламберта від'ємного аргументу можна знаходити методом лінійної інтерполяції за таблицею, наведеною в монографії [9, ст. 192].

Задаючи t_0 в межах (8) отримуємо швидку збіжність ітерації за формулою (7). Визначивши таким способом, із заданою точністю $t_n = t_{i+1}$, це значення t необхідно підставити в формулу (5) і визначити дальність польоту часточок вздовж каналу.

З аналізу результатів досліджень видно, що зміна кута нахилу каналу до горизонту суттєво впливає на величину та напрямок переміщення часточок по його довжині. Так, при малих швидкостях повітряного потоку $V < 6 \text{ м/с}$ на часточки більший вплив має сила тяжіння. За прийнятої системи координат переміщення має від'ємне значення, тобто часточки переміщуються вниз по каналу, а саме при



швидкості $V = 2 \text{ м/с}$ та $\alpha = 10^\circ$ часточки з коефіцієнтами вітрильності від 0,20 до 1,20 переміщуються вниз по каналу, відповідно, в межах від 0,164 до 0,007 м.

При збільшенні кута $\alpha \leq 55^\circ$ величина переміщення вниз по каналу плавно зростає майже за лінійною залежністю. Подальше збільшення $\alpha > 55^\circ$ забезпечує зростання інтенсивності зміни величини переміщення. Так, при $\alpha = 55^\circ$ дальність польоту часточок з коефіцієнтами вітрильності від 0,20 до 1,20 змінюється в межах, відповідно, від -0,001 до -0,333 м. Збільшення α до 85° призводить до переміщення часточок з $k = 0,20$ на -2,603 м, а з $k = 1,20$ на -0,719 м.

Зміна кута α , при $V = 6 \text{ м/с}$ (рис. 2), призводить до зміни напрямку переміщення часточок, з більшістю досліджуваних коефіцієнтів вітрильності, в каналі. Часточки з $k = 0,20$, при зміні $\alpha > 65^\circ$, переміщуються вниз по каналу (від 0 до -0,318 м). Часточки з більшими коефіцієнтами вітрильності переміщуються вверх по каналу. По мірі збільшення коефіцієнта вітрильності часточок величина їх переміщення зростає. Тобто на зростання величини переміщення суттєво впливає кут нахилу каналу до горизонту. Так, якщо часточки з $k = 0,45$; $k = 0,70$; $k = 0,95$ та $k = 1,20$ при $\alpha = 10^\circ$ переміщуються, відповідно, на 0,447; 0,638; 0,789 та 0,912 м, то при $\alpha = 55^\circ$ на 0,460; 0,772; 1,010 та 1,199 м, а при $\alpha = 80^\circ$ - на 1,715; 2,989; 3,939 та 4,719 м.

При більшій швидкості $V > 7,0 \text{ м/с}$ напрям переміщення часточок з різним k однаковий, а величина суттєво залежить від коефіцієнта вітрильності часточки та кута нахилу каналу до горизонту. Так, зміна коефіцієнта вітрильності часточок від 0,20 до 1,20, при $\alpha = 10^\circ$ та $V = 10 \text{ м/с}$, призводить до зростання переміщення вверх по каналу на відстань від 0,550 до 1,895 м. Збільшення кута нахилу каналу до 40° не призводить до суттєвої зміни величини переміщення часточок. При подальшому збільшенні кута переміщення часточок з великою вітрильністю зростає більш інтенсивно. Інтенсивне зростання переміщення часточок з малим коефіцієнтом вітрильності настає при більших значеннях кута α ($\alpha > 65^\circ$). При $\alpha = 85^\circ$ переміщення часточок з k рівним 0,45; 0,70; 0,95 та 1,20 буде найбільшим і становитиме, відповідно: 5,923; 7,845; 9,277 та 10,471 м.

Таким чином, аналіз зміни величини переміщення часточок з різними коефіцієнтами вітрильності показує, що поділяюча здатність каналу зростає із збільшенням кута його нахилу, але при цьому також зростають його габаритні розміри (довжина). Так, наприклад, поділяюча здатність каналу для часточок з коефіцієнтами вітрильності $k = 0,45$ і 0,70 при збільшенні кута нахилу каналу від 10 до 40° (при

$V = 6 \text{ м/с}$) зросла в 1,28 рази а необхідна довжина каналу від 0,638 до 0,659 м, тобто в 1,03 рази.

При збільшенні кута нахилу каналу з 40 до 55° поділяюча здатність зростає в 1,26 рази, а необхідна довжина з 0,659 до 0,772 м (в 1,17 рази), тобто інтенсивність зростання поділяючої здатності перевищує інтенсивність зростання довжини каналу в 1,08 рази. Збільшення кута нахилу з 40 до 55° , в порівнянні із збільшенням від 10 до 40° , збільшить поділяючу здатність каналу в 0,99 рази, при цьому необхідна довжина каналу зросте в 1,14 рази, тобто інтенсивність зростання необхідної довжини перевищує в 0,15 рази інтенсивність зростання його поділяючої здатності.

Слід зазначити, що для часточок з різними коефіцієнтами вітрильності можна визначити швидкість повітряного потоку і кут нахилу каналу при яких забезпечується повне (найкраще) розділення компонентів насінневої суміші. Наприклад, при $V = 6 \text{ м/с}$, в каналі нахиленому під кутом $\alpha = 65^\circ$ до горизонту компоненти насінневої суміші з коефіцієнтами вітрильності k рівними 0,20 і 0,45 розділяються повністю.

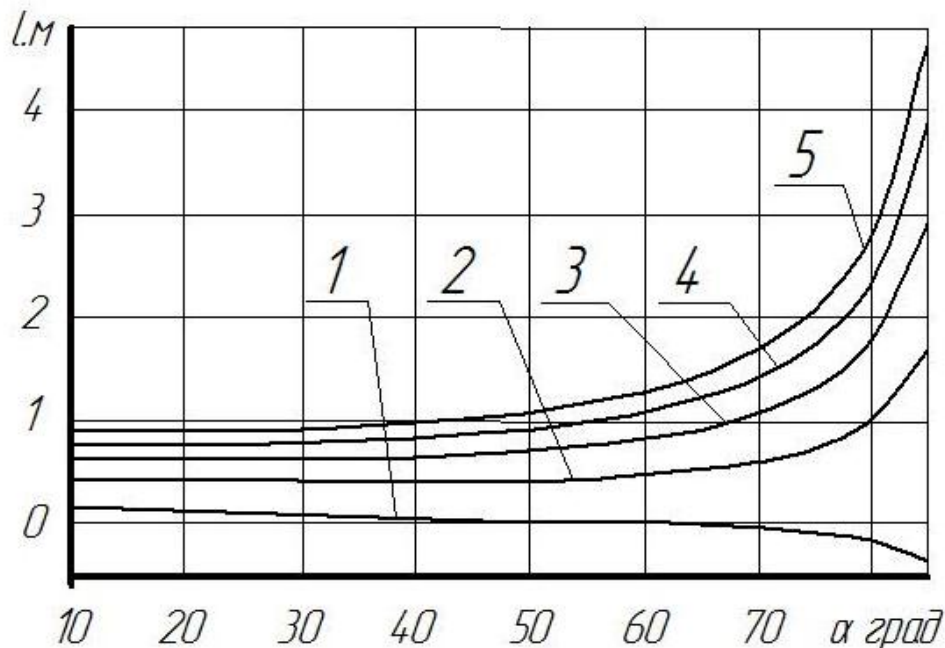


Рис. 2. Залежність дальності польоту l часточок у нахиленому каналі від величини кута α нахилу, при $V = 6 \text{ м/с}$:

1 - $k = 0,20$; 2 - $k = 0,45$; 3 - $k = 0,70$; 4 - $k = 0,95$; 5 - $k = 1,20$.

Суттєвий вплив на поділяючу здатність має швидкість повітряного потоку в каналі (рис. 3). Так, при $\alpha = 30^\circ$ та $V = 1 \text{ м/с}$, часточки з k рівним 0,20; 0,45; 0,70; 0,95 та 1,20 переміщуються на відстань відповідно: -0,148; -0,120; -0,094; -0,070 та -0,047 м, а при $V = 10 \text{ м/с}$ – вгору на 0,520; 1,112; 1,515; 1,809; 2,032 м. При встановленні каналу

під кутом 45° і $V = 1 \text{ м/с}$ часточки переміщуються на відстань: -0,267; -0,229; -0,195; -0,163 та -0,135 м, а при $V = 10 \text{ м/с}$ - на 0,557; 1,256; 1,724; 2,061 та 2,316 м. Якщо $\alpha = 60^\circ$ і $V = 1 \text{ м/с}$ дальність польоту часточок становитиме -0,468; -0,410; -0,359; -0,313; -0,272 м, та 0,683; 1,604; 2,196; 2,614; 2,928 м при $V = 10 \text{ м/с}$.

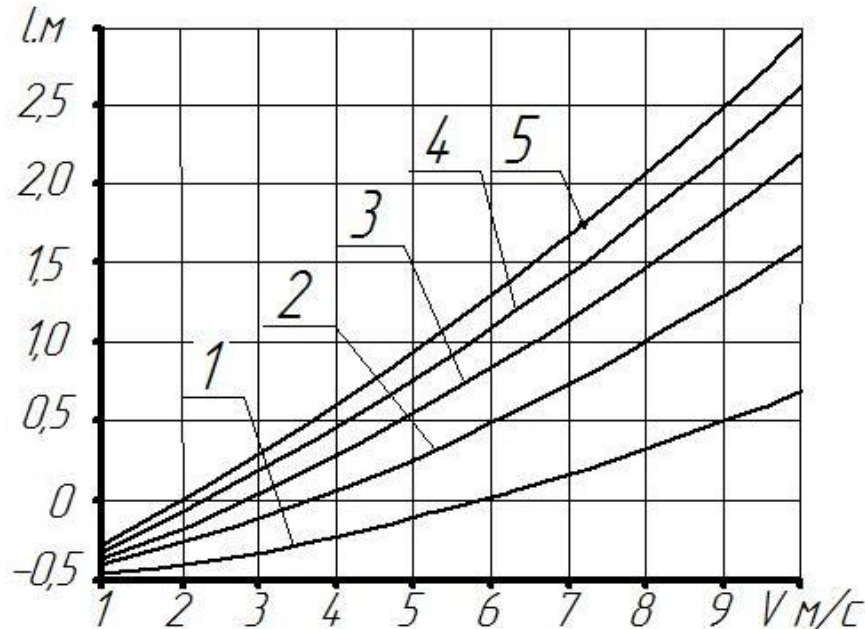


Рис. 3. Залежність дальності польоту l часточок у нахиленому каналі від швидкості V повітряного потоку, при $\alpha = 60^\circ$:
1 - $k = 0,20$; 2 - $k = 0,45$; 3 - $k = 0,70$; 4 - $k = 0,95$; 5 - $k = 1,20$.

Аналіз досліджень свідчить, що збільшення швидкості повітряного потоку призводить до більш інтенсивного підвищення поділяючої здатності, яка реалізується у каналах більшої довжини. Причому, слід зазначити, що інтенсивність зростання поділяючої здатності для компонентів з різними коефіцієнтами вітрильності неоднакова. З отриманих результатів досліджень видно, що інтенсивність зміни поділяючої здатності компонентів з великим значенням $k = 0,95 \dots 1,20$ змінюється менш інтенсивно, ніж для часточок з малими значеннями $k = 0,20 \dots 1,45$, для прийнятого діапазону зміни швидкостей повітряного потоку. Необхідна довжина сепарувального каналу змінюється в більшому діапазоні, від 2 до 3 м, для часточок з більшим коефіцієнтом вітрильності, ніж для часточок з меншим коефіцієнтом, який знаходиться в межах від 0,8 до 0,68 м.

Висновки. Аналізом теоретичних досліджень впливу кута нахилу каналу до горизонту на рух частинок виявлено, що його зміна до 40° несуттєво впливає на величину переміщення частинок і необхідну довжину робочої частини каналу. Подальше збільшення кута нахилу забезпечує зростання інтенсивності зміни величини переміщення.



Поділяюча здатність каналу для частинок з коефіцієнтами вітрильності $k = 0,45$ і $0,70 \text{ м}^{-1}$ при збільшенні кута нахилу каналу від 10 до 25° (при $V = 6 \text{ м/с}$) змінилась несуттєво, а його необхідна робоча довжина збільшилась в $1,4$ рази. Таким чином, інтенсивність зростання необхідної довжини сепарувального каналу перевищує зростання поділяючої здатності на цьому діапазоні зміни кута його нахилу в $2,451$ рази. При зміні α від 25 до 40° поділяюча здатність зростає в $1,162$ рази. При зміні α з 40 до 55° поділяюча здатність каналу збільшується в $1,26$ рази а необхідна робоча довжина в $1,17$ рази що забезпечує перевищення інтенсивності зростання поділяючої здатності інтенсивності необхідної довжини робочого каналу лише в $1,08$ рази. Подальше збільшення кута нахилу каналу з 55 до 70° забезпечує зростання поділяючої здатності в $1,489$ рази а його необхідної довжини в $1,879$ рази. Таким чином у цьому діапазоні зміни кута нахилу вже інтенсивність зростання довжини перевищує інтенсивність зростання поділяючої здатності в $1,262$ рази. Для ефективного розділення насінневих сумішей раціональний діапазон зміни кутів нахилу повітряного каналу становить від 40 до 50° .

Варіюванням величиною кута нахилу каналу і швидкістю повітряного потоку можна змінювати характеристики переміщення частинок і напрямок їх переміщення в нахиленому сепарувальному каналі. Так, при $V = 6 \text{ м/с}$ в каналі нахиленому під кутом $\alpha > 65^\circ$ до горизонту компоненти насінневої суміші з коефіцієнтом вітрильності $k = 0,20 \text{ м}^{-1}$ рухаються вниз по каналу, а з $k > 0,45 \text{ м}^{-1}$ - вверх, що забезпечує повне їх розділення.

Література

1. Васильковський М.І. Аналіз сучасного стану повітряної сепарації зерна / М.І. Васильковський, С.Я. Гончарова, С.М. Леценко, О.В. Нестеренко // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. – Вип. 36. – Кіровоград: КНТУ, 2006. – С. 11-114.
2. Єрмак В.П. Вдосконалення способу сепарування насіння соняшника у повітряних потоках : Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.05.11 / В.П. Єрмак – Луганськ, ЛНАУ, 2003 – 18 с.
3. Абдуєв М.М. Обґрунтування параметрів сепаратора з нахиленим повітряним каналом для розділення зернових сумішей : дис. ... канд. техн. наук: 05.05.11 / М.М. Абдуєв. – Харків: ХНТУСГ ім. П. Василенка, 2006. – 200 с.
4. Степаненко С.П. Дослідження процесу пневматичної сепарації насіння в кільцевому зигзагоподібному сепараторі / С.П. Степаненко // Механізація сільськогосподарського виробництва. – Харків : ХНТУСГ. – 2008. – С. 59–65.



5. Бакум М.В. Дослідження впливу основних параметрів пневматичного сепаратора на якість очищення насіння редиски / М.В. Бакум., М.М. Крекот // Збірник наукових статей. Сільськогосподарські машини. - Луцьк: ЛНТУ, 2009. – Вип. 18. С. 14 – 19.
6. Бакум М.В. Дослідження можливості підвищення посівних властивостей насіння дині / М.В. Бакум, М.М. Крекот, М.М. Абдуєв, О.С. Вотченко, В.П. Леонов, М.В. Могильний // Механізація сільськогосподарського виробництва: Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка. – Харків: ХНТУСГ ім. Петра Василенка, 2010. - Вип. 93. Т.1.– С. 82-88.
7. Corless R.M. On The Lambert W Function / R.M. Corless, G.H. Gonnet, D.E.G. Hare, D.J. Jeffrey, D.E. Knuth // Advances in Computational Math., V. 5, 1996, p. 329-359.
8. Farrel S. Lambert function and new non-extensive form of entropy / S. Farrel // IMA Journal of Applied Mathematics, V. 72, 2007, p. 785-800.
9. Кучеренко С.І. Балістика крапель, які випаровуються при польоті / С.І. Кучеренко, В.П. Ольшанський, С.В. Ольшанський, Л.М. Тищенко. – Харків: 2007. – 304 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДВИЖЕНИЯ ЧАСТИЧЕК В ПЛОСКОМ НАКЛОНЕННОМ КАНАЛЕ ПНЕВМАТИЧЕСКОГО СЕПАРАТОРА

Н.В. Бакум, В.П. Ольшанский, Н.Н. Крекот, Н.А. Винокуров

Аннотация – на основе полученных формул, при аналитическом решении упрощенных нелинейных уравнений движения частиц в однородном воздушном потоке установлены закономерности влияния угла наклона плоского сепарирующего канала и скорости воздушного потока на перемещение частиц с разными коэффициентами парусности.

INVESTIGATION OF THE PARAMETERS OF MOTION OF PARTICLES IN A PLANE CHANNEL INCLINATION PNEUMATIC SEPARATOR

N. Bakum, V. Olshanskiy, N. Krekot, N. Vinokurov

Summary

On the basis of the formulas, the analytical solution of the simplified nonlinear equations of motion of particles in a uniform air flow regularities influence the angle of a plane separating the channel and the air flow rate on the movement of particles with different coeff.



УДК 631.362

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ВИРОЩУВАННЯ ОВОЧІВ У ВІДКРИТОМУ ҐРУНТІ

Бакум М.В. к.т.н.

Ящук Д.А., інженер

Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка

Тел.: (057) 732-38-45, E-mail: kafedrashm@mail.ru

Анотація – наведені результати польових досліджень впливу різних способів сівби на польову схожість, урожайність та якість вирощеної продукції перцю солодкого.

Ключові слова – перець солодкий, гідросівба, польова схожість, урожайність, пророщене насіння, біохімічний аналіз плодів.

Постановка проблеми. Однією з найбільш працездатною операцією в технології виробництва овочів у відкритому ґрунті є висадка розсади. Заміна її висівом насіння суттєво знижує працездатність, але часто не забезпечує отримання сходів [1]. В практиці овочівництва набуває поширення висів пророщеного насіння у відкритий ґрунт на кінцеву густоту [2]. Така технологія потребує додаткових витрат на попереднє пророщування насіння (до появи ростків), але забезпечує прискорення появи сходів. Крім того використання води одночасно з висівом насіння гарантує появу більш дружніх сходів.

Для забезпечення висіву пророщеного насіння необхідна сівалка, яка б не пошкоджувала ростки. В ХНТУСГ ім. П. Василенка разом з ІОБ НААНУ розроблена гідросівалка СГО-4,2, яка забезпечує висів пророщеного насіння разом з водою. Обґрунтування параметрів робочих органів сівалки і процесу висіву пророщеного насіння є актуальною науково – прикладною задачею.

Аналіз досліджень і публікацій. Із овочевих посівних машин з висівними системами інших принципів дії найбільший інтерес представляє гідросівалка Fluid Dulling Ltd (Великобританія) [3], яка дозволяє здійснювати висів пророщеного насіння в гелі, в'язкість якого дозволяє підтримувати насіння у завислому стані [4].

Але, не дивлячись на явні переваги цього способу сівби, слід наголосити на істотних недоліках: високій вартості посівного гелю, неможливості застосувати розчинні мінеральні добрива, біологічно активні компоненти. Окрім того, конструкція гідросівалки здатна була



забезпечити тільки гніздовий посів, а застосування поршневих насосів викликало травмування проростків насіння.

Більш перспективним є висів пророщеного насіння разом з водою в якій розчинені як мінеральні добрива та і інтенсифікатори росту рослин гідросівалкою [5-9].

Формування мети статті. Обґрунтувати агротехнічні параметри висіву пророщеного насіння та порівняння його з традиційним способом посіву.

Основна частина. Лабораторно – польові дослідження впливу способу сівби, термінів висіву, витрати води на погонний метр рядка посівів, польову схожість, врожайність та якість отриманої продукції проводили разом з ІОБ НААНУ.

Вплив зазначених факторів на урожайність і якість отриманої продукції оцінювали методом польового експерименту. Досліди закладались на одній ділянці поля Інституту овочівництва і баштанництва НААНУ, які розділяли на прямокутні ділянки площею 10м². Для виключення впливу не досліджуваних факторів вибирали однорідні ділянки поля, а ділянки в кожній повторності розміщували на основі рендомізованих методів. Кожний фактор досліджувався в чотирьох повторностях. Кожну операцію догляду за посівами на всіх ділянках усіх повторностей виконували за один день, якісно у відповідності з агротехнічними вимогами. За декілька днів до збирання врожаю оцінювали стан посівів на кожній ділянці, виділяли залікову площу кожної ділянки, а при необхідності і площу виключки через пошкодження рослин під час їх розвитку. Урожай з ділянок для всіх повторностей збирали вручну на протязі одного дня. Урожай з виключок та незалікових площ збирали заздалегідь. При збиранні і визначенні врожаю дотримувались вимог державних стандартів з підготовки їх до реалізації. При цьому всю валову продукцію ділили на товарну і не товарну.

Зібрану і підготовлену до реалізації (зберігання) продукцію зважували з кожної ділянки окремо в день збирання врожаю. Для оцінки якості врожаю з ділянок відбирали середні проби (вибірki) із товарної частини продукції і визначали біохімічний склад овочів отриманих при різних способах сівби. Основні результати досліджень наведені в таблицях 1-4.

Таблиця 1- Польова схожість насіння при різних способах сівби



Спосіб посіву	Лабораторна схожість,%	Дата посіву	Польова схожість,%
2012 рік			
Посів сухим насінням у відкритий ґрунт	89	29.04	8
Гідровисів пророщеного насіння у відкритий ґрунт			33
2013 рік			
Посів сухим насінням у відкритий ґрунт	82	24.04	54
Гідровисів пророщеного насіння у відкритий ґрунт			46
2014 рік			
Посів сухим насінням у відкритий ґрунт	65	26.04	27
Гідровисів пророщеного насіння у відкритий ґрунт			30
Середнє за 3 роки			
Посів сухим насінням у відкритий ґрунт	79	-	30
Гідровисів пророщеного насіння у відкритий ґрунт			36

Таблиця 2 - Біометричні виміри рослин перцю солодкого сорт Надія, при різних способах вирощування

Спосіб вирощування	Номер обліку*	Висота головного стовбуру, см			Кількість, шт					
		2013 рік	2014 рік	Середнє	Бокові побіги			Зав'язавшихся плодів		
					2013 рік	2014 рік	Середнє	2013 рік	2014 рік	Середнє
Посів сухим насінням	1	5,6	6	5,8	1,5	1	1,2	0	0	0
	2	15,2	18	16,6	3,5	5	4,2	0	0,2	0,1
Гідровисів пророщеного насіння	1	12,6	11	11,8	4,4	4	4,2	0	0	0
	2	27,5	31	29,2	7,1	8	7,5	0,9	2	1,5
55-денною розсадою	1	22,0	19	20,5	6,0	11	8,5	0,1	0,1	0,1
	2	25,7	37	31,4	6,2	13	9,6	0,9	3,8	2,4
30- денною розсадою	1	10,8	10,8	10,8	4,0	8	6,0	0	0	0
	2	35,0	41,0	38,0	4,0	13	8,5	5	5	5

* Примітка: 1-й облік – через 25 днів після висадки розсади (24.06 і 25.06)

2-й облік – перед 1-м збором врожаю (13.07 і 27.07)



Посів виконувався відсортованим насінням перцю. За 3 роки спостережень доведено підвищення польової схожості насіння висіяного гідросівалкою до 36%. Особливе підвищення отримані при засушливих погодних умовах (2012 рік).

Аналіз біометричних вимірів рослин перцю показує (табл. 2), що за всіма показниками рослини перцю отримані від пророщеного насіння переважають параметри рослин отриманих з сухого насіння, але поступаються рослинам отриманих з висадженої розсади.

Урожай отриманий з посіву сухим насінням як для перцю солодкого сорту Надія так і сорту Подарунок Молдови в обох роках була значно нижче від урожаю отриманого з пророщеного насіння (табл. 3).

Таблиця 3 - Урожайність перцю солодкого в залежності від способу вирощування

Спосіб посіву, посадки	2013 рік				2014 рік			
	Перець солодкий Надія		Перець солодкий Подарунок Молдови		Перець солодкий Надія		Перець солодкий Подарунок Молдови	
	т/га	товарність, %	т/га	товарність, %	т/га	товарність, %	т/га	товарність, %
Посів сухим насінням	95	94	56	98	51	59	48	64
Гідровисів пророщеного насінням	204	92	210	99	138	82	120	69
55-денною розсадою	249	96	294	98	238	89	235	80
30 -денною розсадою	214	96	223	96	280	86	276	83

Урожай отриманий з розсади дещо перевищував урожай з пророщеного насіння. Середня урожайність за 2 роки досліджень отримана з посівів сухим насінням становила 52 т/га перцю солодкого Подарунок Молдови та 73 т/га сорту Надія, відповідна урожайність при посіві пророщеним насінням становила 165 т/га та 171 т/га. Урожайність перцю отриманого з розсади сорту Надія становила більше 244 т/га а сорту Подарунок Молдови більше 150 т/га. Товарність отриманої продукції в 2013 році майже не відрізнялась і становила 92-96% для сорту Надія та 96-99% сорту Подарунок Молдови. Продукція отримана в 2014 році з перцю вирощеного з розсади за товарністю значно переважала продукцію отриману з насіння як з пророщеного так і з сухого.



Таблиця 4 - Результати біохімічного аналізу плодів перцю солодкого сорту Надія

Спосіб посіву	В % на сиру речовину			Аскорбінова к-та, мг/100г	NO ₃ , мг/кг
	Суша речовина (загальне)	Цукор (загальний)	Кислотність		
Посів сухим насінням	6,40	2,47	0,17	92,67	52
Гідровисів пророщеного насіння	6,20	2,43	0,17	95,48	41
55-денною розсадою	5,55	2,72	0,20	106,05	50
30 -денною розсадою	5,28	2,55	0,23	90,36	87

Біохімічний аналіз плодів перцю солодкого показав, що за вмістом сухої речовини перець отриманий з насіння дещо переважає перець отриманий з розсади (табл. 4), а за вмістом цукру та кислотністю дещо поступається. За вмістом аскорбінової кислоти продукція отримана за всіма способом посіву була на одному рівні. Слід зазначити, що вміст NO₃, в плодах перцю отриманого з пророщеного насіння був найнижчий.

Висновки. Результати порівняльних випробувань різних способів вирощування перцю солодкого показали, що урожайність перцю отриманого з пророщеного насіння значно переважає урожайність отриману з сухого насіння проте дещо поступається урожайності перцю вирощеного з розсади. За біохімічними показниками перець отриманий з пророщеного насіння не поступається перцю вирощеного з розсади. За працеемністю вирощування перцю з розсади значно переважає вирощування з пророщеного насіння, що підтверджує перспективність використання даного способу.

Література.

1. *Яровий Г.І.* Технологічні карти та витрати на вирощування сільськогосподарських культур / *Г.І. Яровий, О.М. Гончаров, А.І. Яцук* та ін.; За ред. П.Т. Саблука, Д.І. Мазоренка, Г.Є. Мазнева. – К.: ННЦ ІАЕ, 2005. – 402с.
2. *Яцук А.І.* Сільськогосподарські машини в овочівництві / *А.І. Яцук, Г.І. Яровий, М.М. Гаврилюк* та ін. // за редакцією А.І. Яцука. – Харків: ІОБ УААН, 2006. – 138с.
3. *Давидов Е.И., Мюйрипеал М.В.* Гидросеялка ЛГАУ для овощных культур // Тракторы и сельскохозяйственные машины. - 1991. - №6. – С. 37-38.
4. *Хармат А., Надим П.* Флюидный сев овощных культур пророщен-



- ними семенами // Международный сельскохозяйственный журнал. - 1985. - №1. - С. 50-52.
5. Пат 82281 Україна, МПК А01С7/00. Гідравлічний висівний апарат / *А.І. Ящук*. - № 200607444; заявл. 04.07.2008; опубл. 25.03.2008, Бюл. № 6.
6. Пат. 81637 Україна. Гідросівалка / *М.В. Бакум, Д.А. Ольшанський, Д.А. Ящук* - опубл. 10.07.2013, Бюл. №13.
7. Пат. 81638 Україна. Сівалка для висіву пророщеного насіння / *М.В. Бакум, Д.А. Ольшанський, Д.А. Ящук* - опубл. 10.07.2013, Бюл. №13.
8. *Бакум М.В.* Результати порівняльних польових досліджень способів сівби насіння овочевих культур / *М.В. Бакум, Д.А. Ящук*. Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка «Механізація сільськогосподарського виробництва» Випуск 135. – Харків. 2013 р. ст. 374-378
9. *Бакум М.В.* Польові дослідження способів сівби огірків, динь та кавунів / *М.В. Бакум, Д.А. Ящук*. Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка «Механізація сільськогосподарського виробництва» Випуск 148. – Харків. 2014 р. ст. 97-102.

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ВЫРАЩИВАНИЯ ОВОЩЕЙ В ОТКРЫТОМ ГРУНТЕ

Н.В. Бакум, Д.А. Ящук

Аннотация – приведены результаты полевых исследований влияния различных способов сева на полевую схожесть, урожайность и качество выращенной продукции перца сладкого.

INTENSIFICATION GROWING VEGETABLES IN THE OPEN FIELD

M. Bakum, D. Yashchuk

Summary

Are the results of field studies of the effect of different methods of sowing on field germination, yield and quality of sweet pepper grown products.



УДК 631.862.1

РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ В БІОКОНВЕРСІЇ ОРГАНІЧНОЇ СИРОВИНИ

Павленко С.І., к.т.н.

*Запорізькій науково-дослідний центр з механізації тваринництва
ННЦ «ІМЕСГ» НААН України*

Тел./факс +380(61) 289-81-44

Анотація – в роботі надано аналіз результатів ресурсозбереження в механізованих технологіях біоконверсної переробки органічних відходів тваринництва і рослинництва.

Ключові слова – ресурсозбереження, органічні добрива, прискорене компостування, компост, біогаз, органічне землеробства, ферментер, аератор-змішувач органічної суміші, сухе зброджування.

Постановка проблеми. Біоконверсія відходів рослинництва і тваринництва є основою ресурсозбереження в сільськогосподарському виробництві, одним з напрямів більш повного використання природно-ресурсного потенціалу. Біоконверсія забезпечує економію виробничих ресурсів та приріст об'ємів виробництва в межах існуючої матеріально-технічної та фінансової бази із фахових галузей сільськогосподарського виробництва. Тому їх необхідно розглядати в системному аналізі, що допоможе науковцям і керівникам господарств підняти ефективність заходів.

Аналіз останніх досліджень. Аналіз літературних джерел з проблеми ресурсозбереження дозволив виділити суттєві ознаки, що розглядаються фахівцями з економіки [1-3]: види ресурсів, що зберігаються; зміст процесів; можливості реалізації заходів; стадії життєвого циклу ресурсу і продукції, обсяги фінансування і результати ресурсозбереження [1,2]. Серед ресурсів, що зберігаються: матеріали [4], енергія [5,6], затрати праці [7,8], фонди [9,10], родючість ґрунтів [11-14], водні ресурси [14,15].

Біоконверсні процеси забезпечують високий соціально-екологічний ефект, що полягає у зменшенні викидів парникових газів і запахів, профілактиці санітарних заходів тощо [5, 6, 8]. Кожна з фахових галузей вбачає в біоконверсії свої переваги і розраховує по своїм методикам економічні ефекти від впровадження біоконверсних технологій і технічних рішень, що забезпечують їх виконання. Так в агрономії розглядають зменшення норм внесення органічних добрив –



компостів, що готували по технології прискореного компостування, покращення хімічного складу субстрату і поновлення гумусового складу ґрунту, зменшення долі мінеральних добрив. В той же час одержуємо частину продукції, що має ринкову цінність: біогаз, тверді і рідкі органічні добрива [13].

Мета дослідження. Узагальнити результати ресурсозбереження в механізованих технологіях біоконверсної переробки органічних відходів тваринництва і рослинництва.

Основна частина. Існують три основні підходи щодо використання органічних відходів тваринництва і рослинництва на основі біоконверсії: технологія аеробного зброджування, технологія анаеробного зброджування і комплексна технологія анаеробного зброджування з подальшим аеробним обробітком суміші. Аеробне зброджування – процеси протікають в присутності кисню, а анаеробне – без такого. Суть біоконверсних творень – забезпечення життєдіяльності мікроорганізмів на основі хімічних процесів поглинання органічної речовини сировини в природних або штучно створених умовах. В процесах змінюється маса твердої речовини, її склад, виділяється теплоенергія, а біогаз, який створюється від діяльності кислото- і метаноутворюючих бактерій, після доробки можливо використовувати безпосередньо або конвертувати в електричну енергію. Залишок переродженої ферментованої біомаси в рідкому або твердому стані вноситься на поля або направляються за іншими програмами як органічні добрива. В природних умовах процеси біоконверсії проходять від 6 місяців до 2 років, а штучно створених – від 7...14 днів до 2...4 місяців.

Біоконверсія енергії біомаси в біогаз шляхом метанового зброджування дозволяє комплексно вирішувати енергетичні, соціальні, агрохімічні й екологічні проблеми. Важливої складової ефективності біогазової технології нарівні із прямими ефектами (одержання біогазу й високоякісних добрив) є існування ряду опосередкованих ефектів, значення яких ґрунтується як на економічних показниках, так і на загальнодержавних пріоритетах. До них слід віднести:

- зниження енергетичної складової у собівартості сільгосппродукції;
- економія енергоресурсів у високовитратному виробництві мінеральних добрив;
- резервування енергії для безперервного виконання основних технологічних процесів у виробництві тваринницької продукції;
- зниження гербіцидних навантажень на ґрунти й т.п.

Ефективність роботи й використання потенціалу біогазових технологій і біоенергетичних установок у значній мірі залежить від основної мети їх створення тому, що цим визначається їхнє технічне оснащення, складність, комплектність, а звідси й витрати на капіталь-



ні споруди й обслуговування. Впровадження таких установок передбачає:

- раціональне використання енергії біомаси відходів сільськогосподарського виробництва (тваринного, рослинного, комунального походження й т.п.) з одержанням біопалива й залученням до енергобалансу додаткового нетрадиційного й поновлюваного джерела енергії у вигляді біогазу. Реальний потенціал одержання біогазу в АПК України лише від переробки тваринницьких відходів (гною) становить 0,3...0,5 млрд м³/рік, тим часом як загальний біогазовий потенціал у тваринництві становить 2,5 млрд м³/рік.

- одержання високоякісних біодобрив (10...20 млн т/рік) і підвищення завдяки цьому врожайності сільськогосподарських культур (на 10...20%), а головне – дотримання вимог збереження гумусового складу й родючості значно збіднених за останні роки ґрунтів України.

- диверсифікованість сільськогосподарського виробництва за рахунок торгівлі новою продукцією (біофітопрепаратами, вітамінами), квотами за рахунок зменшення викидів парникових газів – двоокису вуглецю й метану, які становлять 96% складу біогазу.

- Охорону навколишнього середовища: зменшення або попередження забруднення навколишнього середовища вторинними продуктами (відходами) сільськогосподарськими виробництва; поліпшення екологічної, санітарно-гігієнічної ситуації в регіоні (шляхом дезодорації, девіталізації, знезаражування, очищення стоків від органічних речовин).

В Україні, на сьогодні, найбільш значними біогазовими установками промислового типу вважаємо: тваринницький комплекс «Запоріжсталь», «Агро-Овен» у Дніпропетровській області, «Українська молочна компанія» с. Великий Крупіль, «Еліта» в Терезіно Київської області. З нових споруд слід відмітити біогазові установки, що запущені в 2013 році в господарствах «Деміс-Агро» та «Оріль-Лідер» [16] в Дніпропетровській області і «Даноша» в Івано-Франківській області, «Астарта» Глобино в 2014 р. Полтавської області. Крім того, біля 20 біогазових установок знаходиться на різних стадіях будівництва і проектування (рис. 1).

Експертні оцінки показують, що для виробництва біогазу в Україні необхідно побудувати близько 3000 установок із середнім обсягом 1000 м³ кожна, в т. ч. на свинофермах і свинокомплексах і птахофермах 130 шт.; в інших тваринницьких і переробних підприємствах 2478 шт.

В той же час маємо суттєві недоліки, які затримують розповсюдження біогазових установок в Україні:

- значні початкові інвестиції і строки окупності капіталовкладень;
- технологічні проблеми пов'язані з експлуатацією установок;



Рис.1. Загальний вигляд біогазової установки наземного типу в підприємствах «Оріль-Лідер» (а) та «Деміс-Агро» (б) [16].

- організаційні проблеми пов'язані з утилізацією збродженої маси в умовах обмеження агротехнічних строків по внесенню рідкої фракції.
- значне підвищення в 3...5 разів об'ємів безпідстилкового гною на фермах без використання БЕУ, що збільшує логістичні витрати.
- складна дозвільна система по проектуванню і введенню в експлуатацію установок.

Успіх багато в чому залежить від державної підтримки галузі. Практично всі країни, де розвинуті біогазові технології, стимулюють їх розвиток за рахунок преференцій: підвищених тарифів на електроенергію, доступного фінансування будівництва і експлуатації, тощо.

Аеробні процеси біоконверсії є базовими в процесах компостування і біотермічному процесі розкладання органічних відходів з метою одержання органічних добрив. Складові відходів – гній тварин і послід птиці в сумі рештками рослин і деревообробки та іншими матеріалами, що мають вологопоглинальні властивості. Створені оптимальні умови в органічних сумішах забезпечують активну роботу мікроорганізмів, яка супроводжується значним вивільненням теплової енергії, підвищенням внутрішньої температури до $55...60^{\circ}$, що приводить до знезараження патогенної мікрофлори, грибів, бактерій, зниження схожості насіння бур'янів.

В технологічному комплексі машини, що забезпечують одержання компосту, можуть задіяні різні види технічні загального і спеціального призначення. На сьогодні в світі поширені технології з використанням аераторів-змішувачів (рис. 2) різної комплектації і виконання робіт: змішування компонентів, формування і перекидання буртів, зволоження сумішей, навантаження [17].



Рис. 2. Змішувач-аератор компостів у роботі.

Бурти на відкритих майданчиках, найбільш простий вихід для компостування, але суттєва залежність від погодних умов зменшує ефективність процесів біоконверсії. Великі і не контрольовані втрати тепла і біогазу в оточуюче середовище – недоліки технології. Розміщення відходів в тунелях, сховищах, траншеях (рис. 3) зменшує теплові викиди, але потребує розробки спеціальної техніки для аерації сировини. Закриті біоферментаційні камери (рис. 3, V;), в різних виконаннях, де повітря подається вентиляційними установками на протязі до 30 днів, забезпечують навіть прискорену біоконверсію загиблих тварин і птиці [18, 19].

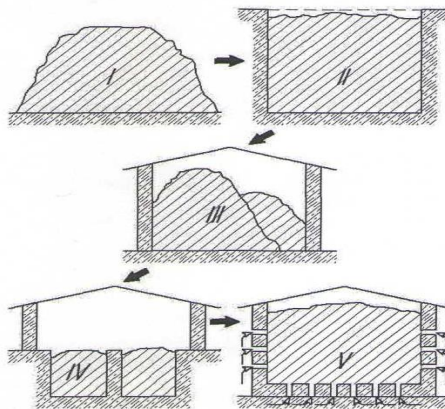


Рис. 3. Розвиток механізованих способів твердофазного компостування підстилкового гною: I – відкритий бурт; II – відкритий тунель; III – закритий бурт; IV - закритий тунель; V – ферментаційна камера.

Блок-схема видів та напрямів ресурсозбереження при механізованій технології компостування твердих органічних відходів на рисунку 4 в загальному вигляді показує інформацію, якою необхідно користуватись, щоб зробити висновки про технологічну та економічну доцільність біоконверсної технології і обґрунтованість в тому, що вона дійсно ресурсозбережна.

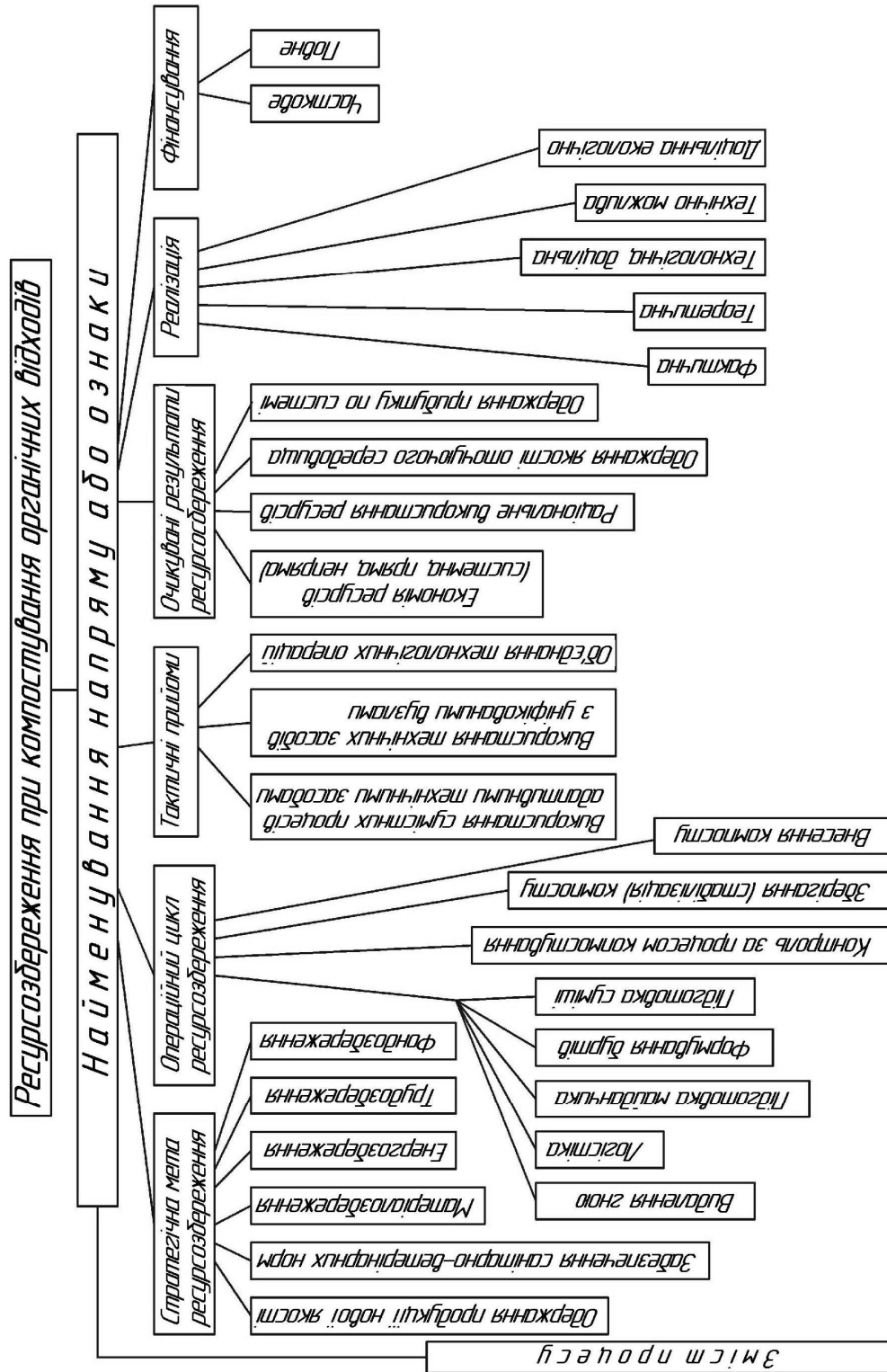


Рис.4. Блок-схема видів та напрямів ресурсозбереження при компостуванні твердих органічних відходів



Визначення, який технологічний ресурс бажаємо одержати – це головна стратегічна мета, що в подальшому забезпечує вибір тактичних напрямків. Їх дуже багато: хімічні, біологічні, технічні та екологічні.

З іншої сторони ресурсозбереження це пошук внутрішніх ефективних рішень на основі аналізу системи машин технологічного процесу одержання продукції та рівні окремо взятого підприємства або напрямку. В цьому випадку можливо використовувати або відповідно модернізувати існуючі машини.

Недоліки аеробного процесу – значні викиди тепла, невикористаний газ, що утворюється при ферментації, а в анаеробних процесах – велика кількість технологічної води і складність її утилізації, значні капітальні витрати. Поєднання цих способів знайдено в технологіях "сухого зброджування", де вологість перероблюваної органічної суміші не перевищує 85 %. В звичайних "вологих", технологіях 85 %, а в дійсності робоча вологість біосубстрату – 92...94 %.

Привабливість технологій "сухого зброджування", полягає в зменшенні об'ємів рідкої фракції і частковому її використанні в процесі зброджування, в доступнішому складуванню відходів після ферментації в порівнянні з "вологою", ферментацією, одночасним одержанням біогазу і добрив, контрольованість екологічного стану. Переваги цієї технології – значно менші капітальні та експлуатаційні витрати, через зменшення кількості вихідної сировини і зниження вологості до вхідної.

Перспективи "сухої", ферментації з'являються в напрямках ефективних процесів одержання біогазу з суміші гною сільськогосподарських тварин та рослинної біомаси енергетичних культур – кукурудзи, трави і силосу з них, а також додаткових продуктів рослинництва: соломки злакових, бадилля буряків і картоплі, кукурудзи, соняшнику.

При цьому частка гною може складати 25... 40 % вхідної сировини. При "сухому зброджуванні", трави з 1 тони сухої маси можливо отримати 6 тис. м³ біогазу з енергетичною цінністю 21 МДж/м³, що еквівалентно 12...13 ГДж/ц. Під час ферментації частина органічної речовини перетворюється на біогаз, а залишок використовують після твердофазної ферментації – компостування як добриво. Суть технології "сухого зброджування",: вхідну сировину – гній тварини до 30...40 % по масі і силос або інші рослинні відходи, часто без перемішування розміщують в горизонтальні або вертикальні установки – гаражні, касетні, контейнерні сховища.

Без доступу кисню, з додаванням фільтрату рідини відбуваються процеси ферментації – бродіння з виділенням біогазу, що збирається в газгольдері і, в подальшому за технологією використання. Через 20...30 днів, в залежності від технології, сховища відкривають і зали-

шки вихідної маси піддають природному компостуванню.

Технологія "сухого зброджування", дозволяє організувати крупні підприємства з переробки органічних відходів потужністю до 30...50 тис. т на рік, забезпечуючи високу якість екологічної безпеки, повернення в обіг органічної маси, одержувати до 300...400 кВт.год. електроенергії на тону відходів. В західній Європі функціонують десятки підприємств з переробки відходів за технологіями DRANKO, BEKON, BIOFerm, 3A-biogas, KOMPOFERM, Valorga, Kompogas, SEBAS, SMARTFERM (рис.4) [20].

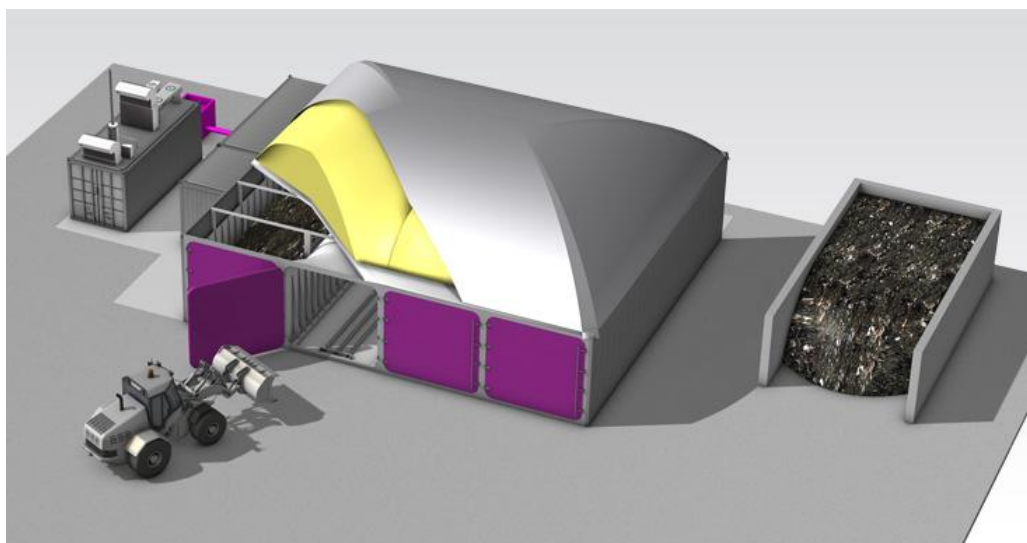


Рис. 5. Модульний завод SMARTFERM з переробки органічних відходів продуктивністю 3,6 тис. т на рік [20].

В Україні про використання технологій "сухого зброджування", інформації дуже мало. Тому одним із напрямів наукових досліджень можливо розглядати процеси утворення субстратів на основі "сухого зброджування,

В цілому, сумарний ресурсозберігаючий ефект від впровадження технологічних заходів біоконверсії органічної сировини:

$$P = \sum_{i=1}^n P_T \quad (1)$$

де P_T – якісні і кількісні результати, що забезпечують позитивні результати від заходів біоконверсії.

Визначити значення в гривнях P_T можливо в загальному вигляді:

$$P_T = \sum_i P_\varepsilon + \sum P_{\text{вет}} + \sum P_P + \sum P_i + \sum T \quad (2)$$

де P_ε - соціально-економічний ефект від впровадження біотехнологій;



$P_{вет}$ – ветеринарний ефект від впровадження біотехнології;

P_p – ефект від збереження ресурсів: матеріалів, води, енергії, фондів, затрат праці;

P_i – ефект від інших організаційних заходів;

T – вартість одержаного продукту (товару) – твердих і рідких органічних добрив, біогазу.

Очевидно, що складові мають пряму дію і їх реально підрахувати – P_p , T , а інші – непряму – P_{ε} , $P_{вет}$, P_i , що потребують суб'єктивної оцінки одержаного ефекту.

З іншої сторони, забезпечення позитивного ефекту ресурсозбереження від впровадження біотехнологій – це затратний механізм:

$$Z = \sum Z_{кап} + \sum Z_{екс} + \sum Z_{зат} + \sum Z_{зб} + \sum Z_i; \quad (3)$$

де $\sum Z_{кап}$ – капітальні затрати на споруди і обладнання;

$\sum Z_{екс}$ – затрати на експлуатацію в господарстві, логістику;

$\sum Z_{зат}$ – затрати на матеріали;

$\sum Z_{зб}$ – витрати на зберігання і збут готової продукції;

$\sum Z_i$ – на інші види затрат.

Фактично, сумарний ресурсозберігаючий ефект:

$$P = \sum_{i=1}^n P_T - \sum_{i=1}^n Z \quad (4)$$

Структура позитивних переваг по впровадженню біотехнологій і затрат та виконання забезпечують ефективність заходів, а глибока об'єктивна оцінка складових структури – вибір раціональної технології біоконверсної переробки в умовах окремого господарства.

Висновок. Узагальнені напрямки ресурсозбереження показують переваги соціально-екологічних засобів безпеки перед одержанням товарної продукції. Відсутність ефективних методик визначення результатів біоконверсії в окремих галузях і в цілому по її технологічному процесу, а також низька активність держави зі стимулювання і впровадження переробки органічних відходів стримує їх розвиток в Україні.

Література.

1. ДСТУ 3052-95 (ГОСТ 30167-95) Ресурсозбереження. Порядок встановлення показників ресурсозбереження у документації на продукцію (Чинний від 1997.01.01). – К.: Держстандарт України, 1996. – 61 с. Источник: <http://5fan.info/ujgujgpoljgeujgyfs.html>



2. *Сотник І.М.* Класифікація напрямків та видів ресурсозбереження як інструмент обґрунтування надання економічних пільг при реалізації ресурсозберігаючих заходів [Текст] /І.М. Сотник // Механізм регулювання економіки. - 2006. - №1. - С. 67-76. <http://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/3607>
3. *Шерстюкова К.Ю.* Особливості ресурсозбереження в сучасних умовах функціонування підприємств / К. Ю. Шерстюкова // Теоретичні і практичні аспекти економіки та інтелектуальної власності. - 2013. - Вип. 1(2). - С. 138-142. - [Електронний ресурс]: Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Траєів_2013_1\(2\)_31.pdf](http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Траєів_2013_1(2)_31.pdf)
4. *Мостенська Т.Л., Новак В.О., Луцький М.Г.* Корпоративне управління. Підручник. – 2-ге видання.- К.: Видавництво "КАРАВЕЛА", 2011. – 400с.
5. *Агроекологія (підручник) / За ред. М.М. Городнього, М.К. Шикולי та ін.* К.: «Вища школа» 1993, - с.414.
6. *Агроекологія. / О.Ф. Смаглій, А.Т.Кардамов, П.В. Литвин та ін.* К.: Вища школа 2006, - с.671.
7. *Антонець С.С. та ін..* Органічне землеробство – з досвіду ПП. «Агроекологія» Шишацького району Полтавської області / С.С.Антонець, А.С.Антонець, В.М. Писаренко. - Полтава 2010, - с.200.
8. *Ацци Д.* Сельскохозяйственная экология. (пер. с итал. В.И. Ковалевського, Под ред. М.Л. Сафотерова. - М.: Сельхозгиз 1982, - с.337.
9. *Писаренко В.М.* Агроекологія /В.М.Писаренко, П.В.Писаренко, В.В. Писаренко Полтава 2008. - с.255.
10. *Ковалко М.П.* Енергозбереження – пріоритетний напрямок державної політики України / М.П. Ковалко, С.П. Денисюк; Відпов. ред. А.К. Шидловський. – К.: УЕЗ, 1998. – 506 с.
11. *Гавриленко О.П.* Екогеографія України: навчальний посібник:/ О.П. Гавриленко.- К.: Знання, 2008.- 646 с.-
12. Рекреаційні ресурси та їх оцінка [Електронний ресурс]: Режим доступу: dnu.dp.ua/metodi/fbio/Ecologiya/5Kurs/Dovgal_Recreatsijni_resyrsi.
13. *Данилишин БМ.* Природно-ресурсний потенціал сталого розвитку України. / Б.М. Данилишин, С.І. Дорогунцов, В.С. Міщенко та ін. - К.: ЗАТ "НІЧЛАВА", 1999. — 716 с.
14. Barstow, L.M. Evaporative temperature and moisture control in solid substrate fermentation / L.M.Barstow, B.E.Dale, R.P.Tengerdy// Biotechnol Techniques.- 1988 - №2.-P. 237-242.
15. Dixon, J.B. Minerals in Soil Environments / Dixon J.B., Weed S.B. - Madison: Soil science society of America, Inc., 1977. - 214 p.
16. *Гелетуха Г.* Перспективи біогазу в Україні [Електронний ресурс]: Режим доступу:



<http://www.epravda.com.ua/columns/2013/07/3/383399/>

17. Павленко С.І Новітні технічні засоби переробки органічних відходів / С.І Павленко, О.О. Ляшенко, А.А. Поволоцький, Ю.А. Філоненко Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка «Технічні системи і технології тваринництва». — Вип. №132. — Харків. — 2013. — с.193-200.
18. 3A-BIOGAS – Three step fermentation of solid state biowaste for biogas production and sanitation: Final report / «EESD» Programme (1998–2002). Contract: ENK6-CT-2002-30026.
19. Lutz P. New BEKON biogas technology Batch process dry fermentation / Peter Lutz // Brochure. BEKON Energy Technologies GmbH & Co. KG. – 8 p.
20. Павленко С.І Закордонні технології анаеробного перероблення органічних відходів / С.І Павленко, О.О. Ляшенко, Ю.А. Філоненко // Техніка і технології АПК. — 2014. — №9(60). — с.22-23.

РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ В БИОКОНВЕРСИИ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ

С.И. Павленко

Аннотация - в работе дан анализ результатов ресурсосбережения в механизированных технологиях биоконверсионной переработки органических отходов животноводства и растениеводства.

RESOURCE THE ORGANIC WASTES BIOCONVERSION

S. Pavlenko

Summary

The paper presents analysis of resource conservation technologies in mechanized bioconversion organic waste livestock and crop production.



УДК 637.115

МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРОЦЕСУ ПЕРЕМІЩЕННЯ МОЛОКОПОВІТРЯНОЇ СУМІШІ В ДОЇЛЬНОМУ АПАРАТІ

Павленко С.І., к.т.н.

*Запорізький науково-дослідний центр з механізації тваринництва
ННЦ «ІМЕСГ» НААН України*

Тел./факс +380(61) 289-81-44

Алієв Е.Б., к.т.н.

Інститут олійних культур НААН України

Тел.: +380(61) 223-99-99, +380(61) 223-99-50

Линник Ю.О., інженер

Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет

Тел.: +380(56) 744-81-04

Анотація – розроблена методика експериментальних досліджень процесу переміщення молокоповітряної суміші в доїльному апараті в залежності від його конструктивно-режимних параметрів. Дослідження процесу переміщення молокоповітряної суміші в доїльному апараті проводяться за наступними факторами: робочий тиск вакуумної системи P , кПа, частота пульсацій n , хв^{-1} , фаза пульсацій $A+B$. Критеріями оцінки досліджень є флуктуація вакууму ΔP , кПа і режим течії молочно-повітряної суміші.

Ключові слова – доїння, доїльний апарат, молочно-повітряна суміш, експериментальні дослідження, методика.

Постановка проблеми. Перелік параметрів і характеристик доїльних установок, які підлягають контролю і регулюванню, регламентуються міжнародними стандартами ISO 5707 [1] і ISO 6690 [2]. В зазначених стандартах передбачені методи оцінки функціонування молочних та вакуумних систем молочно-доїльних машин, які реалізується в процесі доїння. Однак немає єдиної загальної методики експериментальних досліджень процесу переміщення молокоповітряної суміші в доїльному апараті.

Аналіз останніх досліджень. Представлені науково-методичні рекомендації з багатокритеріального виробничого контролю доїльних установок Шевченко І.А. і Алієва Е.Б. [3] не охоплюють можливість дослідження процесу переміщення молокоповітряної суміші в доїльному апараті.

Постановка завдання. Розробити методику експериментальних дослідження процесу переміщення молокоповітряної суміші в доїльному апараті в залежності від його конструктивно-режимних параметрів.

Основна частина. Для реалізації методики експериментальних дослідження процесу переміщення молокоповітряної суміші в доїльному апараті створено експериментальний стенд лінійної доїльної установки типу УДМ з верхнім молокопроводом (рис. 1), який відповідає вимогам ISO 5707 [1] і має точки для підключення реєструючої апаратури згідно з ISO 6690 [2] (рис. 2). Основними елементами які були задіяні під час досліджень були доїльний апарат (доїльні стакани, колектор, пульсатор молочний і вакуумний шланги), фотокамера, осцилографа до якого підключені датчики вакуумметричного тиску (рис. 3).



Рис. 1. Загальний вигляд експериментального стенду лінійної доїльної установки типу УДМ з верхнім молокопроводом

Дослідження процесу переміщення молокоповітряної суміші в доїльному апараті проводяться за наступними факторами: робочий тиск вакуумної системи P , кПа, частота пульсацій n , хв^{-1} , фаза пульсацій $A+B$. Робочий тиск вакуумної системи регулюється вакуумрегулятором. Частота пульсацій і фаза пульсацій $A+B$ регулюються за допомогою регулятора на пульсаторі.

Процес молоковіддачі імітується на штучному вимені. Швидкість виведення молока з вимені змінювалася з використанням віджи-

много пристрою. Критеріями оцінки досліджень є флуктуація вакууму ΔP , кПа і режим течії молочно-повітряної суміші.

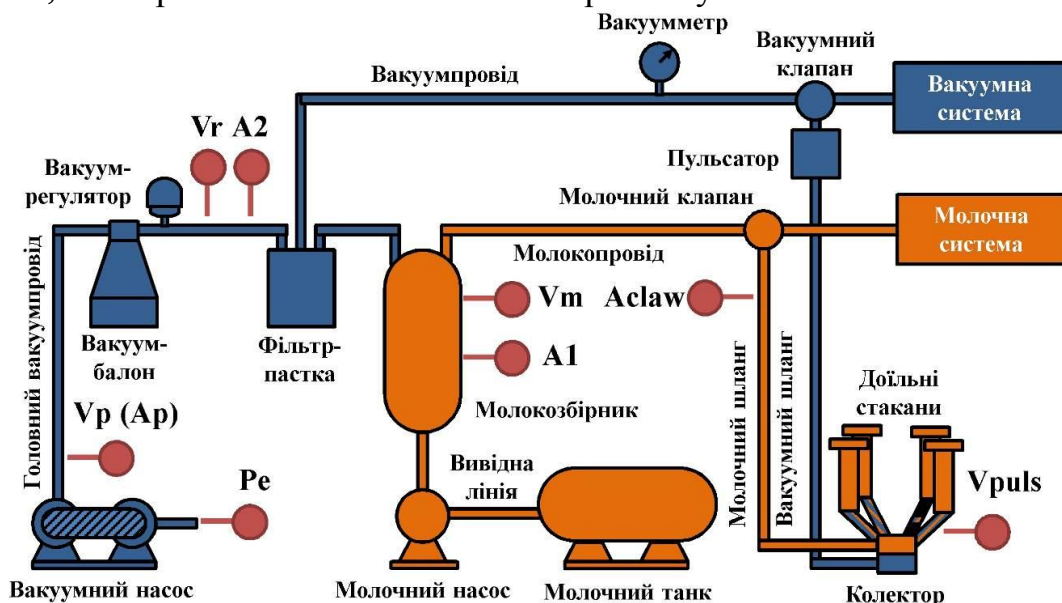


Рис. 2. Схема точок підключення доїльних установок, оснащених молокопроводами: A1, A2, Aclaw, Ap – витрати повітря; Vm, Vr, Vp, Vpuls – вакуумметричний тиск; Pe – надлишковий тиск

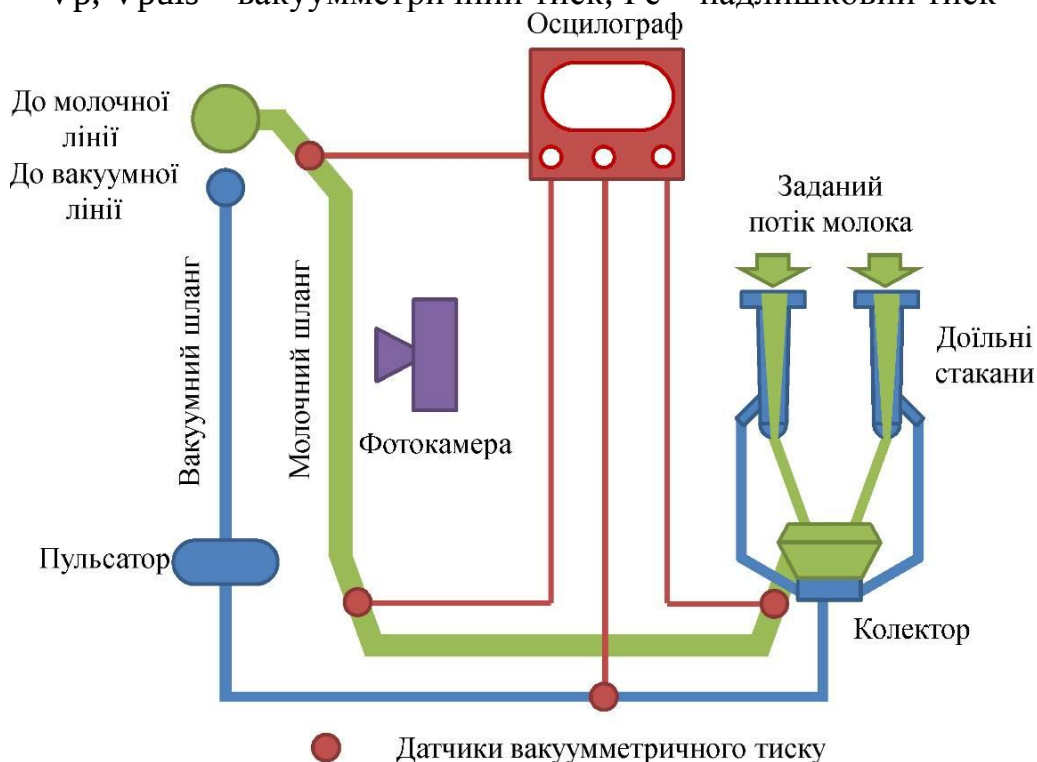


Рис. 3. Схема підключення реєструючої апаратури до доїльного апарата

Динаміка вакуумметричного тиску вимірюється з використанням датчика тиску (наприклад, MPX5100DP) і фіксувалася цифровим осцилографом (наприклад, Rigol 1301).

Флуктуація вакууму розраховується як середнє квадратичне відхилення вакуумметричного тиску:



$$\Delta P = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (P_i - P_{сер})^2}, \quad (1)$$

де P_i – значення вакуумметричного тиску, кПа;
 $P_{сер}$ – середнє значення вакуумметричного тиску, кПа;
 n – кількість вимірів.

Режим течії молочно-повітряної суміші визначався візуально с використанням фотокамери (наприклад, Canon EOS 5D Mark II) у режимі відеозйомки. Градування режимів течії молочно-повітряної суміші за James P. Brill [4] є наступною: переривчаста, розподільна, роздільна і перехідна течії.

Для якісного аналізу вакуумного режиму доїльного апарата для загального процесу і його машинної і біологічної складовими необхідно визначати час перебування вакуумметричного тиску в заданому полі допуску. Весь інтервал варіювання вакуумметричного тиску можна розбити на п'ять діапазонів: 0-33 кПа, 33-40 кПа, 40-45 кПа, 45-50 кПа, 50 кПа і більше [5].

– 0-33 кПа – відповідає величині вакуумметричного тиску недостатнього для вивода молока з вимені тварини, тому в інтервалі часу з даним тиском настає гальмування рефлексу молоковіддачі у тварини, що активно припустило молоко.

– 33-40 кПа – біологічно достатній вакуумметричний тиск тільки для виділення молока з вимені з урахуванням всього різноманіття біологічних особливостей тварини.

– 40-45 кПа – необхідний для вивода молока і забезпечення підйому молочно-повітряної суміші з молочної камери колектора в молокопровод, середня величина діапазону відповідає оптимальному значенню вакуумметричного тиску із умови відсутності наповзання доїльних стаканів.

– 45-50 кПа – рекомендований інтервал вакуумметричного тиску для молокопроводів із верхнім розміщенням.

– 50 кПа і більше – перевищення допустимих меж, робота доїльних апаратів в даному діапазоні призводить до травм і захворювань молочної залози.

Дослідження проводяться за D-оптимальним планом Бокса-Бенкіна другого порядку для 3 факторів. Матриця плану, фактори експерименту та їх рівні представлено в таблицях 1-2. Рівні варіацій факторів були обрані за результатами чисельного моделювання процесу переміщення молокоповітряної суміші в доїльному апараті. Досліди проводяться із триразовою повторністю.

Таблиця 1 – Рівні варіацій факторами експериментальних досліджень



Рівні варіацій факторів, матриця досліду	Фактори		
	Робочий тиск вакуумної системи Р, кПа	Частота пульсацій n , хв^{-1}	Фаза пульсацій А+В
	x_1	x_2	x_3
Верхній рівень (+)	60	80	0,8
Основний рівень (0)	50	60	0,6
Нижній рівень (-)	40	40	0,4
Інтервал варіацій факторів	10	20	0,2

Таблиця 2 – Матриця плану експериментальних досліджень

№	x_1	x_2	x_3
1	1	1	0
2	-1	1	0
3	1	-1	0
4	-1	-1	0
5	0	0	1
6	0	0	-1
7	0	0	1
8	0	0	-1
9	0	0	0
10	1	0	0
11	-1	0	0
12	1	0	0
13	-1	0	0
14	0	1	1
15	0	-1	1

Висновки. Розроблена методика експериментальних досліджень процесу переміщення молокоповітряної суміші в доїльному апараті в залежності від його конструктивно-режимних параметрів. Дослідження процесу переміщення молокоповітряної суміші в доїльному апараті проводяться за наступними факторами: робочий тиск вакуумної системи Р, кПа, частота пульсацій n , хв^{-1} , фаза пульсацій А+В. Критеріями оцінки досліджень є флуктуація вакууму ΔP , кПа і режим течії молочно-повітряної суміші.

Література

1. ISO 5707. Milking machine installations – Construction and performance. – Geneva, Switzerland: The International for Standardization Organization, 2007. – 52 p.
2. ISO 6690. Milking machine installations – Mechanical tests. – Geneva, Switzerland: The International for Standardization Organization, 2007. – 46 p.
3. Шевченко І.А. Науково-методичні рекомендації з багатокритеріального виробничого контролю доїльних установок / І.А. Шевченко,



- Е.Б. Алиев* / За редакцією доктора технічних наук, професора, член-кореспондента НААН України, І.А. Шевченка – Запоріжжя: Акцент Інвест-трейд, 2013 – 156 с. – ISBN 978-966-2602-41-VIII.
4. *James P. Brill*. Two phase flow in pipes / *James P. Brill, H. Dale Beggs* – 1991. – 6th edition. – 640 p.
 5. *Сурков С. В.* Повышение эффективности функционирования доильной установки путем совершенствования и оптимизации конструктивно-технологической схемы и режимов работы вакуумной системы: дис. канд. техн. наук: 05.20.01 / *С.В.Сурков*. – Киров, 2010. – 193 с.

МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ІСЛЕДОВАНИЙ ПРОЦЕСА ПЕРЕМЕЩЕННЯ МОЛОЧНОВОЗДУШНОЇ СМЕСІ В ДОІЛЬНОМУ АППАРАТІ

С.І. Павленко, Е.Б. Алиев, Ю.О. Линник

Анотація – розроблена методика експериментальних досліджень процесу переміщення молочновоздушної суміші в доїльному апараті в залежності від його конструктивно-режимних параметрів. Дослідження процесу переміщення молочновоздушної суміші в доїльному апараті проводяться по наступним факторам: робоче тиск вакуумної системи P , кПа, частота пульсацій n , min^{-1} , фаза пульсацій $A + B$. Критеріями оцінки досліджень є флуктуація вакууму ΔP , кПа і режим течія молочно-воздушної суміші.

THE TECHNIQUE OF EXPERIMENTAL STUDIES OF DISPLACEMENT MILK-AIR MIXTURE IN THE MILKING MACHINE

S. Pavlenko, E. Aliev, Y. Linnik

Summary

Developed a method of experimental studies the process of moving air mixture in the dairy milking machine depending on its design-mode parameters. Investigation of the process of moving milk-air mixture in the milking machine are held on the following factors: the operating pressure of the vacuum system P , kPa, pulsation frequency n , min^{-1} , the phase ripple $A + B$. The criteria for evaluation research is the vacuum fluctuations ΔP , kPa, and the air flow regime milk mixture.



УДК 636.04

АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СТВОРЕННЯ КОРМОВИХ ПЕЛЕТ З МАКУХ НАСІННЯ ОЛІЙНИХ КУЛЬТУР

Пацула А.Н., інженер

Інститут олійних культур НААН України

Тел (095) 766-0849

Анотація – в роботі представлені результати патентно-інформаційних досліджень сучасного технічного забезпечення технологічного процесу створення кормових пелет з макух насіння олійних культур.

Ключові слова – гранулювання, кормові пелети, преса-гранулятори, пресування корму.

Постановка проблеми. Сучасний етап розвитку і поширення технологій переробки олійного насіння малотонажних виробництв найбільшим чином зосереджено за технологіями з отриманням олійної сировини та макух із нешеретованного насіння.

Для збільшення виробництва і покращення якісних показників білкових кормів як однієї з найважливіших задач в підвищенні продуктивності тварин та птиці може бути здійснено за рахунок удосконалення технології по переробці макухи, яка на сьогодні обмежується подрібненням з наступним введенням в комбікорми.

Особлива потреба в протеїновій складовій існує при виробництві повнораціональних комбікормів у птахівництві. Одним із способів вирішення проблеми білкового дефіциту у цій галузі можливе за рахунок гранулювання білкового порошку на сучасних висопродуктивних машинах і використання кормових пелет, як білкової добавки при згодовуванні. Тому пошук ефективного технічного забезпечення для виробництва кормових пелет при вирощуванні сільськогосподарської птиці є завданням яке треба вирішувати невідкладно, і отримувати високі прирости за мінімальних енергозатратах.

Аналіз останніх досліджень. На даному етапі основним способом переробки макухи є її подрібнення з наступним введенням в комбікорми. В Інституті олійних культур удосконалена технологія переробки макух за рахунок введення додаткової операції механічного фракціонування подрібненої макухи на білкову і лушпинну фракції



дозволяє виділити більш як 40% білкового порошку з вмістом протеїну не менше 38%[1].

Лушпинна фракція, що включає основну масу клітковини використовується для виготовлення паливних брикетів.

Вміст в білковому порошку 8-12% олії сприяє швидкому його окисленню, що призводить до зниження якості протеїнової добавки[2]. Для збільшення часу проходження процесу окислення запропоновано виготовляти білкову фракцію у вигляді пелет.

Завдяки процесу пелетування унеможливлюються швидкоплинні процеси окислення, вдвічі збільшується термін зберігання та зменшуються об'єми для збереження пелет у складських приміщеннях [3]. Тому вирішення питань механізації переробки макухи за рахунок удосконалення технології та устаткування для розділення її на білкову фракцію і формування у вигляді пелет є перспективним.

Машини для гранулювання кормів класифікують за основним вузлом преса, або гранулятора – пресуючий робочий орган, призначений для безпосереднього стиснення корма з метою отримання гранул або брикетів. Робочі органи для гранулювання кормів можна розділити на чотири групи: штемпельні (плунжерні), вальцові, матричні (роликові) і гвинтові.

Штемпельні преса здійснюють процес грануляції зворотно-поступальним рухом штемпеля (плунжера) в пресувальному каналі відкритого або закритого типу.

Вальцові гранулятори кормів мають робочі органи у вигляді вальців працюючих за принципом прокатки. Вони являють собою обертову пару роликів які рухаються один назустріч іншому, і захоплюючи пресований матеріал ущільнюють його між собою в нескінченну стрічку. Якщо поверхня вальців гладка, то необхідно додатковий пристрій для поділу стрічки на окремі частини. Однак цю операцію можна здійснювати і під час процесу, для чого один, або обидва вальця виготовляють з гострими зубами. Захоплюючи здатність вальців при цьому підвищується.

Найбільше застосування і поширення у виробництві гранульованого комбікорму отримали прес-гранулятори матричного (рисунок 1,а) та гвинтового типів (рисунок 1,б) [4].

Матричні преси складаються з матриці з пресувальними каналами і пресуючих вальців (рисунок 2,а). Вони бувають як з кільцевою (рисунок 2,б) так і з плоскою матрицями (рисунок 2,в) [5]. Кільцеві матриці можна встановлювати горизонтально і вертикально, плоскі матриці – тільки горизонтально. Кільцеві матриці можуть обертатися або бути нерухомими. В пресах з обертаючою матрицею пресуючі вальці встановлюють на нерухомих осях.

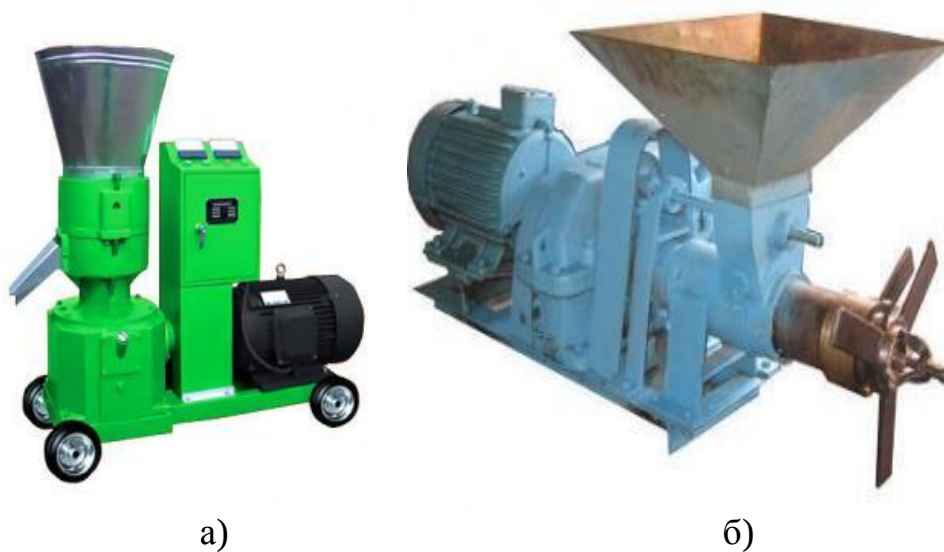


Рис. 1. Прес-гранулятори кормів: а – матричного типу;
б – гвинтового типу

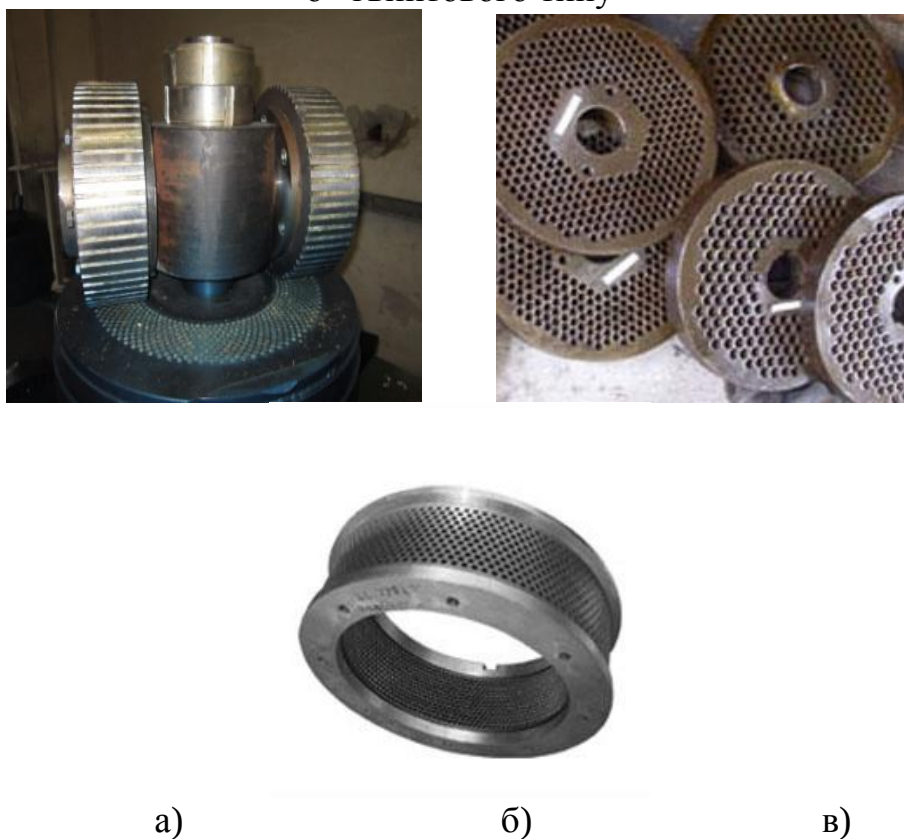


Рис. 2. Робочий органи матричного гранулятора:
а – пресуючі ролики; б – кільцева матриця; в – плоска матриця.

При гранулювання кормів на пресах з нерухомою матрицею зменшується руйнування пелет, оскільки відсутні відцентрові сили, під дією яких на пресах з обертаючою матрицею пелети кришаться від



ударів об кожух преса. На пресах з нерухомою матрицею пресуючі елементи встановлені на обертовому валу.

Перевагою пресів з вертикальними кільцевими матрицями є можливість швидкої і легкої зміни матриці і вальців. Кільцеві матриці можуть мати різні пресуючі елементи, що відрізняються захоплюючої здатністю пресуючої пари. Матричні преси діляться на преси із ковзаючими і з обертовими пресуючими елементами, останні найбільше поширені.

Преси з обертовими пресуючими елементами поділяються на преси з вільно обертовими вальцями, встановленими на нерухомих осях, і з примусово обертовими. Вільно обертаючі пресуючі вальці бувають гладкими і з рифленою бічною поверхнею.

Обертаються вальці за рахунок сил тертя матеріалу щодо внутрішньої поверхні матриці і бічної поверхні вальців. Захоплення і пресування корма роликми з гладкою робочою поверхнею здійснюється недостатньо ефективно, тому що частина матеріалу не захоплюється роликми, а штовхається ним.

Певний інтерес представляють конструкції пресів, в яких для підвищення захоплюючої здатності, вальці виконані з рифленою, хвилястою або насиченою бічною поверхнею. Такі поверхні сприяють зменшенню прослизання матеріалу і, як наслідок, підвищенню продуктивності преса за рахунок збільшення коефіцієнтів тертя. Пресуючі вальці таких грануляторів можуть бути циліндричними або конічними. Окружні швидкості конічних вальців в центрі і на периферії однакові, але через різницю діаметрів вальця захоплююча здатність його по довжині неоднакова, що призводить до втрати продуктивності преса в зв'язку з нерівномірністю подачі матеріалу по площі матриці і веде до нерівномірного її зношення.

У одних конструкцій пресів з плоскою матрицею в обертання приводиться водило з вальцями, а матриця нерухома, у інших обертається матриця, а вальці нерухомі. Процес ущільнення в такому робочому органі відбувається так. Поданий в робочу зону матеріал, потрапляє в зону утворену внутрішньою поверхнею матриці та зовнішньою поверхнею вальця, на початку стискається, а потім вдавлюється в прохідні канали матриці. У міру їх заповнення опір пресуванню матеріалу збільшується, у зв'язку з чим тиск пресування зростає і досягає максимального значення при повністю заповнених каналах. Як тільки тиск пресування стає рівним силі тертя спресованого матеріалу об стінки каналів, він виштовхується у вигляді гранул.

Гвинтові преса здійснюють гранулювання циліндричним або конічним шнеком у відкритій пресувальній камері. Шнеки можуть бути з постійним або змінним кроком (рисунк 3,а). Незважаючи на простоту конструкції, дані робочі органи отримали малу промислову реа-

лізацію через завищену енергоємність процесу і невисоку продуктивність. В таких пресах частина енергії витрачається на подолання тертя матеріалу по поверхні шнека і стінки корпусу, що викликає знос їх і нагрів корму.

Процес пресування в таких машинах проходить наступним чином: шнек захоплює і подає подрібнену сировину, при цьому створюючи тиск 25-35 атм., до матриці (рисунок 3,б). Внаслідок цього, матеріал розігрівається до 90-110 °, стискається до визначеної щільності і продавлюється через отвори матриці. На виході отримується гранула - гаряча й пластична. При охолодженні і висиханні вона зберігає задану при пресуванні форму.



а)



б)

Рис. 3. Робочі органи гвинтового прес-гранулятора кормів:
а – шнек преса; б – матриця

За способом подачі сипучого корму для пресування, до робочих органів гранулятори поділяють на:

- гравітаційні, в яких матеріал подається в камеру пресування під дією сили тяжіння;
- примусові в яких матеріал подається різними пристроями.

Гравітаційні системи подачі сипучого корму застосовують у пресах з горизонтальними кільцевими або плоскими матрицями. Вони відрізняються простотою завантаження, однак не забезпечують рівномірного розподілу матеріалу по ширині матриці, так як під дією сили тяжіння він збирається в нижній частині кільцевої матриці, встановленої горизонтально. Останнє викликає нерівномірний знос матриці. При примусовій подачі матеріалу ускладнена конструкція преса, однак стабільніший технологічний процес.

Формулювання цілей статті. Провести інформаційний пошук та аналіз існуючого технічного забезпечення технологічного процесу створення кормових пелет з макух насіння олійних культур з визначенням найбільш ефективного обладнання для грануляції білкової складової, в сфері годівлі тварин.



Основна частина. Розглянуті типи робочих органів прес-грануляторів для пелетування біомаси визначають основні показники ефективної роботи машини в цілому. Найбільш розповсюдженими машинами для пелетування є машини з робочими органами матричного (роликового) та гвинтового типів.

Таких технічних засобів для гранулювання кормів різних виробників існує величезна безліч [6-16]. Основні характеристики деяких з них наведені в таблиці. Для того щоб порівняти і оцінити ефективність технічних засобів для гранулювання кормів розглянуто їх питому енергоємність.

Таблиця – Технічні засоби для гранулювання кормів.

№	Назва, або серія машини	Продуктивність, кг/год	Потужність, кВт	Габаритні розміри, мм	Вага, кг	Питома енергоємність, кВт/кг
1	НТ - 20 (36)	220 (850)	7.5 (36)	1000×430×950 (1300× 580×1080)	190 (470)	0.034 (0.042)
2	УПГМ-150 (600)	150 (600)	7.5 (22.5)	1100×520×1000 (1400× 600×1200)	200 (500)	0.05 (0.038)
3	КЛ-230В (400В)	300 (900)	11 (30)	1140×470×970 (1470× 600×1150)	290 (550)	0.037 (0.033)
4	ППМ-2000	2000	90	2350×1400×1750	3600	0.045
5	КЛ-400 (600)	400 (600)	38 (45)	1600× 850×1700 (1600× 900×1700)	1200 (1250)	0.095 (0.075)
6	ГК-200 (700)	200 (700)	5.5 (12)	1110×420×870 (1430×620×1110)	250 (450)	0.028 (0.02)
7	ПГ-150	150	7.5	1150×550×1000	210	0.05
8	Г-200 (600)	200 (600)	7.5 (22.5)	1100×600×1000 (1300×700×1700)	270 (740)	0.038 (0.038)
9	ГШ-120 (180)	120 (180)	7.5 (11)	1150×500×1400 (1160×500×1400)	230 (270)	0.05 (0.061)
10	ГРШ-50	50	4	1440×570×970	150	0.05
11	ГР-160	160	7.5	1150×500×1400	230	0.046

З таблиці видно, що найменшою питомою енергоємністю, при гранулювання кормів, і відповідно високою ефективністю відзначається матричний прес-гранулятор ГК-200 (700).

Висновки. В результаті проведеного аналізу технічного забезпечення технологічного процесу створення кормових пелет з макух насіння олійних культур встановлено, що питома енергоємність матри-



чних пресів найнижча, а це зумовлює високу ефективність їхнього застосування.

Література

1. Грищенко В.Т. Перспективи отримання білкових добавок і біопалив з насіння олійних культур / В.Т. Грищенко, Р.О. Бакарджиев//Міжвідомчий тематичний науковий збірник національного наукового центру <<Інститут механізації та електрофікації сільськогосподарства >>. – Глеваха, 2013. – Вип.98.Т.2 – С.152-157.
2. Пат. 74880, Україна, МКИ А 23 j 1/14/ Спосіб одержання білкового борошна із макухи олійного насіння / В.Т.Грищенко В.Т., Чехов А. В. - №2003109430; Заявл. 20. 10. 2003; Опубл.15. 11. 2005, Бюл. №11. – 2с.
3. Каравашенко В.Ф. Кормление сельскохозяйственной птицы./ В.Ф. Каравашенко – К.: Урожай, 1986. - 304 с.
4. Компания Политруб [Электронный ресурс] / Сетевой ресурс www.politraude.com.ua, Компания Политруб. – Режим постоянного доступа: <http://www.politraude.com.ua>. – Дата последнего просмотра 20.10.2014.
5. Компания АгроГрупп [Электронный ресурс] / Сетевой ресурс www.borex.com.ua, Компания АгроГрупп. – Режим постоянного доступа: <http://www.borex.com.ua>. – Дата последнего просмотра 20.10.2014.
6. ООО «Артмаш» [Электронный ресурс] / Сетевой ресурс www.tokrab.com.ua, ООО «Артмаш». – Режим постоянного доступа: <http://www.tokrab.com.ua>. – Дата последнего просмотра 20.10.2014.
7. ЧП «БизнесСтрой» [Электронный ресурс] / Сетевой ресурс www.biznesstroy.com.ua, ЧП «БизнесСтрой». – Режим постоянного доступа: <http://www.biznesstroy.com.ua>. – Дата последнего просмотра 20.10.2014.
8. Компания ФОРА-ЗАХІД [Электронный ресурс] / Сетевой ресурс www.fora-zakhid.com.ua, Компания ФОРА-ЗАХІД – Режим постоянного доступа: <http://www.fora-zakhid.com.ua>. – Дата последнего просмотра 20.0.2014.
9. ООО «КЛЗ» [Электронный ресурс] / Сетевой ресурс 138392.ua.all.biz , ООО «КЛЗ» – Режим постоянного доступа: <http://138392.ua.all.biz> . – Дата последнего просмотра 20.10.2014.
10. ЗАО "УкрСтройДом" [Электронный ресурс] / Сетевой ресурс www.ukrstroydom.com.ua/contact.html , ЗАО "УкрСтройДом" – Режим постоянного доступа: <http://www.ukrstroydom.com.ua/contact.html>. – Дата последнего просмотра 20.10.2014.
11. Компания «Агровектор» [Электронный ресурс] / Сетевой ресурс [agrovektor.com/index.php](http://www.agrovektor.com/index.php), Компания «Агровектор» – Режим постоянного доступа: <http://www.agrovektor.com/index.php>. – Дата последнего просмотра 20.10.2014.



12. НПФ «Сота Сталь» [Электронный ресурс] / Сетевой ресурс 167125.ua.all.biz, НПФ «Сота Сталь» – Режим постоянного доступа: <http://www.167125.ua.all.biz>. – Дата последнего просмотра 20.10.2014.
13. ПАО «Электромотор» [Электронный ресурс] / Сетевой ресурс www.elmotor.com.ua/contak, ПАО «Электромотор» – Режим постоянного доступа: <http://www.elmotor.com.ua/contak>. – Дата последнего просмотра 20.10.2014.
14. Компания «Все блоки» [Электронный ресурс] / Сетевой ресурс www.vsebloki.com.ua, Компания «Все блоки» – Режим постоянного доступа: <http://www.vsebloki.com.ua>. – Дата последнего просмотра 20.10.2014.
15. ООО «Грант Агро» [Электронный ресурс] / Сетевой ресурс www.garantagro.com/content/36, ООО «Грант Агро» – Режим постоянного доступа: <http://www.garantagro.com/content/36>. – Дата последнего просмотра 20.10.2014.
16. ЧП «Лаврин» [Электронный ресурс] / Сетевой ресурс lavr.in.all.biz, ООО «Грант Агро» – Режим постоянного доступа: <http://www.lavr.in.all.biz>. – Дата последнего просмотра 20.10.2014.

АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СОЗДАНИЯ КОРМОВЫХ ПЕЛЛЕТ ИЗ МАКУХИ СЕМЯН МАСЛИЧНЫХ КУЛЬТУР

А.Н. Пацула

Представлены результаты патентно-информационных исследований современного технического обеспечения технологического процесса создания кормовых пеллет из макухи семян масличных культур. Обосновано высокую эффективность матричных прессов при гранулировании кормов.

ANALYSIS OF THE TECHNICAL PRODUCTION PROCESS ESTABLISHMENT OF FEED PELLETS FROM OILSEED CAKE

A.Patsula

Summary

The results of patent information is-investigations of modern logistics process of creating feed pellets from oilseed cake. Reasonably high efficiency matrix presses pelleting feed.



УДК 631.173

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ ПІДГОТОВКИ ДО ТРИВАЛОГО ЗБЕРІГАННЯ ЗАСОБІВ МАЛОЇ МЕХАНІЗАЦІЇ

Ляшенко С.В., к.т.н.

Полтавська державна аграрна академія

Тел/факс (05322) 2-29-81

Анотація – робота присвячена аналізу технологічних операцій, які необхідно виконати при підготовці до тривалого зберігання мотокультиватора WEIMA 900M. Удосконалено перелік необхідних до виконання технологічних операцій під час підготовки до тривалого зберігання мотокультиватора за результатами його використання на присадибних ділянках.

Ключові слова – підготовка, зберігання, технологічна операція, технічний стан, експлуатація.

Постановка проблеми. За останні роки засоби малої механізації стали невід’ємними помічниками при обробітку присадибних ділянок Полтавського регіону. Період інтенсивного використання засобів малої механізації триває з весни до осені, а період зберігання – взимку. Придбавши мотокультиватор споживач зіштовхується з проблемою які технологічні операції техніки необхідно виконати перед постановкою на тривале зберігання, адже в інструкції заводу виготовлювача інформація з цього питання не представлена взагалі. В цих умовах користувачі засобів малої механізації потребують ретельного опису необхідних до виконання технологічних операцій підготовки до тривалого зберігання, з метою зменшення витрат на підтримування в робото здатному стані мотокультиватора.

Аналіз основних досліджень і публікацій, у яких започатковано розв’язання проблеми. Провівши огляд основних досліджень і публікацій по даному питанні, встановлено, що основні вимоги до зберігання сільськогосподарської техніки, передбачені ГОСТ 7751-85 [1]. Аналіз останніх досліджень і публікацій Молодик М.В., Гуков Я.С., Моргун А.М., Марченко М., Козаченко О.В. показав, що дослідження надійності машин при експлуатації, технічному обслуговуванні, ремонті та зберіганні, пов’язані із якісним забезпеченням сервісного обслуговування на протязі усього періоду експлуатації [2-5]. За результата-



ми аналізу робіт провідних фахівців можна зробити висновок, що існує достатньо інформації для розробки адаптованих технологічних операцій, які необхідно виконати перед постановкою на тривале зберігання. Розроблені рекомендації повинні базуватися на накопиченні бази даних про пошкодження та несправності, що виникали в період зберігання і дозволять попереджувати їх під час проведення технологічних операцій підготовки до тривалого зберігання засобів малої механізації.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Підвищення ефективності використання мотокультиваторів шляхом розробки рекомендацій по підготовці до тривалого зберігання, направлених на підтримання в робото здатному та справному стані його вузлів під час використання за призначенням. Основними завданнями досліджень є: проаналізувати правила зберігання сільськогосподарської техніки передбачені ГОСТом 7751-85; адаптувати правила зберігання для засобів малої механізації та розробити рекомендації до виконання технологічних операцій підготовки до зберігання мотокультиватора WEIMA 900M.

Основна частина. Для того, щоб мотокультиватор працював надійно та тривалий термін, необхідно утримувати його в належному стані. Але власникам мотокультиваторів не завжди все вдається, оскільки по перше, відсутня кваліфікована інформація про види робіт у інструкції по експлуатації, які необхідно виконати перед постановкою на тривале зберігання, по друге, не дозволяють умови внаслідок відсутності достатньої площі приміщень, або навісу. І по третє, не завжди враховуються деякі важливі рекомендації.

Узагальнені рекомендації представлені у вигляді розширеної таблиці 1.

Таблиця 1 – Рекомендації до виконання технологічних операцій перед постановкою на тривале зберігання.

Технологічна операція	Рекомендації
1	2
1 ТРИВАЛЕ ЗБЕРІГАННЯ МОТОКУЛЬТИВАТОРА (перерва у використанні більше двох місяців)	
1.1 Виконайте очищення від рослинних залишків і технологічних забруднень.	1.1 Поверхні деталей можуть містити налипання ґрунту, що потребують використання спеціальних чистиків та щіток.
1.2 Виконайте миття.	1.2 Складові частини, на які не допускається потрапляння води (магнето, реле) необхідно закрити чохлами, поліетиленовою плівкою. Пофарбовані поверхні мотокультиватора слід мити струменем води під тиском 0,3...0,5 МПа, а не пофарбовані – під тиском до 2 МПа.



Продовження таблиці 1

1	2
	Поверхні деталей можуть містити залишки мастил, необхідно використовувати відповідні миючі засоби. Миття мотокультиватора необхідно виконувати на спеціальному майданчику, де забезпечена нейтралізація стічних вод та мийних розчинів, або воду збирати у резервуар для відстоювання, фільтрування та повторного використання під час чергового миття
1.3 Виконайте висушування.	1.3 Для висушування рекомендовано використовувати стиснуте повітря. Після чого додатково обтерти тканиною насухо поверхні вузлів та механізмів.
1.4 Від'єднайте навісне обладнання.	1.4 Використовувати опорну підставку.
1.5 Встановіть в положення, що виключає мимовільне скочування.	1.5 Поспіх при встановленні мотокультиватора призводить до його не стійкого положення, рекомендовано використовувати противідкатні упори.
1.6 Перемістіть паливний краник в положення «закрито».	1.6 Бензин – самозаймиста та вибухонебезпечна речовина. Не паліть та переконайтеся, що поряд з паливом відсутній вогонь та іскри.
1.7 Встановіть мотокультиватор на підставки.	1.7 Забезпечити мінімальну відстань від поверхні землі до колеса 100 мм. Використовувати спеціальні підставки які надійно фіксують, як мінімум у трьох точках мотокультиватор у піднятому положенні.
1.8 Виконайте консервацію внутрішніх порожнин двигуна	1.8.1 Злийте мастило з картера двигуна. 1.8.2 Промийте систему мащення сумішшю 80% дизельного палива та 20% моторного масла. 1.8.3 Для консервації внутрішніх порожнин двигуна використовуйте робоче-консерваційне масло, що являє собою моторне масло для даного двигуна з добавкою 5% інгібуючої присадки АКОР-1 (ГОСТ 15171-70). Робоче консерваційне масло готують при температурі моторного масла, не нижчій 15 °С, а підігрітої присадки АКОР-1 – не вищій 60 °С. Масло використовуйте те, що є в картері двигуна, якщо воно не відпрацювало установлений строк і не підлягає заміні.



Продовження таблиці 1

1	2
	Суміш необхідно ретельно перемішати. Ні в якому разі не слід заливати АКОР-1 чи іншу інгібіторну присадку безпосередньо в картер двигуна, оскільки вони налипають на стінках і ефекту не дають. 1.8.4 Залийте консерваційне масло в картер двигуна. 1.8.5 Запустіть двигун мотоблока на 5...8 хв. 1.8.6 Для консервації циліндра двигуна через отвір для запальної свічки залийте 30...40 г. робоче-консерваційного масла і прокрутіть колінчастий вал протягом 3...5 с. Встановіть свічку на місце.
1.9 Виконайте консервацію внутрішніх порожнин редуктора трансмісії	1.9.1 Злийте мастило з редуктора трансмісії. 1.9.2 Промийте редуктор трансмісії сумішшю 80% дизельного палива та 20% трансмісійного масла. 1.9.3 Для консервації внутрішніх порожнин редуктора трансмісії використовуйте робоче-консерваційне масло, що являє собою трансмісійне масло для даного редуктора з добавкою 5% інгібуючої присадки АКОР-1 (ГОСТ 15171-70). Робоче консерваційне масло готують при температурі трансмісійного масла, не нижчій 15 °С, а підігрітої присадки АКОР-1 – не вищій 60 °С. Масло використовуйте те, що є в редукторі трансмісії, якщо воно не відпрацювало установленний строк і не підлягає заміні. Суміш необхідно ретельно перемішати. Ні в якому разі не слід заливати АКОР-1 чи іншу інгібіторну присадку безпосередньо в редуктор трансмісії, оскільки вони налипають на стінках і ефекту не дають. 1.9.4 Залийте консерваційне масло в редуктор трансмісії. 1.9.5 Запустіть двигун мотоблока, увімкніть передачу і дайте попрацювати 1...2 хв.
1.10 Виконайте герметизацію отворів, порожнин, через які можуть потрапити атмосферні опади усередину.	1.10 Герметизацію отворів та порожнин виконувати за допомогою кришок, пробок та заглушок відповідного діаметру.



Продовження таблиці 1

1	2
	Не допускається використання тканини для герметизації отворів.
1.11 Зніміть гумові паси у випадку збереження мотокультиватора на відкритому майданчику понад місяць.	1.11 Після зняття гумові паси необхідно промити у теплій мильній воді (у 10 л. води розчиняють 50...100 г. мила та 100 тринатрійфосфату), після чого їх просушують, обпудрюють тальком та розміщують у підвішеному стані на вішалках в приміщенні (відносна вологість 50...70%), що опалюється (температура повітря від 5 до 25°C, добові коливання не більше 10°C). Клиноподібні паси зберігають розвернутими на вішалках з заокругленими (радіусом 100..200 мм) головками.
1.12 Нанесіть антикорозійне мастило на робочі поверхні шківів та натяжних роликів.	1.12 Наносити антикорозійне мастило на робочі поверхні шківів та натяжних роликів необхідно пензлем покриваючи усю поверхню.
1.13 Очистіть гумові паси у випадку збереження мотокультиватора в приміщенні.	1.13 Очищення гумових пасів слід виконувати розчином див. п. 2.9.
1.14 Виконайте розвантаження шин мотокультиватора встановленого на підставки.	1.14 Тиск зменшують до 70% робочого. Поверхні шин покривають воском чи іншим захисним матеріалом у випадку збереження мотокультиватора на відкритому майданчику.
1.15 Виконайте зовнішню консервацію мотокультиватора	1.15.1 Консервацію поверхонь виконують відповідно до вимог ГОСТ 7751-85, ГОСТ 9.014-78. 1.15.2 Виконайте підготовку поверхонь до нанесення захисних покриттів. Місця пошкоджені корозією необхідно обробити перетворювачем іржі або модифікатором корозії. 1.15.3 Очистіть поверхню та нанесіть лакофарбове покриття на місце пошкодження. 1.15.4 Для зовнішньої консервації рекомендовано використовувати універсальні воскові суміші та полімерні покриття. Вони захищають лакофарбові покриття, не пофарбовані металічні та гумо-текстильні вироби, деталі з пластику. Особливість даних сумішей у тому, що введення мотокультиватора в експлуатацію не потребує розконсервації.



Продовження таблиці 1

1	2
	1.15.5 Підготовку поверхні до зовнішньої консервації та виконання консервації необхідно проводити при вологості повітря не вище 70%, те температури навколишнього середовища не нижче + 5 °С.

Як видно з таблиці 1 розроблені рекомендації ґрунтуються на проведених дослідженнях тривалого зберігання мотокультиватора WEIMA 900M. В результаті випробувань отримали можливість розширити перелік необхідних до виконання технологічних операцій підготовки до зберігання мотокультиватора, та адаптувати їх до умов особистого селянського господарства.

Висновки:

1. На основі аналізу існуючих правил зберігання сільськогосподарської техніки встановлено, що для підвищення ефективності використання мотокультиваторів WEIMA 900M в умовах особистого селянського господарства, необхідно адаптувати перелік технологічних операцій, необхідних до виконання при підготовці до тривалого зберігання.

2. Запропоновані рекомендації підготовки до тривалого зберігання мотокультиватора дають можливість збільшити амортизаційні строки його служби на 25...30%.

3. Встановлено, що порушення правил зберігання засобів малої механізації знижує їх період ефективного використання в 2...3 рази.

Література

1. ГОСТ 7751-85. Техника, используемая в сельском хозяйстве. Правила хранения.- Введ.01.01.87. – М. Изд-во стандартов, 1985.- 33с.
2. *Ляшенко С.В.* Удосконалення графіка проведення та розширення переліку необхідних до виконання операцій технічного обслуговування засобів малої механізації за результатами їх випробувань на присадибних ділянках [Текст] / *С.В. Ляшенко* // Вісник ПДАА. – Вип. 3. – Полтава, 2014. – С. 178-182.
3. *Гуков Я.С.* Концепція перспективного розвитку технічного сервісу АПК України / *Я.С.Гуков, М.В.Молодик, А.М.Моргун* та ін. – Глеваха: ННЦ ІМЕСГ, 2004. – 59с.
4. *Макаренко М.* Зберігання машин в неробочий період // Агробізнес Сьогодні. – №23 (246), 2012. – С. 36 – 40.
5. *Козаченко О.В.* Проблеми та перспективи розвитку технічного сервісу машин АПК [Текст] / *О.В. Козаченко* // Вісник ХНТУСГ ім. П.Василенка. – Вип.145. – Харків, 2014.–С. 3 –7.



УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ ПОДГОТОВКИ К ДЛИТЕЛЬНОМУ ХРАНЕНИЮ СРЕДСТВ МАЛОЙ МЕХАНИЗАЦИИ

С.В. Ляшенко

Аннотация – работа посвящена анализу технологических операций, которые необходимо выполнить подготавливая к длительному хранению мотокультиватора WEIMA 900M. Усовершенствовано перечень необходимых технологических операций которые выполняются во время подготовки к длительному хранению мотокультиватора по результатам его использования на приусадебном участке.

IMPROVEMENT OF TECHNOLOGICAL OPERATIONS OF PREPARATION TO THE PROTRACTED STORAGE OF FACILITIES OF SMALL MECHANIZATION

S. Lyashenko

Summary

Work is devoted the analysis of technological operations which must be executed preparing to the protracted storage of tiller of WEIMA 900M. Improved list of necessary technological operations which are executed during preparation to the protracted storage of tiller on results his use on the small holding.



УДК 677.312:65.018

ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ДЕФОРМАЦІЇ ШАРУ ГРУБОЇ ОВЕЧОЇ ВОВНИ ПРИ УДАРНО-МЕХАНІЧНОМУ УЩІЛЬНЕННІ

Алієв Е. Б., к.т.н.,

Лиходід В. В., к.т.н.,

Івлєв В. В., аспірант^{*}*Запорізький науково-дослідний центр з механізації тваринництва
ННЦ «ІМЕСГ» НААН України*

Тел./факс (061) 289-81-44

Анотація – робота присвячена чисельному моделюванню процесу деформації шару грубої овечої вовни при ударно-механічному ущільненні.

Ключові слова – чисельне моделювання, динаміка, процес, деформація, груба вовна, ущільнення.

Постановка проблеми. Вивчення поведінки волокнистих матеріалів при механічному ущільненні є предметом дослідження багатьох вчених [1-4]. Практичне значення цих досліджень пов'язано з поглибленням уяви про протікання технологічних процесів обробки волокнистих матеріалів, зокрема грубої овечої вовни, прогнозуванням і оцінкою експлуатаційних характеристик готової товарної продукції. Але незважаючи на проведенні дослідження, наукові знання в цій області ще недостатні.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Побудова механічних моделей для імітації поведінки природних волокнистих матеріалів, таких як груба овеча вовна, при ударно-механічній дії на неї вимагає поглибленого знання про характеристики окремих волокон, зокрема їх морфології, розташування в переплетенні, міцності та жорсткості [5-7]. Тому на сучасному етапі доцільним є проведення подальших теоретичних досліджень з вивчення взаємодії волокнистих матеріалів на мікро-механічному рівні при їх ударно-механічному ущільненні.

Постановка завдання. Теоретично дослідити динаміку процесу деформації шару грубої овечої вовни при ударно-механічному ущільненні з урахуванням її структури та технологічних властивостей.

Матеріали та методи досліджень. В якості досліджуваного мате-

ріалу при чисельному моделюванні прийнято грубу овечу вовну з відомими [8, 9] фізико-механічними та технологічними властивостями.

Теоретичні дослідження базуються на аналізі взаємодії робочого органу малогабаритної плитно-валяльної машини з шаром грубої овечої вовни при її механічному ущільненні на базі механіки суцільного середовища із використанням методів чисельного моделювання.

Основна частина. Структуру овечої вовни можна адекватно описати стохастичним розподілом геометричних параметрів її волокон та вільних порожнин між ними на основі чисельного моделювання.

На основі результатів лабораторних досліджень [10, 11] деформаційних характеристик овечої вовни, побудована стохастична модель структури вовни, як волокнистого матеріалу, в програмному пакеті Star CCM+. Волокна вовни представлено у вигляді дискретизованої тетрагональної сітки (рис. 1). За модель волокна прийнято в'язко-пластичне тіло, яке знаходиться у рідкому середовищі. За попередніми дослідженнями процесу валяння грубої вовни в повстятий пласт [12] встановлено, що на верхню поверхню шару вовни при її ударно-механічному ущільненні діє змінний тиск P :

$$P(x, h(t)) = \frac{F}{a \cdot l} = \begin{cases} \frac{G}{a \cdot l}, & 0 \leq t \leq t_1, \\ \frac{G + 0,5F_m(1 + \cos \omega t)}{a \cdot l}, & t_1 < t < t_2, \\ 0, & t_2 \leq t \leq t_3, \end{cases} \quad (1)$$

де x – координата, м.

$h(t)$ – товщина шару зволоженої грубої вовни, м;

F – сила тиску на верхню поверхню вовни, Н;

a – ширина плитно-валяльної машини, м;

l – довжина плитно-валяльної машини, м;

G – сила тяжіння верхньої рухомої плити, Н;

F_m – амплітуда коливань вібродвигуна за силою F , Н;

ω – частота коливань вібродвигуна, Гц;

t – час, с.

В результаті чисельного моделювання отримана графічна інтерпретації динаміки процесу деформації шару грубої овечої вовни в часі, як волокнистого матеріалу (рис. 1-3).

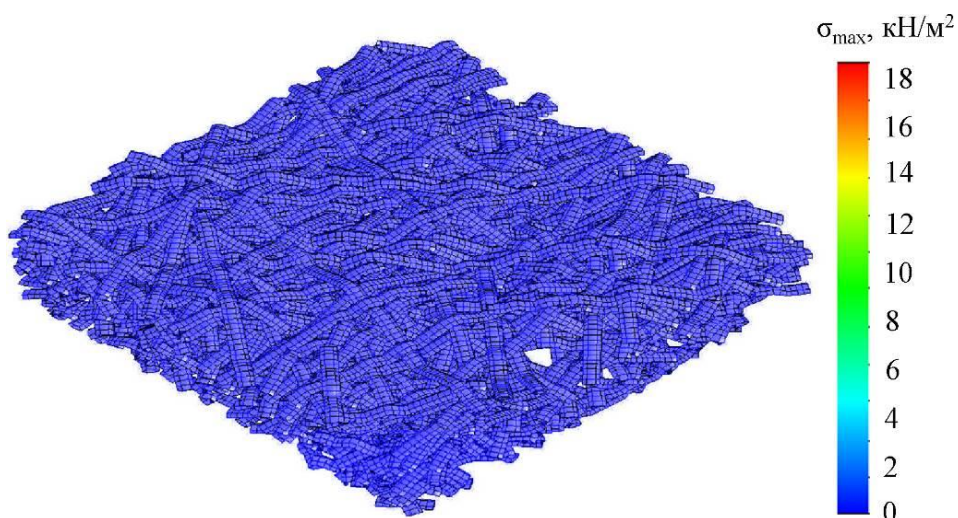


Рис. 1. Графічна інтерпретації процесу деформації шару грубої вовни в момент часу $t = 0$.

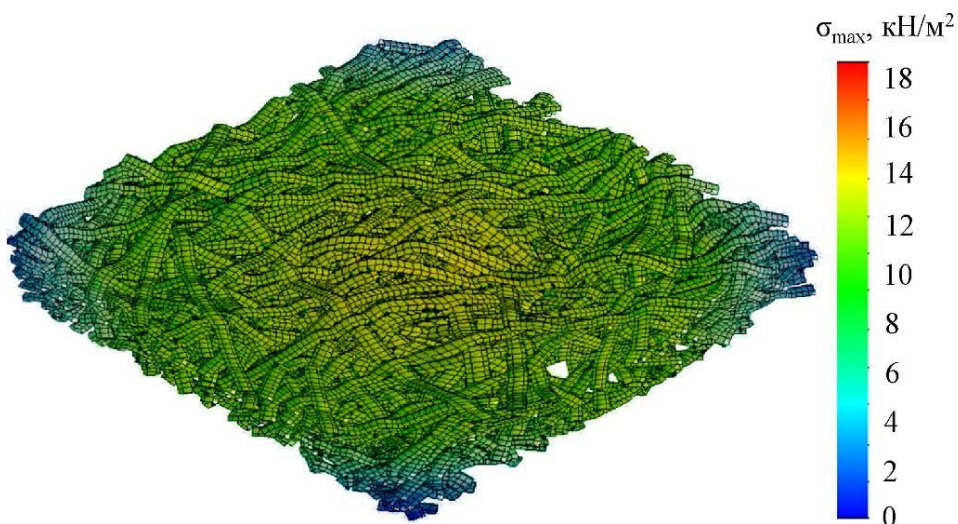


Рис. 2. Графічна інтерпретації процесу деформації шару грубої вовни в момент часу $t = 5$ мс.

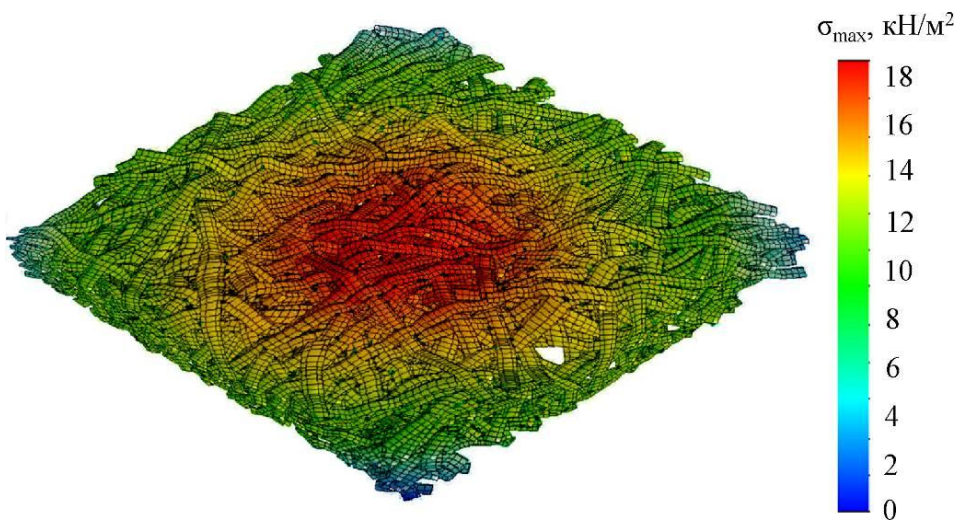


Рис. 3. Графічна інтерпретації процесу деформації шару грубої вовни в момент часу $t = 10$ мс.

Сутність динаміки процесу деформації шару грубої овечої вовни відображають графіки зміни максимальної напруженості (рис. 4) і абсолютної деформації (рис. 5) з часом.

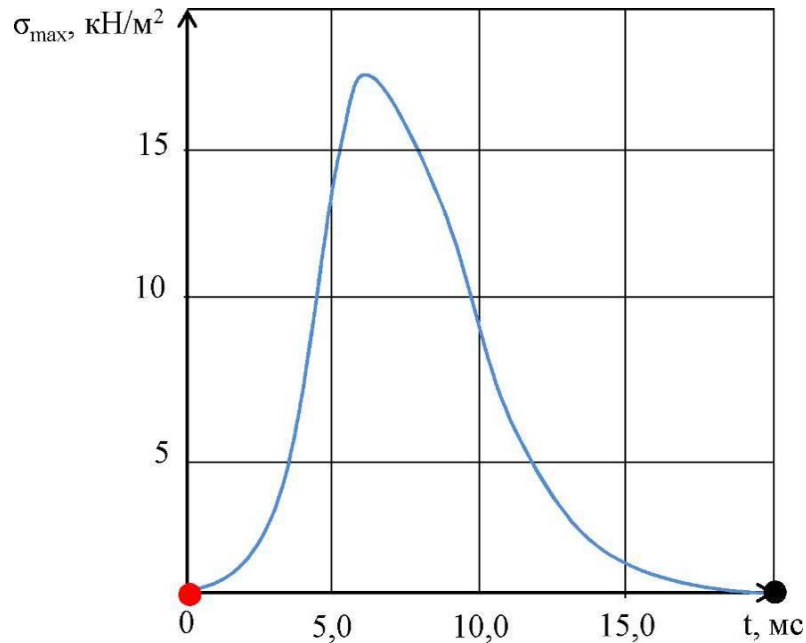


Рис. 4. Динаміка зміни максимальної напруженості в шарі вовни.

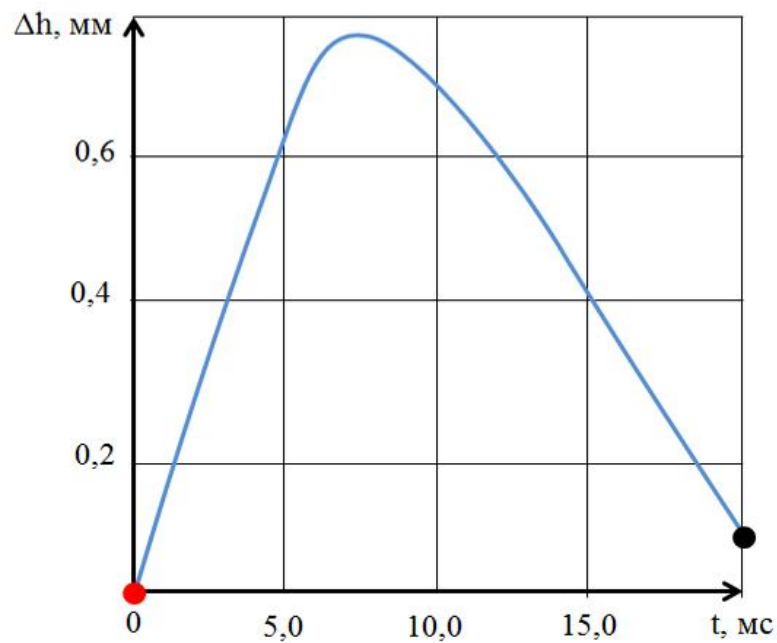


Рис. 5. Динаміка зміни абсолютної деформації шару вовни.

Об'єднуючи графіки на рисунках 4 і 5 отримуємо залежність максимальної напруженості грубої вовни від її відносної деформації (рис. 6), яка показує присутність явища пружного гістерезису. Це по-

яснюється анізотропією механічних характеристик вовни, як волокнистого матеріалу.

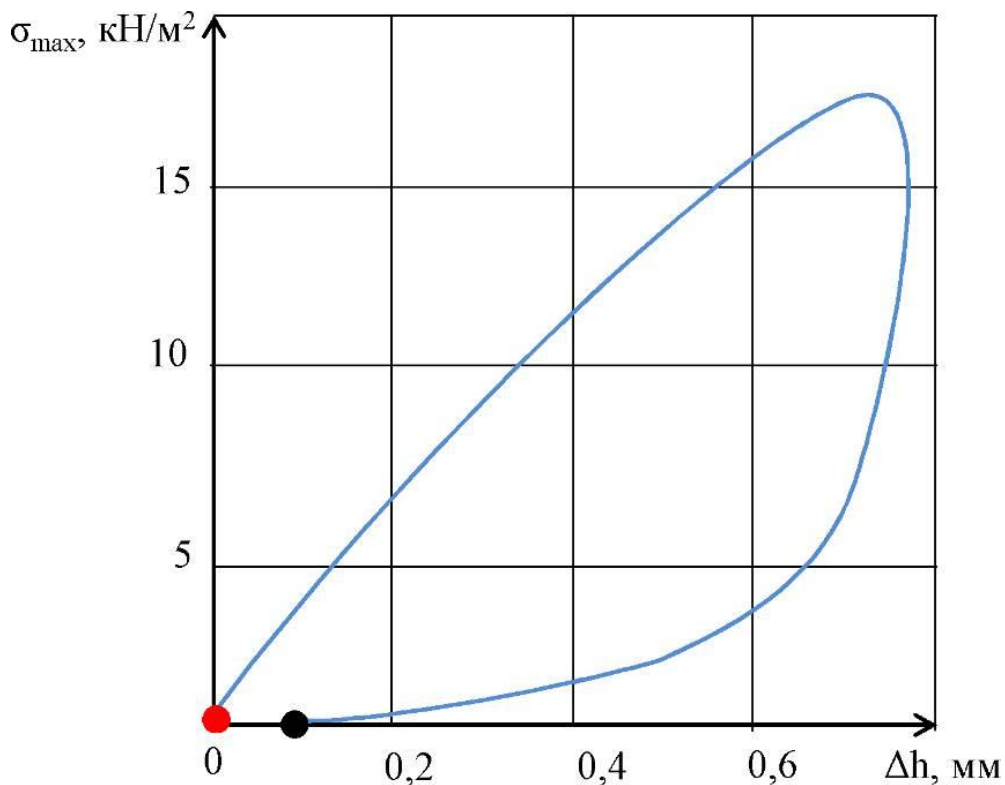


Рис. 6. Залежність максимальної напруженості грубої вовни від її відносної деформації.

Висновки.

1. Встановлено динаміку зміни максимальної напруженості і відносної деформації грубої овечої вовни при її ударно-механічному ущільненні;

2. Отримано залежність максимальної напруженості грубої овечої вовни від її відносної деформації, яка показує присутність явища пружного гістерезису.

3. Подальші дослідження будуть зосереджені на практичному втіленні отриманих результатів при розробленні та виготовленні робочих органів малогабаритних плитно-валяльних машин.

Література

1. Кузнецов В.А. Исследование закономерности сжимаемости плоских текстильных материалов / В.А. Кузнецов, С.А. Полумисков, С.Б. Найолова // Оборудование для ткацкого и красильно-отделочного производства. Экспресс-информация / ЦНИИТЭИЛегпищемаш. – М., 1980. – С. 11 - 16.



2. Румянцев А.А. Контактная задача о деформировании волокнистого материала в отжимных валах / А.А. Румянцев, А.Б. Брут-Бруляко // Изв. Вузов. Технология текст. Пром-сти. – 1987. – № 4. – С. 92 - 95.
3. Энхбаатар П. Определение деформационных характеристик слоя шерсти / П. Энхбаатар, А.В. Демидов, Ю.Г. Фомин // Вестник НПО. – 2002. – Выпуск № 5. – С. 29 -32.
4. Демидов А.В. Исследование деформационных характеристик слоя шерсти / А.В. Демидов // Молодые ученые – развитию текстильной и легкой пром-ти. (Поиск-2003). Тез. Докл. Межвуз. Научн.- техн. конф. – Иваново, 2003. – С. 108-110.
5. Lavrykov S. 3D network simulations of paper structure / S. Lavrykov, S.B. Lindström, K.M. Singh, B.V. Ramarao // Paper physics / Nordic Pulp and Paper Research Journal. – 2012. – Vol 27 no. 2. – P. 256-263.
6. Schreiber J. Zur Verteilung der Dichte an Fichtenpressholz – Tomografie und Simulation / J. Schreiber, J. Matheas, P. Haller // Holztechnologie,. – 2010. – 4. – P. 8-13.
7. Martin Sherburn. Geometric and Mechanical Modelling of Textiles: Ph.D. thesis / Martin Sherburn. – The University of Nottingham, 2007. – 271 p.
8. Рогачев Н.В. Шерсть – первичная обработка и рынок / Н.В. Рогачев, Л.Г. Васильева, Н.К. Тимошенко и др. под ред. Н.К. Тимошенко. – М.: ВНИИ мясн. пром. РАСХН, 2000. – С. 14-111.
9. Горбунова Л.С. Первичная обработка шерсти: учебн. для средн. спец. учебн. заведений / Л.С. Горбунова, Н.В. Рогачев, Л.Г. Васильев, В.М. Колдарев. – М.: Легкая пищевая промышленность, 1981.– 352с.
10. Лиходід В.В. Результати дослідження деформаційних характеристик шару вологонасиченої грубої вовни / В.В. Лиходід, В.В. Івлєв // Механізація, екологізація та конвертація біосировини в тваринництві: зб. наук. праць / Ін-т мех. тваринництва НААН. – Запоріжжя, 2012. – Вип. 1(9). – С. 86-92. – ISSN 2075-1591.
11. Лиходід В.В. Результати дослідження пружних характеристик немітої овечої вовни / В.В. Лиходід, В.В. Полюсов // Механізація, екологізація та конвертація біосировини в тваринництві: зб. наук. праць / Ін-т мех. тваринництва НААН. – Запоріжжя, 2012. – Вип. 1 (9). – С. 104-110. – ISSN 2075-1591.
12. Алієв Е.Б. Теоретичне обґрунтування діапазону робочих конструктивно-технологічних параметрів плитно-валяльної машини / Е.Б. Алієв, В.В. Івлєв // Вібрації в техніці та технологіях: всеукраїнський наук.-техн. журнал / ВНАУ. – Вінниця, 2013. – № 3 (71). – С. 5-11. – ISSN 2306-8744.



ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДЕФОРМАЦИИ СЛОЯ ГРУБОЙ ОВЕЧЬЕЙ ШЕРСТИ ПРИ УДАРНО-МЕХАНИЧЕСКОМ УПЛОТНЕНИИ

Э.Б. Алиев, В.В. Лиходед, В.В. Ивлев

Аннотация – работа посвящена численному моделированию процесса деформации слоя грубой овечьей шерсти при ударно-механическом уплотнении.

NUMERICAL MODELING OF THE PROCESS DEFORMATION OF ROUGH SHEEP'S WOOL LAYER UNDER SHOCK-MECHANICAL SEAL

E. Aliev, V. Lykhodid, V. Ivlev

Summary

The work is devoted to the numerical modeling of the process deformation of rough sheep's wool layer under shock-mechanical seal.



УДК 633.521:[631.361+677.1.021].001.4

ПОПЕРЕЧНЫЙ ПРОЧЕС СЛОЯ ЛЬНОТРЕСТЫ

Изоитко В.М., к.т.н.,

Чеботарев В.П., к.т.н.

Лукомский А.Е., инженер

Республиканское унитарное предприятие «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»

Тел.: +375 17 280 02 91

Аннотация – в лаборатории механизации первичной переработки льна РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» был исследован процесс и разработана машина МП-1 для поперечного прочеса (разделения) слоя льнотресты, поступающего в обработку на мяльно-трепальный агрегат. Рассмотрены актуальность и сущность процесса поперечного прочеса слоя льна. Приведены конструктивно-технологическая схема машины и результаты испытаний. Применение машины для прочеса МП-1 позволяет повысить выход длинного волокна на 0,85 %.

Ключевые слова – лён, прочес, разделение, трепание, агрегат.

Постановка проблемы. С введением в практику технологии механизированной заготовки тресты в рулоны встала необходимость совершенствования технологического процесса механической обработки льносырья.

Анализ последних исследований. В результате выполнения операций по приготовлению тресты (оборачивание, вспушивание, рулонование) заготавливаемое льносырье характеризуется большей спутанностью стеблей, особенно в их вершинной части, чем при сноповой уборке. Это явление отрицательно сказывается на выполнении дальнейших операций по выработке длинного льноволокна – выравнивании слоя тресты по комлям и его утонении перед промином.

Постановка задачи. Для снижения сцепляемости стеблей и их параллелизации, а также выравнивания линейной плотности слоя льна, необходимо осуществлять его прочес (разделение) и выравнивание по толщине. Прочесанный слой с параллелизованными стеблями легко утоняется и эффективно подвергается механической обработке, повышается выход и качество длинного льноволокна, а также увели-

чивается производительность технологической линии по пропуску тресты.

Основная часть. В отечественной технологии переработки льна практически не предусматривается машин, обеспечивающих улучшение условий утонения слоя. Сразу за раскладкой сырья (формированием слоя из снопов или рулонов) установлен питатель (слоеутоняющая машина). И только вручную, раскладчики сырья в какой-то степени подготавливают слой перед питателем, разделяя стебли, выравнивая слой по толщине и по комлям. Конечно, эффективность такой подготовки – слабая, а порой и обратная, так как слой еще более может перепутываться и сгуживаться.

Зарубежные производители технологического оборудования для механической обработки льна (фирмы «DEPOORTERE», Van Dommelle, Бельгия, «CHEN FLAX MASHINERY», Чехия) комплектуют поточные технологические линии механизмами для прочеса слоя тресты и одновременно, как правило, для очеса семенных коробочек льна с установкой после размотчика рулонов.

Так, в линии переработки льна чешской фирмы "CFM" перед питателем установлен двухбарабанный прочесыватель для одновременного прочеса комлевой и верхушечной части стеблей слоя льна (рис. 1).

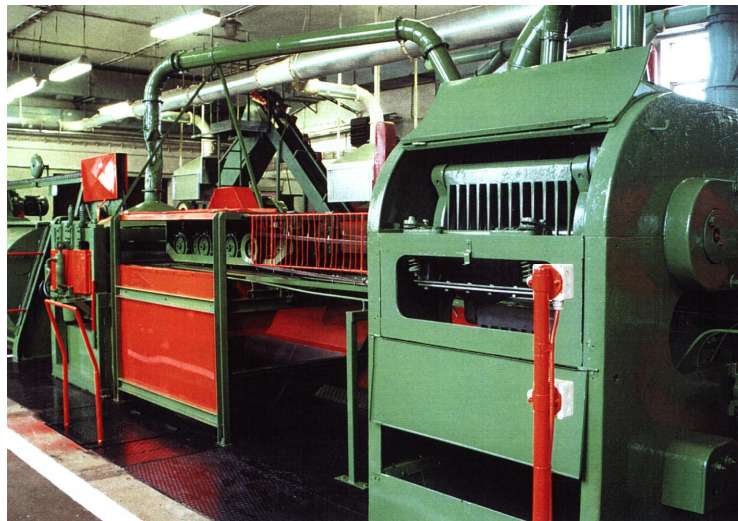


Рис. 1. Машина для прочеса слоя льна чешской фирмы "CFM"

Фирма "Ван Доммеле" (Бельгия) предусматривает прочес верхушечной части слоя чесальным гребнем и конвейерный стол с вибрационным комлевыравнивающим устройством перед питателем (рис. 2).

Однако, в ходе исследований экспериментальных образцов машин для прочеса стеблей в слое льнотресты, созданных на базе гребневого очесывающего барабана льнокомбайна ЛК-4А, а также произ-

водственной эксплуатации зарубежного аналога механизма прочеса фирмы "Ван Доммеле" на ОАО "Дубровенский льнозавод" Витебской области и ОАО "Дворецкий льнозавод" Гродненской области были отмечены существенные недостатки в работе данной конструктивно-технологической схемы.

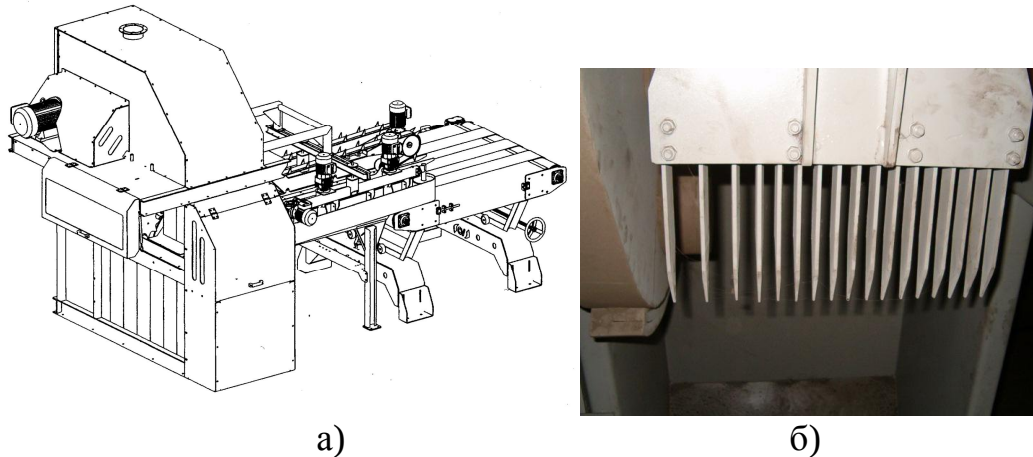


Рис. 2. Машина для прочеса с комлевывравнивателем фирмы "Ван Доммеле": а) общий вид; б) чесальный гребень

Применение гребня для прочеса, а равно и гребневого барабана, требует почти идеального состояния слоя по показателям спутанности стеблей, их параллелизации и растянутости, при этом сложным представляется ориентация слоя в зону прочеса. В противном случае имеют место большие потери полноценных стеблей в отходы при обработке льносырья из рулонов отечественного производства.

В лаборатории механизации первичной переработки льна РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» был исследован процесс и разработана машина МП-1 для поперечного прочеса (разделения) слоя льнотресты на непрерывные горсти при одновременной их параллелизации и выравнивании линейной плотности слоя. Это позволило улучшить условия и повысить качество выполнения последующих операций подготовки слоя к трепанию, а именно очеса верхушечной части слоя льна, выравнивания комлевой его части, утонение и мятье слоя.

Технические характеристики и конструктивное исполнение машины МП-1 определены на основании исследовательских испытаний экспериментального образца машины для поперечного прочеса слоя льнотресты, а также с учетом изучения зарубежных аналогов и подконтрольной производственной эксплуатации слоеформирующей машины МС-6,97, имеющей дозирующе-порционный механизм. Конструкция последнего взята за основу в разработанной машине.

Машина МП-1 состоит из следующих основных узлов и механизмов (рис. 3): рамы-станины, конвейерного транспортера, двух ступеней поперечного прочеса (разделения), состоящих из вала с зубчатыми дисками и разделяющей гребенки; защитной решетки, съемных ограждений, бункера для сбора и транспортирования просыпающихся отходов (костры, пыли, сорняков, вороха и т.п.), электропривода и системы управления.

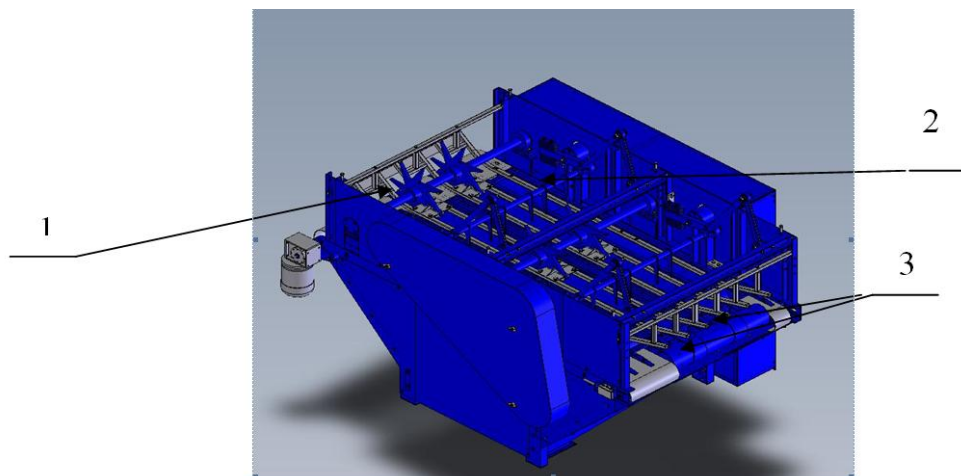


Рис. 3. Машина для прочеса слоя льнотресты МП-1:
1– вал с дисками; 2– разделяющая гребенка; 3– конвейерный транспортер

Вал с зубчатыми дисками предназначен для предварительного разрыхления слоя и удержания его при работе разделяющей гребенки. Вал с дисками установлен в корпусах подшипников на раме машины над конвейерным транспортером. Зубчатые диски размещены симметрично на валу с целью равномерного по ширине слоя воздействия на стебли.

Разделяющая гребенка служит непосредственно для прочеса (разделения) слоя льна на отдельные порции (горсти). Гребенка представляет собой вал с зубьями, который совершает возвратно-поступательное движение по дуге, воздействуя по всей ширине слоя и обеспечивает отрыв порции стеблей слоя, выходящего из-под зубчатых дисков, тем самым происходит так называемый поперечный прочес слоя.

Технологический процесс машины МП-1 состоит в следующем.

Слой льнотресты после размотчика подается к валу с дисками. Зубчатые диски разрыхляют стебли в слое и выравнивают его по толщине. Далее разрыхленный слой подается в зону действия разделяющей гребенки, зубья которой прошивают слой на всю глубину и отде-



ляют порцию (горсть) стеблей от слоя, поступающего из-под зубчатых дисков и удерживаемого ими.

Таким образом, происходит разделение слоя на непрерывные горсти и подача их к валу с зубчатыми дисками второй ступени поперечного разделения, где процесс повторяется.

По ходу всего технологического процесса ленты конвейерного транспортера способствуют дальнейшему продвижению слоя льнотресты.

Просыпающиеся при прохождении слоя через машину отходы попадают в бункер и далее в систему пневмотранспорта завода.

Управление работой машины осуществляется с пульта управления.

Краткая техническая характеристика машины представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Краткая техническая характеристика машины для прочеса слоя льнотресты МП-1

Наименование показателя	Значение показателя
Производительность по пропуску льнотресты номера 1,25 и плотностью настила стеблей в ленте не менее 1,5 кг/м пог., за 1 час эксплуатационного времени, кг	от 450 до 1600
Габаритные размеры, мм	
длина	2600
ширина	1950
высота	1950
Масса конструкционная, кг	1500
Установленная мощность, кВт	2,0
Скорость прохождения слоя в машине, м/мин	5...18
Число ступеней прочеса	2
Ширина машины для прохождения материала, мм	1250

За время предварительных испытаний опытного образца МП-1, при пропуске льнотресты номеров 0,75- 1,25 нормальной вылежки, на выходе из машины поступал равномерный по толщине, параллелизованный, непрерывный слой. При этом, при прочих равных условиях, применение машины МП-1 обусловило более эффективную работу питателя ПЛ, выразившуюся в равномерном утонении, отсутствии забивок и разрывов в слое, и в конечном итоге это позволило увеличить выход длинного льноволокна на 0,85 % в сравнении с базовым вариантом (без машины МП-1). Кроме того, был отмечен дополнительный (сопутствующий) эффект функционирования машины МП-1, заклю-



чающийся в очистке слоя от мусора, камней, пыли, комков почвы и частично сорняков сразу после размотки. Это способствует снижению износа рабочих органов машин мяльно-трепального агрегата.

В настоящее время ведутся работы по уточнению технологической схемы машины, кинематических ее параметров и конструктивной доработки отдельных узлов и механизмов с целью обеспечения надежной и эффективной работы машины.

Выводы. Однако уже можно говорить о том, что поперечный прочес (разделение) слоя льнотресты, поступающего в обработку на мяльно-трепальный агрегат, является необходимой и эффективной операцией повышения качества подготовки слоя к трепанию и о целесообразности применения на отечественных льнозаводах соответствующего оборудования.

ПОПЕРЕЧНИЙ ПРОЧОС ШАРУ ЛЬНОТРЕСТИ

В.М. Ізоїтко., В.П. Чеботарьов, А.Є. Лукомский

Анотація – у лабораторії механізації первинної переробки льону РУП «НПЦ НАН Білорусі по механізації сільського господарства» досліджено процес і розроблена машина МП-1 для поперечного прочосу (розподілу) шару льнотресту, що надходить для обробки у м'яльно-тіпальний агрегат. Розглянуті актуальність і сутність процесу поперечного прочосу шару льону. Наведені конструктивно-технологічна схема машини та результати випробувань. Застосування машини для прочосу МП-1 дозволяє підвищити вихід довгого волокна на 0,85 %.

CROSS COMBING OF FLAX LAYER

V.Izoitko, V.Chebotarev, A.Lukomsky

Summary

The process of cross combing and the machinery for its doing have been researched and elaborated at the laboratory of mechanization of flax primary processing of RUE "SPC NAS Belarus of Mechanization of Agriculture". The urgency and the essence of process were considered in article. Constructive-technological scheme of the machine and research result are showed too here. Using cross combing machine MC-1 allowed to rise output of long fibre by 0,85%(abs.).



УДК 515.2

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ВИЗНАЧЕННЯ ВІДНОСНОЇ ШВИДКОСТІ РУХУ ҐРУНТУ ПО РОБОЧОМУ ОРГАНУ ФРЕЗЕРНОЇ МАШИНИ

Дідур В.А., д.т.н.,

Караєв О.Г., к.т.н.,

Мінько С.А., аспірант*

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел/факс (0619)422-132

Анотація - запропоновано аналітичну модель визначення відносної швидкості руху ґрунту по криволінійній поверхні активного робочого органу фрезерної машини, який обертається навколо вертикальної вісі. Визначено зміни відносної швидкості руху ґрунту по дуговій координаті поверхні робочого органу в залежності від коефіцієнту тертя ґрунту по сталі, геометричних параметрів форми і положення робочого органу, а також режимів роботи фрезерної машини.

Ключові слова – аналітична модель, відносна швидкість руху, діючі сили, криволінійна поверхня, геометричні параметри, фрезерна машина, обробіток ґрунту.

Постановка проблеми. Одним із основних напрямків розвитку сільськогосподарських машин для обробітку ґрунту є використання активних робочих органів, що забезпечують ефективне відокремлення порції ґрунту, його руйнування і переміщення. При проектуванні таких робочих органів виникають питання прогнозування їх роботи через визначення відносних швидкостей ґрунту по робочих поверхнях, величин діючих сил та інше. Для робочих органів, які обертаються навколо горизонтальної осі існує достатня теоретична база, яка надає можливість прогнозувати ефективність робочих поверхонь на стадії їх проектування, а для робочих органів які обертаються навколо вертикальної вісі така теоретична база є недостатньою. Оскільки в [1-5] було доведено, що більш якісний обробіток ґрунту в пристовбурних смугах плодкових насаджень за показником його структурно – агрегатного стану досягається шляхом застосування фрезерної машини з робочими органами (далі – ножі), які обертаються навколо вертикальної



вісі, то виникла потреба в обґрунтуванні параметрів саме таких робочих органів.

Мета дослідження. Визначити відносну швидкість руху ґрунту на виході з криволінійній поверхні ножа фрезерної машини, який обертається навколо вертикальної вісі шляхом математичного опису процесу руху ґрунту по поверхні ножа під дією сил.

Основна частина. Загальновідомо [6], що величина заднього кута різання ножів роторних ґрунтообробних машин дорівнює 10° , що не виключає тертя їх задніх поверхонь по утворюваній ножами криволінійній поверхні масиву ґрунту. Тобто, між поверхнею ножа і ґрунтом має бути лінійний закон збільшення відстаней по мірі віддалення від ріжучої крайки. Це вказує на те, що при криволінійній траєкторії руху ножа направляюча його поверхні має бути криволінійною, а її ординати повинні збільшуватися за лінійним законом і встановлюватися величиною заднього кута різання $\gamma=10^\circ$, починаючи з точки на ріжучій крайки ножа [7]. Проведеними нами дослідженнями [8] встановлено, що для траєкторії руху робочих органів при швидкості руху агрегату 0,88 м/с, радіусу диска ротора 1,75м, кутової швидкості роторів 15,8 рад/с, а також заднього кута різання $\gamma=10^\circ$ напрямна лінія поверхні ножа буде мати координати лінії, яка може бути представлена дугою кола з радіусом 0,097 м (похибка складає $\pm 1,9$ мм) і максимальною довжиною дуги CF рівною 0,114м (рис.1). При цьому, робоча поверхня ножа має бути лінійчатою у вигляді прямого кругового циліндра з довжиною Н, що дорівнює 10см.

Для розрахунку відносної швидкості руху частки ґрунту по поверхні ножа, у відповідності до рисунку 1 маємо наступні вхідні дані.

Кінематичні параметри фрезерної машини: V_M - швидкість руху фрезерної машини; ω_1 - кутова швидкість ротора.

Конструктивні параметри ножа: R- радіус обертання ріжучої крайки ножа; R_1 — радіус напрямної поверхні ножа CF; $\tilde{S}$ – довжина дуги напрямної CFH – висота ножа.

Сили, які діють на частку ґрунту (точку М): mg - сила тяжіння; F_n - центробіжна сила; $F_{тр}$ - сила тертя; F_k - сила Кориоліса; N_1 - нормальна сила реакції поверхні ножа; F_v - сила реакції ґрунту, що виникає від різниці швидкостей по шарах скиби; F_2 - підйомна сила; N_2 - реакція в шарах скиби від сили тяжіння; F - рухома сила точки М по поверхні ножа.

Приймаючи до уваги те, що відхилена ножем скиба ґрунту під дією рухомої сили F переміщується по циліндричній поверхні ножа в сторону денної поверхні поля вважаємо, що кожна частка ґрунту скиби буде рухатись по траєкторії, яка не є плоскою кривою. Тоді для визначення швидкостей руху часток ґрунту по ножу згідно з рисунком 1



побудуємо прямокутну систему координат з началом в точці М, спрямував вісь абсцис Мτ по дотичній, вісь ординат Мп по головній нормалі і вісь аплікату Мb по бінормалі. Прийнята система координат є правою, а проекції сил в т.М на її осі будуть мати такі рівняння: на нормаль n $N_1 = F_n \cos \varphi - F_k$; на бінормаль b $F_2 = N_2 + F_v mg$; на дотичну τ , яке є диференціальним рівнянням відносного руху ґрунту по поверхні ножа

$$ma_n = m \frac{dV_r}{dt} \cdot \frac{d\tilde{S}}{dS} = m \frac{d\tilde{S}}{dt} \cdot \frac{dV_r}{d\tilde{S}} = mV_r \frac{dV_r}{d\tilde{S}} = F - F_n \sin \alpha - F_{TP}$$

або

$$mV_r \frac{dV_r}{dS} = F - F_n \sin \alpha - \mu F \cos \alpha + \mu 2m\omega_1 V_r \quad (1)$$

де рухома сила точки М по поверхні но-

$$жа F = m\varphi_2 R_1 \left(\frac{\omega_2}{\varphi_2}\right)^2 = m \frac{\omega_2^2 R_1}{\varphi_2};$$

центробіжна сила $F_n = m\omega_1^2 (R - \Delta)$;

сила тертя $F_{TP} = \mu N_1$ (μ – коефіцієнт тертя);

сила Кориоліса $F_k = 2m\omega_1 v_r$ (m – маса ґрунту на ножі);

довжина дуги напрямної ножа $\tilde{S} = \varphi_2 R$.

В рівняння 1 підставляємо значення усіх сил і скорочуємо на масу.

Тоді маємо

$$\frac{V_r dV_r}{dS} = 2\mu\omega_1 V_r + \frac{R_1}{\varphi_2} \omega_2^2 - \omega_1^2 (R - \Delta)(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) \quad (2)$$

Для спрощення обчислення введемо такі позначення:
 $a = 2\mu\omega_1 = const$,

$$b = \frac{R_1 \omega_2^2}{\varphi_2} - \omega_1^2 (R - \Delta)(\sin \alpha + \mu \cos \alpha).$$

Знайдемо ω_2 з урахуванням рівності 2 та рівності $\varphi_1 + \alpha = \varphi_2$ у трикутнику OO_1M (рис. 1): $\omega_2 = \frac{\omega_1 \varphi_2}{\varphi_2 - \alpha}$

Розділяючи змінні у рівнянні 2 маємо

$$\frac{V_r dV_r}{aV_r + b} = dS$$

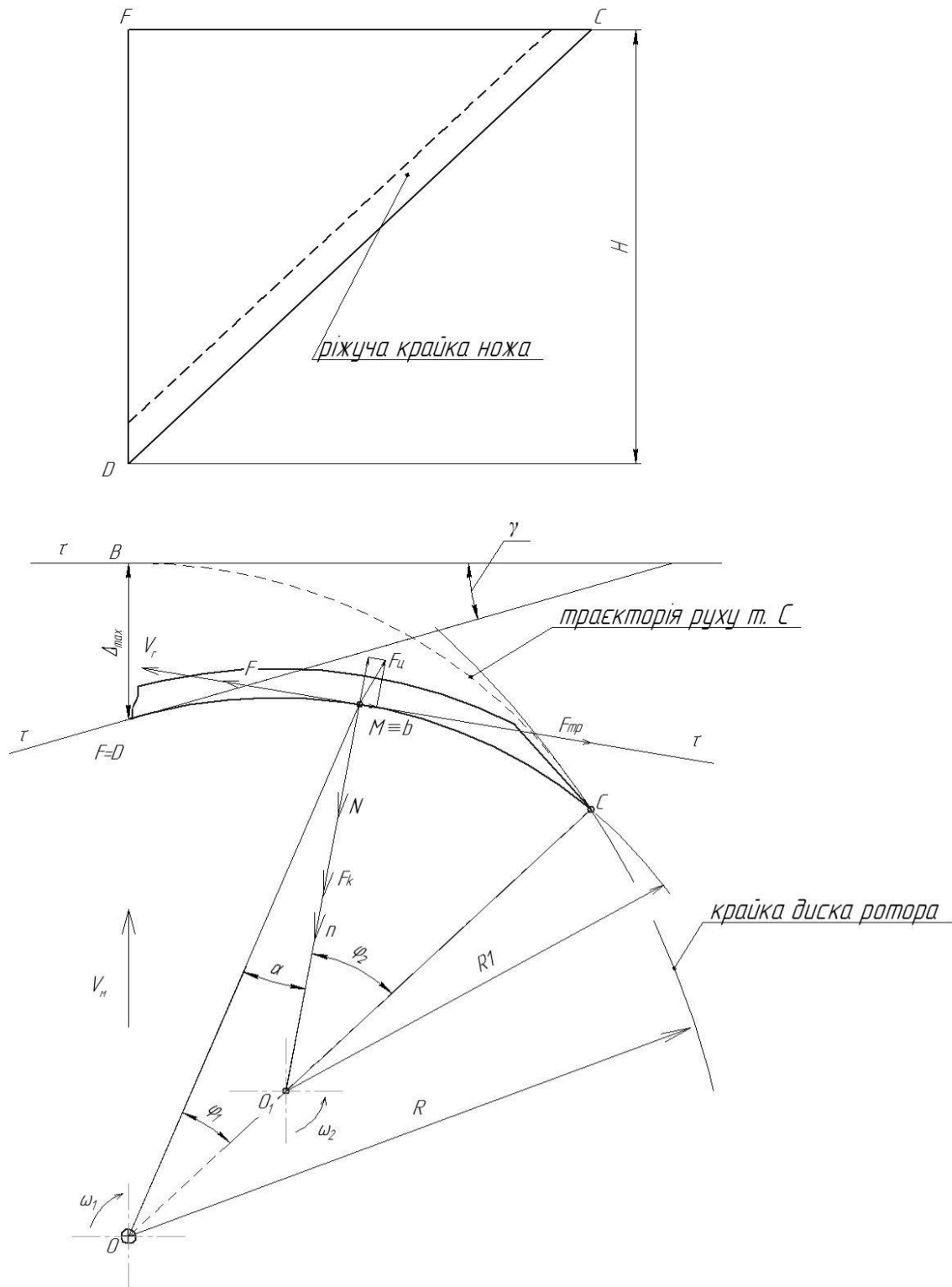


Рис. 1. Розрахункова схема щодо визначення відносної швидкості руху ґрунту по поверхні ножа.

Інтегруємо в межах: $V_r = (0, V_r')\tilde{s} = (0, \tilde{s}')$, (3)

$$\int_0^{V_r'} \frac{V_r dV_r}{aV_r + b} = \int_0^{\tilde{s}'} dS.$$

З урахуванням табличного значення даного інтегралу маємо:

$$\frac{1}{a^2} (aV_r + b - b \ln |aV_r + b|) \Big|_0^{V_r'} = \tilde{S} \Big|_0^{\tilde{S}'}$$

Підставимо межі інтегрування (3)

$$\frac{1}{a^2} (aV_r' + b - b \ln |aV_r' + b| - b + b \ln b) = \tilde{S}'$$

і розділяючи змінні отримуємо рівняння

$$aV_r' - b \ln |aV_r' + b| = \tilde{S}' a^2 - b \ln b, \quad (4)$$

яке є трансцендентне відносно V_r і може бути вирішено наближеними методами аналізу.

Обчислення відносних швидкостей часток ґрунту по поверхні ножа і аналіз динамічних характеристик їх руху. Для розрахунків відносних швидкостей часток ґрунту по поверхні ножа розроблено комп'ютерну програму за допомогою програмної оболонки Embarcadero RAD Studio 2009. Зовнішній вигляд головної форми наведено на рисунку 2.

Обчислення по рівнянню (4) значення швидкості руху матеріальної точки M по поверхні ножа здійснено за такими вхідними даними.

$$\text{Константи руху: } b = \frac{R\omega_2^2}{\varphi_2} - \omega_1^2 (R - \Delta)(\sin \alpha + \mu \cdot \cos \alpha);$$

$$\omega_1 = 15,8 \text{ рад/с}; R = 0,176 \text{ м}; R_1 = 0,097 \text{ м}; \mu = 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; a = 2\mu\omega_1.$$

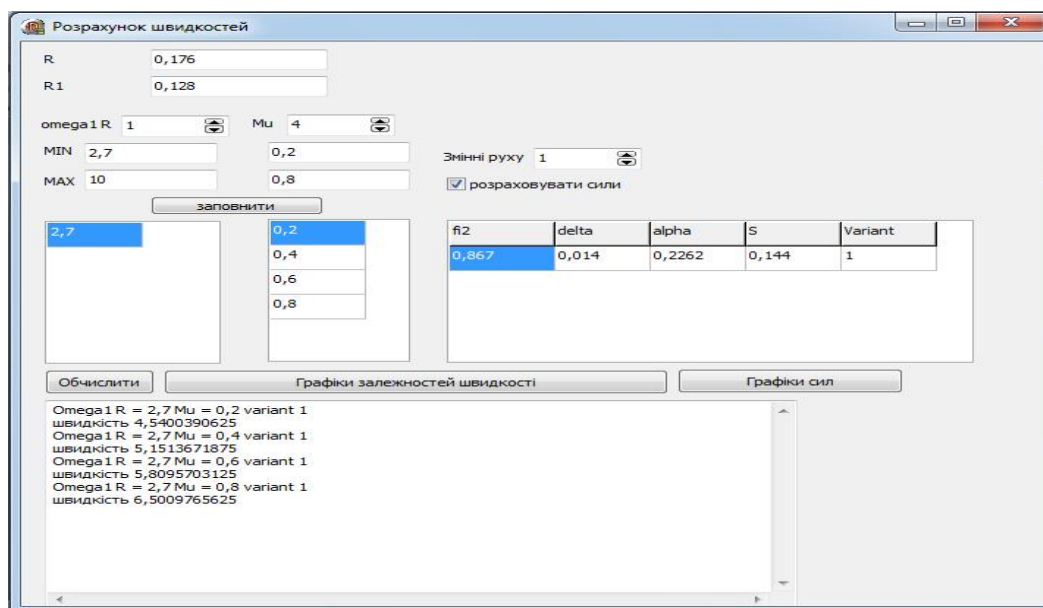


Рис. 2. Головна форма програми.

Змінні руху: $\varphi_2 = 1,742 \text{ рад}$; $\ddot{S} = 0,169 \text{ мм}$; $\Delta = 62 \text{ мм}$;
 $\alpha = 0,7501 \text{ рад}$.

Підставляючи визначені входні данні в рівняння (4), маємо значення відносної швидкості т. М по поверхні з напрямною CF, на підставі яких побудовано графіки змін відносної швидкості руху т.М в залежності від лінійної швидкості ножа при різних значеннях коефіцієнту тертя (рис. 3).

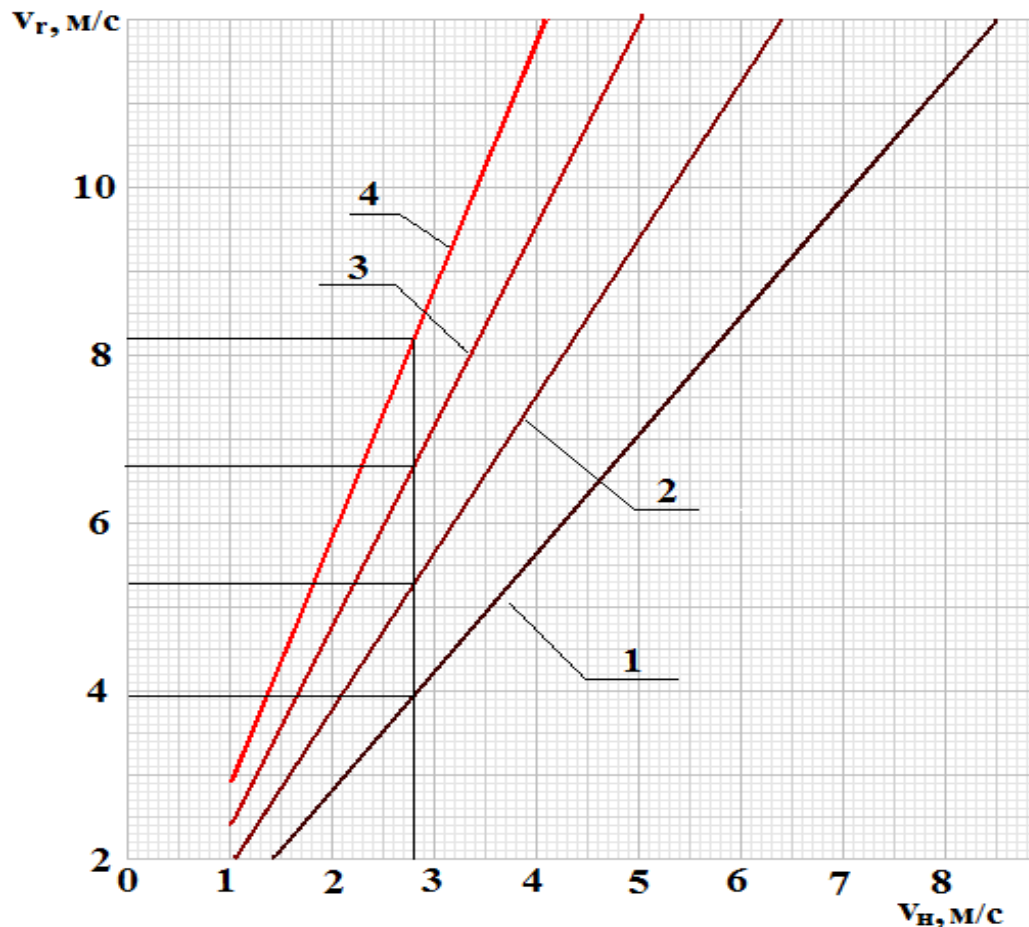


Рис. 3. Зміни відносної швидкості V_r руху т.М в залежності від лінійної швидкості ножа V_n при таких значеннях коефіцієнту тертя: 1 – $\mu=0,2$; 2 – $\mu=0,4$; 3 – $\mu=0,6$; 4 – $\mu=0,8$.

З рисунку 3 виходить, що при збільшенні коефіцієнту тертя відбувається збільшення відносної швидкості V_r руху т.М по поверхні ножа.

Визначити значення кінематичних параметрів фрези, а саме частоти обертання роторів, при якій досягається така швидкості часток ґрунту, що забезпечує оптимальне його рихлення і мінімізує потужність роботи фрези можливе за рахунок проведення планованого експерименту. Для розробки плану експерименту необхідно визначити граничні межі варіювання частоти обертання роторів. Для чого побудуємо графік

змін швидкості V_r від різних значень коефіцієнту тертя при лінійній швидкості ножа $V_n = 2,8$ м/с, яка була прийнята при обґрунтуванні напрямної ножа (рис. 4). З рисунку 4 виходить, що при середніх значеннях коефіцієнту тертя (від 0,4 до 0,6) відносна швидкість V_r руху т.М змінюється таким чином (таблиця 1).

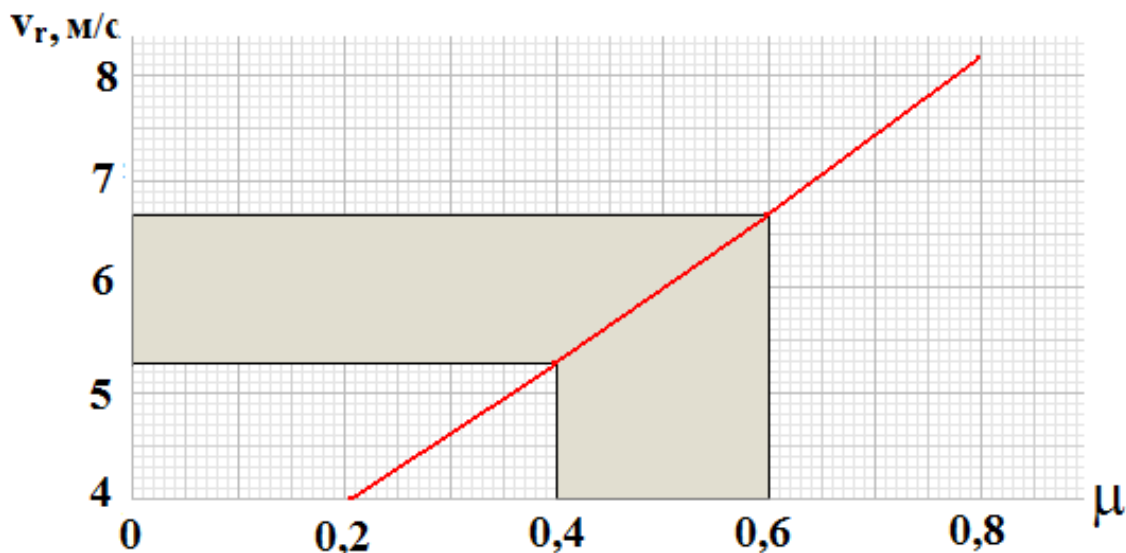


Рис. 4. Зміни швидкості V_r руху т.М по поверхні ножа від різних значень коефіцієнту тертя при лінійній швидкості ножа $V_n = 2,8$ м/с

Таблиця 1 – Значення відносних швидкостей руху частки ґрунту по поверхні ножа

μ	$b, \text{ м/с}^2$	$v_r, \text{ м/с}$
0,4	15,36	5,26
0,5	13,24	5,96
0,6	11,13	6,68

Висновки

1. Встановлено, що відносна швидкість руху V_r частки ґрунту по поверхні ножа зростає за лінійним законом і на виході з ножа, який має лінійну швидкість $V_n = 2,8$ м/с (значення було прийнято при обґрунтуванні напрямної ножа) при середніх значеннях коефіцієнту тертя від 0,4 до 0,6 змінюється таким чином при: $\mu=0,4$ $V_r = 5,26$ м/с (V_r збільшується в 2,4 рази); при $\mu=0,5$ $V_r = 5,96$ м/с (V_r збільшується в 2 рази); при $\mu=0,6$ $V_r = 6,68$ м/с (V_r збільшується в 1,8 рази), тобто маємо збільшення швидкості часток ґрунту в середньому в 2 ра-



зи, що свідчить про наявність розпушуючого ефекту запропонованою формою ножа.

2. Визначено, що для отримання значень кінематичних параметрів фрези, а саме частоти обертання роторів з метою досягнення такої швидкості часток ґрунту, при якій забезпечується оптимальна якість обробітку ґрунту і мінімізується потужність роботи фрези шляхом проведення планованого дослідження частоту обертання роторів слід приймати в межах від 2 с^{-1} до 3 с^{-1} з інтервалом 0,5.

Література

1. *Караев А. И.* Метод системного анализа механизированных технологий в орошаемом садоводстве / *А. И. Караев* // Техника АПК - 2000 р. - №2. – С.6-8.
2. *Саньков С.М.* Фреза с вертикальной осью вращения для обработки приствольных полос в саду / *С.М.Саньков, В.И.Цимбал* //Садоводство и виноградарство. – Москва: 2003. –№4.– С.9 -10.
3. *Караев А.И.* Обработка почвы в приствольных полосах многолетних насаждений фрезерной машиной /*А.И. Караев, С.М.Саньков, А.Ф.Сафонов* //Садоводство и виноградарство. – Москва: 1998. –№1.– С.12 -13.
4. *Завражнов А.И.*/ Механизация обработки междовольных полос в слаборослых садах/ *А.И. Завражнов, К.А.Манаенков* //Садоводство и виноградарство. – Москва: 1997. –№1.– С.10 -11. 2
- 5.*Минько С.А.* Результаты полевых испытаний фрезы для обработки почвы в приствольных полосах плодовых насаждений / *С.А. Минько* // Информационно-технический вестник. Финансово-технологический университет. – Королев.- № 2 (04) – 2015. – С. 111-114.
6. *Юрченко И.К.* Профилирование очерка днища ковша роторного траншейного экскаватора. / *И.К. Юрченко* // Прикладная геометрия и инженерная графика. Республиканский межведомственный научно-технический сборник. Вып. 23. Киев, «Будівельник», 1977, С.67-69
7. *Дідур В. А.* Проектування робочого органу фрези для обробітку ґрунту / *В. А. Дідур, С. А. Мінько* // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. - 2014. - Вип. 14, т. 2. - С. 61-65.



МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПОЧВЫ ПО РОБОЧЕМУ ОРГАНУ ФРЕЗЕРНОЙ МАШИНЫ

Дідур В.А., Караєв О.Г., Мінько С.А.

Аннотация – предложена аналитическая модель определения относительной скорости движения почвы по криволинейной поверхности активного рабочего органа фрезерной машины, вращающегося вокруг вертикальной оси. Определены изменения относительной скорости движения почвы по дуговой координате поверхности рабочего органа в зависимости от коэффициента трения почвы по стали, геометрических параметров формы и положения рабочего органа, а также режимов работы фрезерной машины.

MATHEMATICAL MODEL FOR DEFINING RELATIVE SPEED OF SOIL MOVEMENT ALONG THE WORKING BODY OF THE MILLING MACHINE

V. Didur, O. Karaiev, S. Min'ko

Summary

The analytical model for defining the relative speed of soil movement along the milling machine active working body curved surface rotating round the vertical axis has been proposed in the article. The relative speed alterations in soil movement along angular position of working body surface depending on the soil friction coefficient on steel, geometric parameters of working body shape and position as well as milling machine operation modes have been defined.



УДК 631.365.22

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ НАГРІВАННЯ ЗЕРНІВКИ В ЗМІННОМУ РАДІАЦІЙНОМУ ПОТОЦІ

Котов Б.І., д.т.н.,

Калініченко Р.А., к.т.н.,

Романенко О.І., інженер

*Національний університет біоресурсів і природокористування
України*

Тел.: +380(44) 527-83-82

Анотація – у статті розглянуті аналітичні математичні моделі нагрівання зернівки інфрачервоним випромінюванням при постійному і змінному радіаційному потоці для рухомого шару зерноматеріалу.

Ключові слова – інфрачервоне випромінювання, нагрівання зерна, термообробка, радіаційний потік.

Постановка проблеми. Значення термічної обробки в агропромисловому виробництві величезне. Практично немає такої галузі сільського господарства, в якій би не застосовувалася термообробка зерноматеріалів. В даний час приблизно 15% від усієї споживаної енергії в агропромисловому комплексі розвинутих країн припадає на процеси термічної обробки сільськогосподарських матеріалів[6]. Тому проблема зниження енергоємності цих процесів надзвичайно актуальна у всьому світі.

До основних видів термічної обробки зерна відносяться: охолодження і сушіння зерна, передпосівна стимуляція насіннєвого зерна, підготовка фуражного зерна до згодовування, харчова переробка зерна і т.д.(рис.1).

Вибір способу термічної обробки залежить від технологічних властивостей обробленого зерна і його призначення. Найбільш економічно вигідний метод високотемпературної термообробки зерноматеріалів є радіаційний, а саме, інфрачервоним (ІЧ) випромінюванням. Цей метод дозволяє підвести до зерноматеріалу енергії в 20-100 разів більше, ніж при конвективному чи кондуктивному енергопідводі. ІЧ-випромінювання проникає в зерноматеріал і діє безпосередньо на воду в оброблюваному матеріалі [11], а не нагріває проміжний теплоносій і повітропроводи, це значно скорочує непродуктивні витрати енергії і

призводить до економії енергії від 40% [12] до декількох разів [3] в залежності від виду термообробки.



Рис.1. Види термообробки зерна.

Для різних видів термообробки зерноматеріалів використовуються як універсальні ІЧ-терморадіаційні установки і обладнання, так і спеціалізовані ІЧ-установки різних конструкційних оформлень, але усі вони мають спільні суттєві недоліки – завищені енерговитрати на обробку, недосконалість апаратного і режимного оформлення процесів. Невідповідність наявної технічної бази для ІЧ-термообробки зерноматеріалів умовам сільськогосподарського виробництва (різні масштаби виробництва, різні форми власності) обумовлює необхідність механіко-технологічного обґрунтування для корінних змін у технічному забезпеченні процесів термічної обробки зерноматеріалів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питаннями теоретичних досліджень і практичного застосування ІЧ-випромінювання для сушіння і термообробки зерноматеріалів присвячені роботи [1, 2, 4, 9], їх аналіз дає можливість визначити високу технологічну ефективність процесів обробки зернопродуктів інфрачервоним випромінюванням. Однак інфрачервона термообробка зерна в практиці господарств використовується недостатньо [7,10].

Одним із основних резервів зниження питомих витрат енергії при ІЧ-термообробці, наряду з іншими технічними рішеннями вдосконалення обладнання, є наближення випромінювача до поверхні зернового шару [5], оскільки, енергія що передається матеріалу обернено-пропорційна квадрату відстані між випромінювачем і матеріалом. Але це призводить до суттєвої нерівномірності опромінення зернівки, зокрема, в установці ІЧ-термообробки зерна конвеєрного типу (рис.2). Збільшення концентрації теплового потоку досягається також створенням зон перекриття опромінення від ламп), який сприймається поверхнею зерна суттєво інтенсифікує процес термообробки, але при цьому визначальним критерієм для визначення періоду нагрівання в залежності від виду термообробки буде комбінація факторів температури поверхні зерна і середньої температури зернівки.

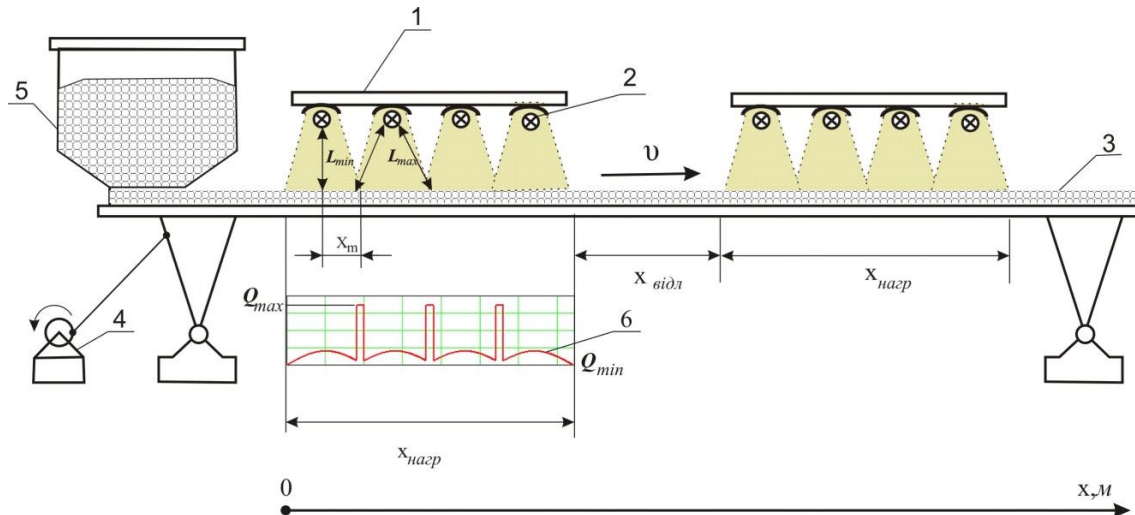


Рис.2. Схема терморадіаційної установки: 1 – екран; 2 – випромінювач; 3 – зерно; 4 – віброзбуджувач; 5 – бункер; 6 – залежність опроміненості зерна за координатою в період нагріву.

Мета дослідження. Розробка математичної моделі що описуватиме динаміку процесу нагріву зернівки і її поверхні в рухомому шарі від визначальних параметрів процесу (змінного радіаційного потоку, періоду опромінення) для оптимізації процесу ІЧ-обробки за критерієм енергоефективності і обмеженнями термолабільності зерна.

Матеріали та методика досліджень. Розглянемо нагрів зернівки (прийнемо форму зернівки – куля), що рухається по транспортері (див. рис.2). При постійному тепловому потоці радіальний розподіл температури в зернівці в будь-який момент часу можна описати рівнянням теплопровідності для кулі:

$$\frac{\partial t(R, \tau)}{\partial \tau} = a \cdot \left(\frac{\partial^2 t(r, \tau)}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \cdot \frac{\partial t(r, \tau)}{\partial r} \right) \quad (1)$$

з крайовими умовами:

$$\lambda \frac{\partial t(R, \tau)}{\partial r} = Q, \quad \frac{\partial t(0, \tau)}{\partial r} = 0, \quad t(0, \tau) \neq \infty, \quad t(r, 0) = t_0. \quad (2)$$

Рішення цієї задачі для постійного теплового потоку наведено в [8]:

$$t(r, \tau) = t_0 + \frac{QR}{\lambda} \left[\frac{3 \cdot a \cdot \tau}{R^2} - \frac{3R^2 - 5r^2}{10R^2} - \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2}{\mu_n^2 \cos \mu_n} \cdot \frac{R \sin \mu_n \frac{r}{R}}{r \mu_n} \exp \left(-\mu_n^2 \frac{a \tau}{R^2} \right) \right], \quad (3)$$

де a – коефіцієнт температуропровідності, Вт/м·К;

λ – коефіцієнт теплопровідності, Вт/м·К;

Q – тепловий потік, Вт/м²;

μ_n – корні характеристичного рівняння – $\operatorname{tg} \mu = \mu$.



Оскільки в нашому випадку (див. рис.2) віддалення ІЧ-випромінювача від зерна є порівняно невеликим (10-12 см), то розрахунок з використанням моделі точкового випромінювача є неможливим. Для розрахунку процесу нагріву зернівки потрібно враховувати геометричне розташування оброблюваного матеріалу і випромінювачів, тобто, враховувати вплив нерівномірності радіаційного потоку за координатою x .

Зміну положення зернівки за координатою x можна знайти із співвідношення:

$$x = v \cdot \tau \quad (4)$$

де v – швидкість переміщення зернівки по транспортеру, м/с;

τ – час, с.

Залежності (1)-(2) перепишемо у вигляді:

$$\frac{\partial t(R, x)}{\partial x} = a \cdot \left(\frac{\partial^2 t(r, x)}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \cdot \frac{\partial t(r, x)}{\partial r} \right) \quad (5)$$

з крайовими умовами:

$$\lambda \frac{\partial t(R, x)}{\partial r} = Q, \quad \frac{\partial t(0, x)}{\partial r} = 0, \quad t(0, x) \neq \infty, \quad t(r, 0) = t_0. \quad (6)$$

З урахуванням (6) розв'язок рівняння (7) буде такий:

$$t(r, x) = t_0 + \frac{QR}{\lambda} \left[\frac{3 \cdot a \cdot x}{vR^2} - \frac{3R^2 - 5r^2}{10R^2} - \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2}{\mu_n^2 \cos \mu_n} \cdot \frac{R \sin \mu_n \frac{r}{R}}{r \mu_n} \exp \left(-\mu_n^2 \frac{ax}{vR^2} \right) \right] \quad (7)$$

Для вирішення рівняння (5) при змінному радіаційному потоці, змінний радіаційний потік $Q(x)$ представимо у вигляді:

$$Q(x) = Q_m \cdot \varphi(x) \quad (8)$$

де Q_m – постійна величина радіаційного потоку при найменшій відстані L_{min} зернівки до ІЧ-лампи;

$\varphi(x)$ – періодична функція, що описує складну залежність зміни радіаційного потоку за координатою x ;

і скористаємося інтегралом Дюамеля:

$$t_1(x) = t(x) \cdot \varphi(0) + \int_0^x t(\theta) \cdot \varphi'(x - \theta) d\theta. \quad (9)$$

Використання інтеграла Дюамеля значно скорочує об'єм розрахункових робіт при інтегруванні рівнянь з однаковими лівими частинами і різними правими [11].

Функцію $\varphi(x)$ для батареї ІЧ-ламп без зон перекриття опромінення можна визначити так:

$$\Phi(x) = \frac{L_n^2}{L_n^2 + x_m^2} + \left(1 - \frac{L_n^2}{L_n^2 + x_m^2}\right) \cdot \left| \sin\left(\pi \left(\frac{x}{2x_m} - 1\right)\right) \right| \quad (10)$$

де:

$L_n = L_{min}$ – відстань від нагрівача центру до зернівки по нормалі;

$x_m = v \cdot \frac{T}{2}$ – відстань від нагрівача до зернівки в крайній точці

опромінення;

T – період перебування зернівки під опроміненням однієї ІЧ-лампи;

v – швидкість руху зернівки по вібротранспортеру.

Аналітичну залежність $\varphi_1(x)$ при перекритті зон опромінення між ІЧ-лампами (див. рис.2) можна описати такою залежністю в Mathcad, для батареї з чотирьох ІЧ-ламп (рис.3):

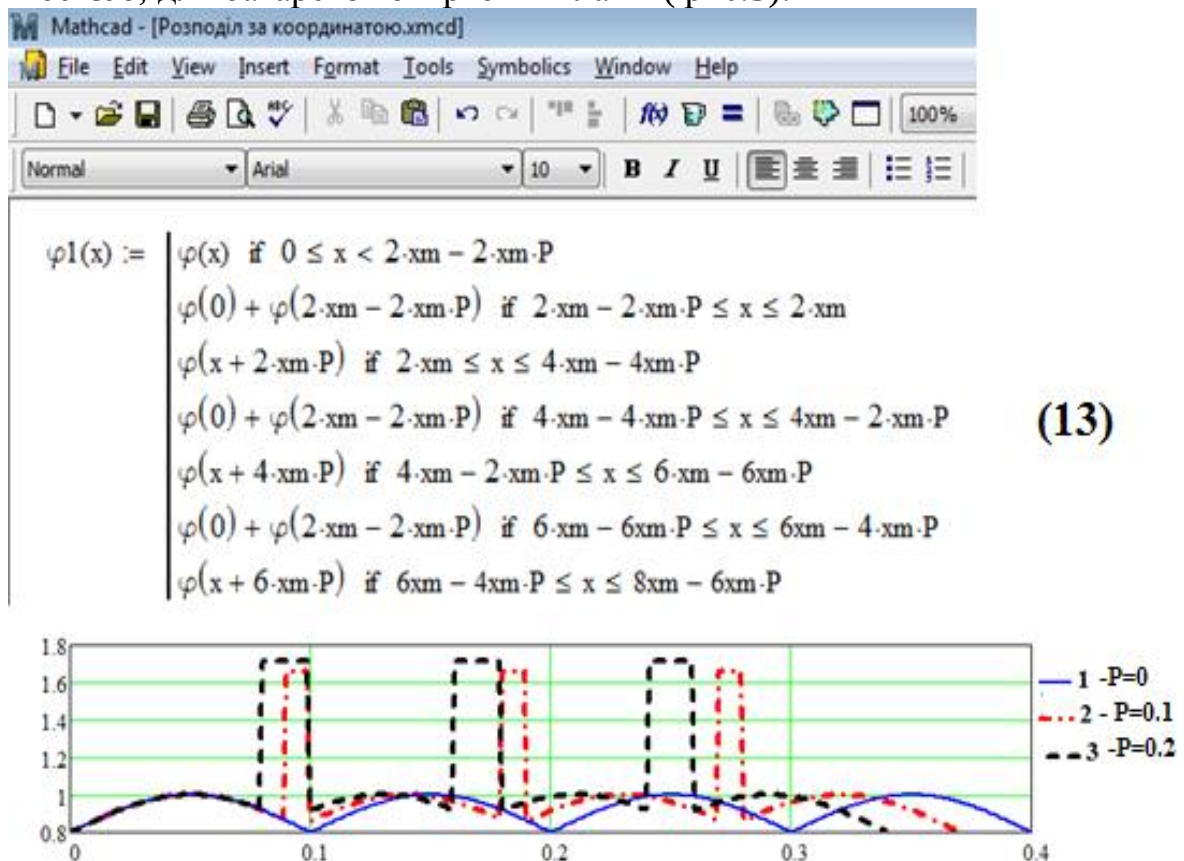


Рис.3. Залежність зміни радіаційного потоку за координатою x для чотирьох ламп (P – зона перекриття опромінення між лампами; x_m – половина довжини зони опромінення від однієї лампи).

Підставивши залежності (7) і (13) в (9) і провівши розрахунки в математичному середовищі Mathcad отримаємо залежності для визначення зміни температурного поля зернівки після її опромінення батареєю ІЧ-ламп. На рисунку 4 представлена зміна температури поверхні

зернівки в залежності від геометричного розташування ІЧ-ламп (з перекриттям зон опромінення і без перекриття).

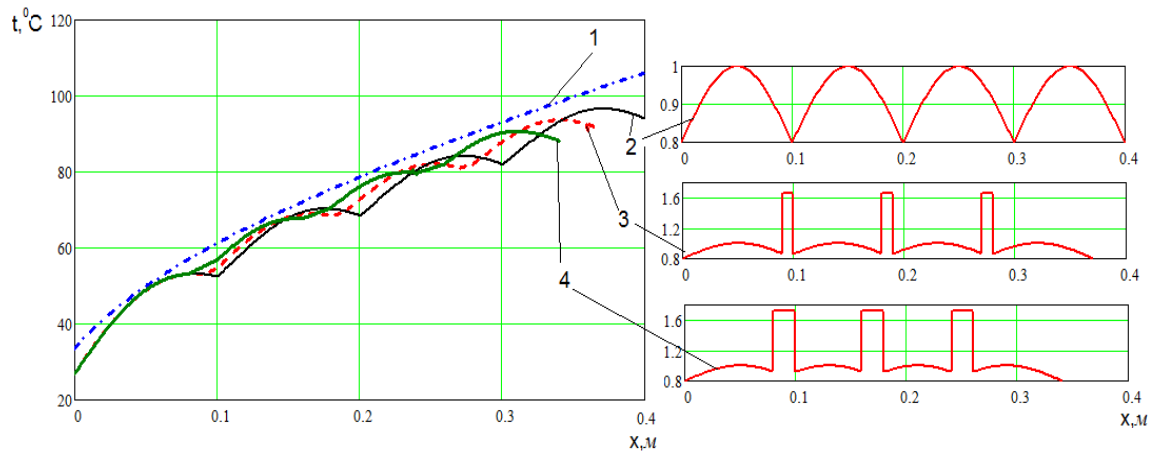


Рис.4. Зміна температури поверхні зернівки на стадії опромінення (1 - опромінення стале $Q=30 \text{ кВт/м}^2$, $x_{\text{нагр}}=0.4 \text{ м}$; 2- опромінення без зон перекриття $P=0$, $Q_m=30 \text{ кВт/м}^2$, $x_{\text{нагр}}=0.4 \text{ м}$; 3- опромінення із зонами перекриття $P=0.1$ (10%), $Q_m=30 \text{ кВт/м}^2$, $x_{\text{нагр}}=0.37 \text{ м}$; 4- опромінення із зонами перекриття $P=0.3$ (20%), $Q_m=30 \text{ кВт/м}^2$, $x_{\text{нагр}}=0.34 \text{ м}$; швидкість руху зернівки по вібротранспортеру – $v=0.05 \text{ м/с}$)

Динаміку зміни середньої температури зернівки на стадії нагрівання, можна визначити із залежності:

$$\bar{t}_1(x) = \frac{3}{R^3} \int_0^R r^2 \cdot t_1(r, x) dr. \quad (14)$$

Графічна ілюстрація зміни середньої температури зернівки під дією сталого і змінного радіаційного потоку наведена на рисунку 5.

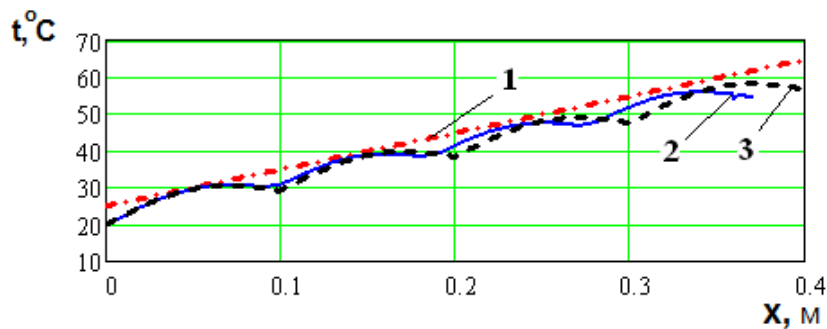


Рис.5. Зміна середньої температури зернівки на стадії опромінення (1 - опромінення стале $Q=30 \text{ кВт/м}^2$, $x_{\text{нагр}}=0.4 \text{ м}$; 2- опромінення без зон перекриття $P=0$, $Q_m=30 \text{ кВт/м}^2$, $x_{\text{нагр}}=0.4 \text{ м}$; 3- опромінення із зонами перекриття $P=0.1$ (10%), $Q_m=30 \text{ кВт/м}^2$, $x_{\text{нагр}}=0.37 \text{ м}$; швидкість руху зернівки по вібротранспортеру – $v=0.05 \text{ м/с}$)

Використання розглянутих аналітичних залежностей дозволяє також проводити розрахунок зміни температурного поля зернівки в кінці стадії опромінення в залежності від швидкості руху зернівки по вібротранспортеру – (рис.6, 7).

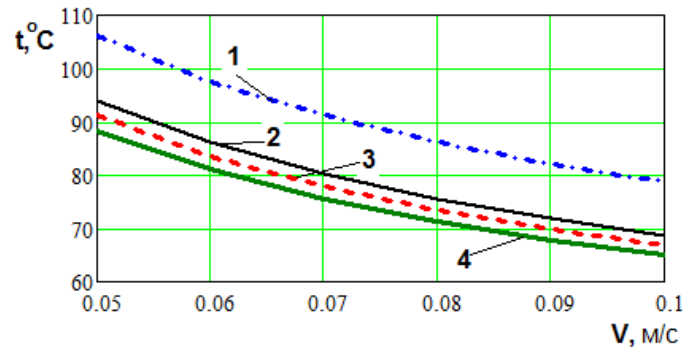


Рис.6. Залежність температури поверхні зернівки в кінці стадії опромінення $x = x_{\text{нагр}}$ від швидкості руху зернівки по вібротранспортеру (1 - $x_{\text{нагр}}=0.4$ м, опромінення стале $Q=30$ кВт/м²; 2- $x_{\text{нагр}}=0.4$ м, опромінення без зон перекриття $P=0$, $Q_m=30$ кВт/м²; 3- $x_{\text{нагр}}=0.37$ м, опромінення із зонами перекриття $P=0.1$ (10%), $Q_m=30$ кВт/м²; 4- $x_{\text{нагр}}=0.34$ м, опромінення із зонами перекриття $P=0.2$ (20%), $Q_m=30$ кВт/м²)

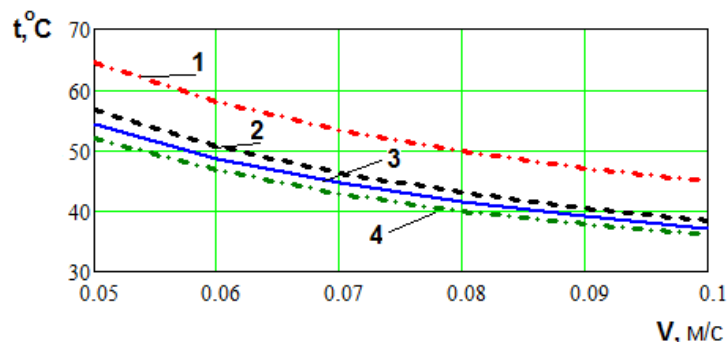


Рис.7. Залежність середньої температури зернівки в кінці стадії опромінення $x = x_{\text{нагр}}$ від швидкості руху зернівки по вібротранспортеру (1 - $x_{\text{нагр}}=0.4$ м, опромінення стале $Q=30$ кВт/м²; 2- $x_{\text{нагр}}=0.4$ м, опромінення без зон перекриття $P=0$, $Q_m=30$ кВт/м²; 3- $x_{\text{нагр}}=0.37$ м, опромінення із зонами перекриття $P=0.1$ (10%), $Q_m=30$ кВт/м²; 4- $x_{\text{нагр}}=0.34$ м, опромінення із зонами перекриття $P=0.2$ (20%), $Q_m=30$ кВт/м²)

Висновки.

1. Розглянуті математичні залежності дозволяють визначати розвиток температурного поля зернівки під час термообробки ІЧ-випромінюванням в залежності від розміщення ІЧ-ламп в терморадіаційній установці і швидкості руху зерноматеріалу.

2. Розроблена методика розрахунку дозволяє робити розрахунок конструкційних параметрів установок ІЧ-термообробки зерноматеріа-



лів на стадії проектування і здійснювати оптимальні налаштування – за критерієм енергоефективності і обмеженням термолабільності зерна, існуючих терморадіаційних установок (враховуючи нерівномірність радіаційного потоку) в залежності від виду термообробки.

Література

1. *Беляев М.И.* Теоретические основы комбинированных способов тепловой обработки пищевых продуктов : монография/ *М.И. Беляев, П.Л. Пахомов.* –Х.: ХИОП : Комунист, – 1991. –160с.
2. *Гинзбург А.С.* Инфракрасная техника в пищевой промышленности / *А.С.Гинзбург.* - М.: Пищевая промышленность, -1966.– 407с.
3. *Елькин Н.В.* Теория и практика инфракрасной обработки зерна и крупы / *Н.В. Елькин* // Хранение и переработка зерна, 2006, № 4. С. 26-30.
4. *Ильясов С.Г.* Физические основы инфракрасного облучения пищевых продуктов / *Ильясов С.Г.,Красников В.В.* – М.: Пищевая промышленность, – 1978. – 359 с.
5. *Котов Б. І.* Математична модель динамічних режимів електротермічної установки для обробки зерноматеріалів імпульсними потоками інфрачервоного випромінювання / *Б. І. Котов, Р. А. Калініченко, В. В. Кифяк* // Вісник Харківського технічного університету сільського господарства, 2014, вип. 152., С. 181 – 190.
6. *Курдюмов. В.И.* Тепловая обработка зерна в установках контактного типа: монография / *В.И. Курдюмов, А.А. Павлушин, Г.В. Карпенко, С.А. Сутягин.* - Ульяновск: УГСХА имени П.А. Столыпина, 2013. – 290 с.
7. *Лахно В.А.* Использование компьютерных систем для повышения эффективности информационной поддержки инфракрасной сушки зерна монография / *В.А.Лахно, Д.А. Ширяев.* – Луганск: Элтон-2, 2011.–165с.
8. *Лыков А.В.* Теория теплопроводности. /*А.В.Лыков.*-М.: Высшая школа, 1967. –599с.
9. *Поперечний А.М.* Кінетика процесу сушіння плодкових кісточок у віброкиплячому шарі при інфрачервоному нагріванні / *А.М.Поперечний, Н.О.Миронова* // Вісник харківського національного технічного університету сільського господарства. Х. – 2007. Вип.58. С.122-129.
10. *Соболевский В.* Ігноруємо ми й досі мікронізацію зернових/ *В.Соболевский, В.Горбенко, К.Кузнецов* // Зерно і хліб.– 2005.– № 2. С. 16-17.
11. *Старков В.Н.* Операционное исчисление и его применение / *В.Н. Старков.* Учебн. пособ. – СПб, 2000.-65с.



12. Чекановкин А. Инфракрасный нагрев и кукуруза / А.Чекановкин, А.Мельников // Зерно, 2012, №8(77). С.202-204.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ НАГРЕВАНИЯ ЗЕРНОВКИ В СМЕННОМ РАДИАЦИОННОМ ПОТОКЕ

Б.И. Котов, Р.А. Калиниченко, О.И. Романенко

Аннотация – в статье рассмотрены аналитические математические модели нагрева зерновки инфракрасным излучением при постоянном и переменном радиационном потоке для подвижного слоя зерноматериала.

MATHEMATICAL MODELING OF DYNAMICS HEATING GRAINS PER SHIFT RADIOACTIVE FLUX

B. Kotov, R. Kalinichenko, O. Romanenko

Summary

The article describes the analytical mathematical models of infrared heating caryopses at constant and variable radioactive flux for moving bed grains.

УДК 536.24

ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРИЧНИХ КОЛИВАНЬ ПРОВОДІВ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Назаренко І. П., д.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. +38(0619) 421-174

Анотація – розглянуто умови виникнення поперечних коливань провідників, по яким протікає змінний струм та встановлена залежність амплітуди коливань від співвідношення між частотою власних поперечних коливань і частотою змінного струму.

Ключові слова – амплітуда, вібрація проводів, гармоніка, коливання, моделювання, частота.

Постановка проблеми. При обтіканні проводів потоком повітря, спрямованим поперек осі лінії або під деяким кутом до осі, з підвітряного боку проводу виникають завихрення. Періодично відбуваються відриви вітру від проводу і утворення вихорів протилежного напрямку.

Відрив вихору в нижній частині викликає появу кругового потоку з підвітряного боку, причому швидкість потоку u (рис. 1) в точці А стає більше, ніж у точці В. В результаті з'являється вертикальна складова тиску вітру. При збігу частоти утворення вихорів з однієї з частот власних коливань натягнутого дроту, останній починає коливатися у вертикальній площині. При цьому одні точки найбільше відхиляються від положення рівноваги, утворюючи пучність хвилі, а інші - залишаються на місці, утворюючи так звані вузли. У вузлах відбуваються тільки кутові переміщення проводу і з'являється вібрація.

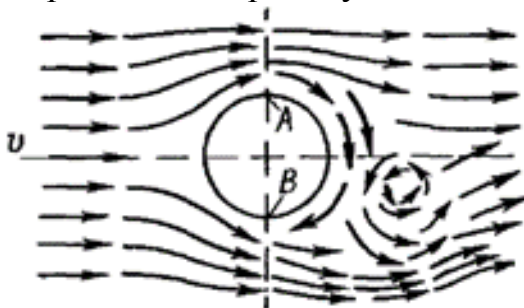


Рис. 1. Утворення вихора за проводом

Вібрація проводів виникає при швидкостях вітру 0,6...0,8 м/с. При збільшенні швидкості вітру збільшуються частота вібрації і число



хвиль в прольоті. При швидкості вітру понад 5...8 м/с амплітуди вібрації настільки малі, що не є небезпечними для проводу.

Аналіз останніх досліджень. Досвід експлуатації показує, що вібрація проводів спостерігається найчастіше на лініях, що проходять по відкритій і рівній місцевості. На ділянках ліній в лісовій і пересіченій місцевості тривалість і інтенсивність вібрацій значно менші. Вібрація проводів спостерігається, як правило, в прольотах довжиною більше 120 м і посилюється зі збільшенням прольотів. Особливо небезпечна вібрація на переходах через річки та водні простори з прольотами довжиною понад 500 м.

Формулювання цілей статті. Прийнято вважати, що механізм посилення коливань параметричний, тобто при змінах температури провідникового елемента при його русі в середовищі з більш низькою температурою (випадково виникло мале обурення, вітер) відбувається зміна довжини або натягу. Тому ціллю роботи є визначення співвідношень між власною частотою поперечних коливань елемента проводу і частотою зміни його коливальних параметрів при яких може настати посилення поперечних коливань, їх ріст і можливий обрив.

Основна частина. Імітаційне комп'ютерне моделювання дозволяє визначити умови, при яких у провідникових елементах ліній електропостачання спостерігається посилення поперечних вібрацій. Моделювання проведемо використовуючи середовище MathCAD.

Розглянемо пружний елемент проводу з власною частотою поперечних коливань ω , по якому тече змінний струм, що викликає періодичне тепловиділення з подвоєною частотою, яку позначимо як ν . При цьому у елементі проводу будуть спостерігатися періодичні зміни натягу з тією ж частотою ν . Тобто виникнуть модуляції натягу $\sigma(t)$. При частоті ν змін натягу, яка визначається формулою [1,2] :

$$\nu \approx \frac{2}{n} \cdot \omega, \quad (1)$$

де $n = 1, 2, 3, \dots$

Обрано натуральний ряд, який при наявності навіть дуже малих поперечних збурювань дає посилення коливань впритул до дуже великих амплітуд, які мають назву параметричними [2,3].

Дуже важливим є визначення залежності амплітуди коливань від глибини модуляції натягу, співвідношення між частотами ν і ω , особливо при модуляціях за релаксаційним законом, що має місце в даному випадку.

Для знаходження цієї залежності складемо рівняння динаміки параметричних коливань.

Приймемо силу опору прямо пропорційну середній швидкості струни проводу, а пружну силу (натяг), що нелінійно залежить від зміщення елементу проводу від стану рівноваги:

$$F(x) = C_1 \cdot x + C_2 \cdot x^3. \quad (2)$$

Тоді рівняння динаміки для довільної точки струни проводу можна записати у вигляді [2]:

$$x'' + 2 \cdot \mu \cdot x' + (C_1 \cdot x + C_2 \cdot x^3)(1 + kP(t))\omega^2 = 0. \quad (3)$$

У цьому рівнянні функція $P(t)$ змінювалася по релаксаційному закону (відповідно до змін температури) (рис. 2). При введенні в програму вона замінялася сумою синусоїд різних частот і амплітуд - розкладалася в ряд Фур'є до 21 гармонічної складової.

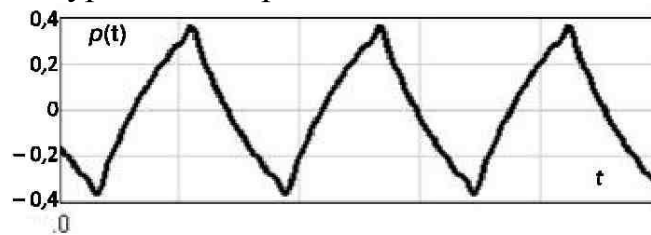
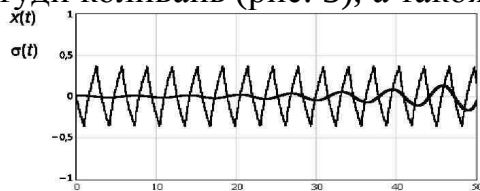
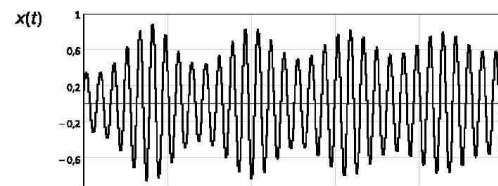


Рис. 2. Графік модуляції натягу

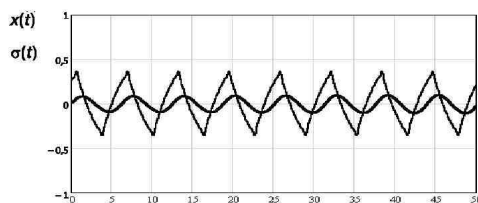
Рівняння (3) вирішувалося вбудованим оператором OdeSolve програми MathCad. В початкових умовах (при $t = 0$) задавалася амплітуда 0,01 умовної одиниці і значення швидкості. При модулюванні параметричних коливань змінюлася частота модуляції ν і їх глибина k . Результатом цього моделювання були отримані залежності росту амплітуди коливань (рис. 3), а також їх сталі значення.



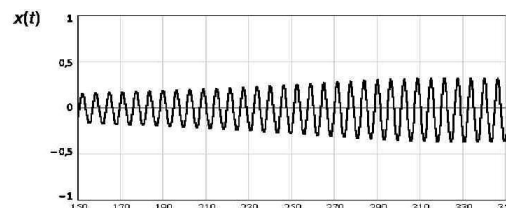
а



б



в



г

Рис. 3. Ріст амплітуди коливань і часових співвідношень між модулюючими $\sigma(t)$ і основними $x(t)$ коливаннями для першого порядку (а, б) і другого порядку (в, г). Час і амплітуда відкладені в умовних одиницях, глибина модуляції $k = 0,35$

Дані після моделювання оброблялися. Результати чисельних розрахунків сталої амплітуди показані на рисунках 4 і 5.

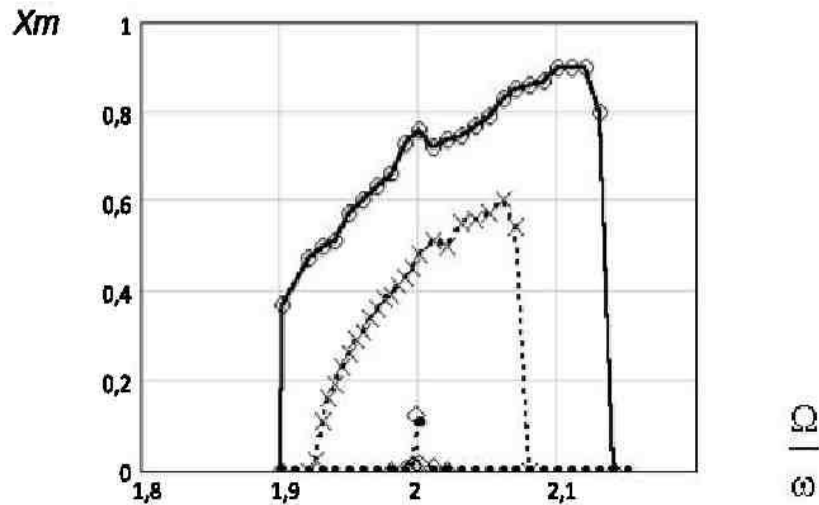


Рис. 4. Залежність амплітуди коливань при першому порядку від співвідношення основної і модулюючої частот і глибини модуляції: $\circ$ - глибина модуляції - 0,7; $\times$ - глибина модуляції - 0,35; $\diamond$ - глибина модуляції - 0,05.

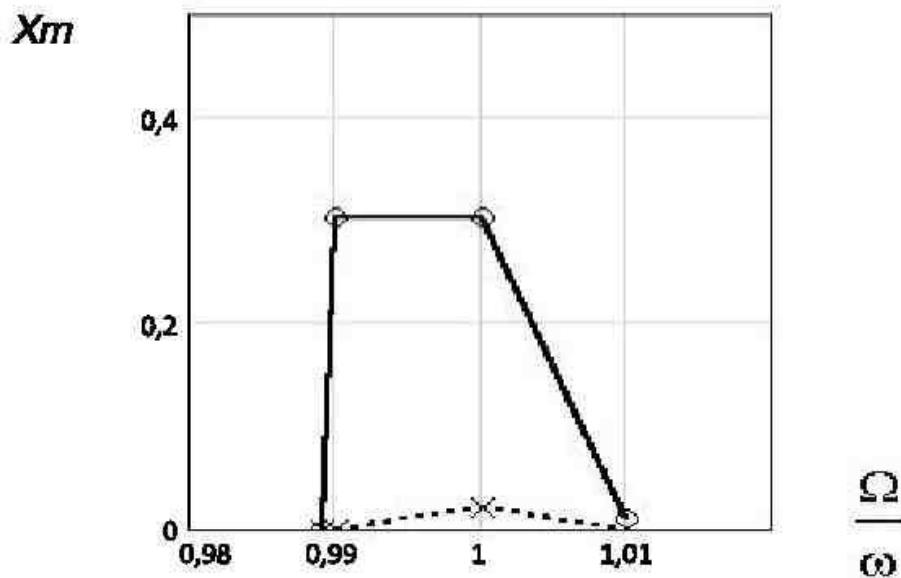


Рис. 5. Залежність амплітуди коливань другого порядку від співвідношення між модулюючим і основною частотами: $\circ$ - глибина модуляції - 0,7; $\times$ - глибина модуляції - 0,25.

З рисунка 4 видно, що при коефіцієнті модуляції від 0,05 до 0,1, посилення вібрацій спостерігається за умови $\upsilon = 2 \omega$. Ширина частотної області, де ростуть коливання, мала, зі збільшенням коефіцієнту модуляції зростає і ширина цих частотних областей.

Аналогічна ситуація має місце і для другого порядку, однак поріг параметричного посилення відповідає великим коефіцієнтам модуляції, а частотні області вузьке, ніж для першого порядку (рис. 6). При більш високих порядках ($n > 2$) амплітуди коливань дуже малі.

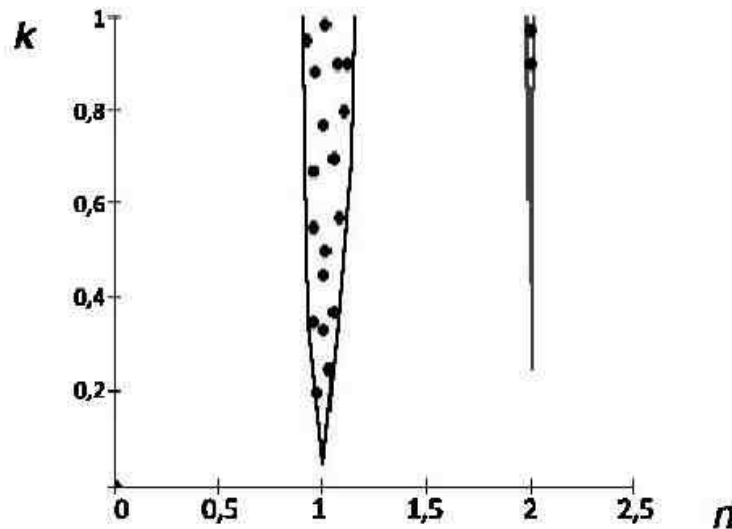


Рис. 6. Співвідношення між власною і модулюючою частотами (n – порядок резонансу)

Залежність амплітуди коливань від частоти ν модуляції для першого порядку можна виразити наближеною формулою:

$$x(\nu) = \frac{0,05 \cdot k \cdot \nu^4}{1 + k^{-5} \cdot (2 \cdot \omega - \nu)^2}. \quad (4)$$

При аналізі результатів отримано часове співвідношення між модулюючими і основними коливаннями, відповідне максимуму амплітуди, воно становить 115° при другому і 240° при першому порядку резонансу.

Висновок. Побудовані моделі з використанням бібліотеки стандартних модулів системи Matcad дозволили отримати часове співвідношення між модулюючими і основними коливаннями проводів зі змінним струмом.

Отримані результати можуть бути використані при проектуванні повітряних ліній електропередачі.

Література

1. Горелик Г. С. Колебания и волны. Введение в акустику, радиофизику и оптику – 3-е изд. / Г. С. Горелик : под ред. С. М. Рытова. – М. : ФИЗМАЛИТ, 2007. 656 с.
2. Виноградова М. Б. Теория волн / М. Б. Виноградова, О. В. Руденко, А. П. Сухоруков. – М. : Наука. Главная редакция физико - математической литературы, 1979. – 384 с.



3. *Коришувна Л. П.* Колебания и волны. Механические колебания. Электромагнитные колебания. Механические волны. Пособие по решению задач / *Л. П. Коришувна*. – М. : Контур – М, 2004, - 112 с.
4. *Душин С. Е.* Моделирование систем и комплексов / *С. Е. Душин, А. В. Красов, Ю. В. Литвинов*. – СПб. : СПбГУ ИТМО, 2010. – 177 с.
5. *Фриск В. В.* Основы теории цепей. Расчеты и моделирование с помощью пакета компьютерной математики Matcad / *В. В. Фриск*. – М.: СОЛОН-Пресс, 2006. – 88 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ ПРОВОДОВ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

И. П. Назаренко

Аннотация – рассмотрены условия возникновения поперечных колебаний проводников, по которым протекает переменный ток и установлена зависимость амплитуды колебаний от соотношения между частотой собственных поперечных колебаний и частотой переменного тока.

THE STUDY OF PARAMETRIC OSCILLATION WIRES OF POWER SUPPLY SYSTEMS

I. Nazarenko

Summary

The conditions of appearance of transverse vibrations of conductors through which an alternating current and the dependence of oscillation amplitude on the ratio between the natural frequency of transverse vibrations and the frequency of the alternating current.



УДК 620.91

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВІТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ УСТАНОВКИ

Назаренко І.П., д.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 42-11-52

Анотація – в статті запропонований спосіб підвищення ефективності вітроенергетичної установки за рахунок покращення умов обтікання повітрям лопатки вітроколеса. Наведені порівняльні аеродинамічні характеристики лопаток вітроенергетичних установок.

Ключові слова: вітроенергетична установка, вітродвигун, вітроколесо, лопатка вітроколеса, приграничний шар повітря, позовдовжня щілина, повітряний потік, аеродинамічні характеристики.

Постановка проблеми. Вітроенергетична установка являє собою комплекс взаємопов'язаного обладнання і споруд та призначена для перетворення енергії вітру в інші види енергії (електричну, механічну, теплову і т. п.). Потужність вітроенергетичної установки напряму залежить від діаметра лопаток вітроколеса і швидкості вітру [1]. При зменшенні швидкості вітру потужність буде знижуватися, однак збільшення діаметра лопаток вітроколеса дозволить виробляти необхідну потужність і при зниженій швидкості вітру. Також, потужність вітроенергетичної установки залежить і від форми лопатки, яка забезпечує обтікання повітряного потоку по всій її довжині, тобто, іншими словами, форма (конструкція) лопатки дає можливість керувати приграничним шаром повітря. Але, зміна форми лопатки супроводжується великими витратами на її виготовлення, які не завжди є доцільними. Тому, пошук способів керування приграничним шаром повітря без змінення форми лопатки, який би забезпечив збільшення потужності вітроенергетичної установки, є актуальним завданням.

Аналіз останніх досліджень. Основним елементом вітродвигуна є вітроколесо. За принципом роботи, будовою і робочому положенню колеса у повітряному потоці вітродвигуни розділяють на три основних класи: крильчаті, карусельні і роторні, барабанні. Найбільш ефективними є крильчаті вітродвигуни, які отримали переважне розповсюдження [1].

Принцип роботи вітроколеса заснований на використанні підйомних аеродинамічних сил, які виникають на лопатках при набіганні повітряного потоку на їх перетин, що мають спеціальний профіль. Складання поступальної швидкості потоку і окружної швидкості перетину дає відносну швидкість, з якою потік впливає на лопатку під кутом, що називається кутом атаки для даного перетину лопатки.

Формування цілей статті. Підвищити ефективність вітроенергетичної установки за рахунок поліпшення аеродинамічних характеристик лопаток вітроколеса.

Основна частина. Для керування приграничним шаром повітря необхідно «затягнути» перехід ламінарного приграничного шару в турбулентний по профілю лопатки (зменшити опір тертю). Це можливо, якщо змінити форму лопатки так, щоб точка мінімуму тиску змістилася за напрямком до краю сходу повітря із лопатки. Іншими словами, між приграничним шаром повітря, який відірвався, і поверхнею лопатки вітроколеса утворюється область тиску, який збільшений у порівнянні з безвідривним обтіканням, тому доцільно знизити тиск в цій області з тим, щоб відновити безвідривне обтікання. Цього можливо досягти, якщо з області за місцем відриву безперервно відсмоктувати деяку кількість повітря.

У відповідності з вище викладеним було запропоновано виконати повздовжню щілину по профілю лопатки вітроколеса під кутом α до дотичної, який менше 90° (рисунк 1) [2]. Причому, сама повздовжня щілина не повинна бути направлена назустріч руху повітря.

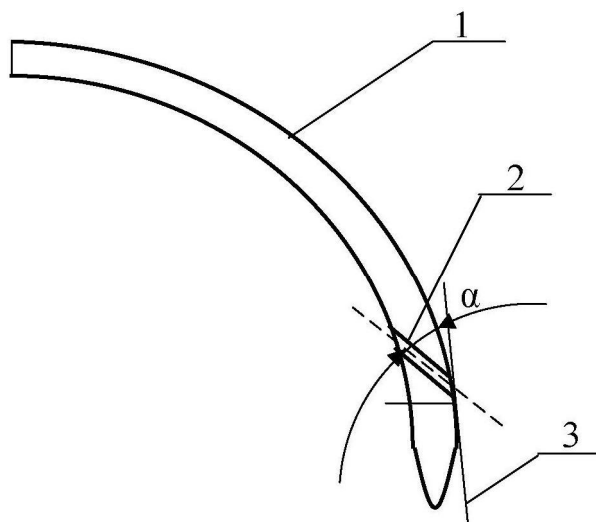


Рис. 1. Профіль лопатки: 1- поверхня лопатки; 2 – повздовжня щілина; 3 - дотична

За рахунок виконання повздовжньої щілини 2 на лопатці під дією різниці тиску на нижній та верхній поверхні лопатки вітроколеса, повітряний потік спрямовується через повздовжню щілину 2 з області

до лопатки в область після лопатки (рисунок 2). На верхній поверхні лопатки отримується додатковий повітряний потік, поле швидкостей якого накладається на поле швидкостей приграничного шару, і, в результаті, точка відриву шару повітряного потоку 3 зсувається по поверхні лопатки з відстані l_1 до відстані l_2 вздовж за потоком повітря, при цьому, $l_1 < l_2$, що змінює витрати енергії на турбулізацію потоку та збільшує продуктивність за рахунок чіткого формування потоку. За результатом цього збільшується коефіцієнт підйомної сили лопатки, зменшується сила тертя лопатки з повітрям та, в цілому, збільшується потужність вітроенергетичної установки при однакових швидкостях вітру.

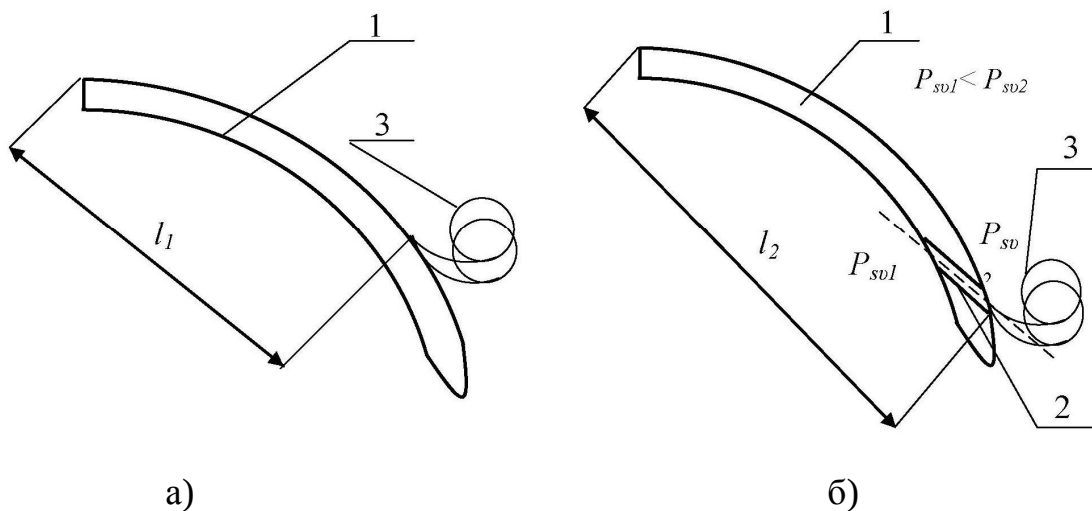


Рис. 2. Рух повітря по профілю лопатки вітроколеса: а – без повздовжньої щілини; б – з повздовжньою щілиною; 1 – лопатка вітроколеса; 2 – повздовжня щілина; 3 – шар повітряного потоку.

На практиці є деякі труднощі при перевірці аеродинамічних характеристик лопаток вітроколеса. Наприклад, перед лопатками повітряний потік турбулентний та при вимірюванні на різній висоті лопатки, швидкість повітря буде відрізнятися. Тому для перевірки наведеного, при проведенні порівняльних досліджень аеродинамічних характеристик лопаток, запропоновано вітроколесо помістити в аеродинамічну трубу. Дослідження проводилися згідно методики, викладеної у [3].

Для обробки результатів згідно [3], використовували наступні формули розрахунку.

Щільність атмосферного повітря (ρ_a), кг/м^3 при випробуванні визначають за формулою



$$\rho_a = \frac{P_a}{R_a T_a}, \quad (1)$$

де P_a – атмосферний тиск, Па;

R_a – газова постійна, Дж/(кг*К), $R_a = 287$ Дж/(кг*К);

T_a – температура навколишнього середовища, К.

Нагрів повітря перед вітроколесом (δT_1), К, визначають за формулою

$$\delta T_1 = 273,15 + (t_1 - t_a), \quad (2)$$

де t_1 – температура повітря перед вітроколесом, град С;

t_a – температура атмосферного повітря, °С.

Об'ємну витрату (Q_a), м³/с, атмосферного повітря через витратомірний пристрій визначають за формулою

$$Q_a = \alpha \varepsilon \frac{\pi d^2}{4} \left(\frac{2 P_c}{\rho_a} \right)^{1/2} \varepsilon_c, \quad (3)$$

де α – коефіцієнт витрати сопла Вентурі, $\alpha = 0,985$ од;

ε – поправочний коефіцієнт на розширення атмосферного повітря у витратомірі, $\varepsilon = 1$ од;

d – діаметр мірного перетину витратомірного пристрою, м;

P_c – вимірювана різниця статичних тисків у витратомірі, Па;

ε_c – поправочний коефіцієнт на розташування витратоміра, $\varepsilon_c = 1$.

Для побудови аеродинамічної характеристики вітроколеса за [4] визначають наступні параметри:

1. Продуктивність вітроколеса (Q), м³/с рівну об'ємній витраті, яка відповідає параметрам загальмованого потоку при вході у вітроколесо, визначають за формулою

$$Q = Q_a \varepsilon_1, \quad (4)$$

де ε_1 – коефіцієнт врахування стискання.

$$\varepsilon_1 = \left(1 + \frac{\delta T_1}{T_a} \right) \left(1 - \frac{P_m - P_{d1}}{P_a} \right)^{-1}, \quad (5)$$

де P_m – різниця абсолютних статичних тисків за вітроколесом и перед ним, Па;

P_{d1} – динамічний тиск потоку перед вітроколесом без врахування стискання, який визначається за формулою

$$P_{d1} = \frac{\rho_a}{2} \left(\frac{4Q_a}{\pi D_1^2} \right)^2 \quad (6)$$

є $D_1 = D_2$ - діаметр повітроводу у вимірювальному перетині, м.

2. Повний тиск вітроколеса (P_v), Па, визначають вимірювальною різницею абсолютних повних тисків потоку за вітроколесом і перед ним у відповідності з формулою

$$P_v = P_{01} - P_{02}, \quad (7)$$

де P_{02} - абсолютний повний тиск потоку за вітроколесом, Па;

P_{01} - абсолютний повний тиск потоку перед вітроколесом, Па;

3. Повний к.к.д. вентилятора (η) визначають відношенням корисної потужності за повним тиском вітроколеса до потужності, яка споживається, згідно формули

$$\eta = \frac{N_v}{N} \quad (8)$$

де N_v - корисна потужність вітроколеса за повним тиском, Вт, яка визначається за формулою

$$N_v = P_v \cdot Q, \quad (9)$$

Проведеними дослідженнями та після обробки результатів, отримані залежності к.к.д. вітроколеса з лопатками без повздовжньої щілини та з нею (рисунок 3).

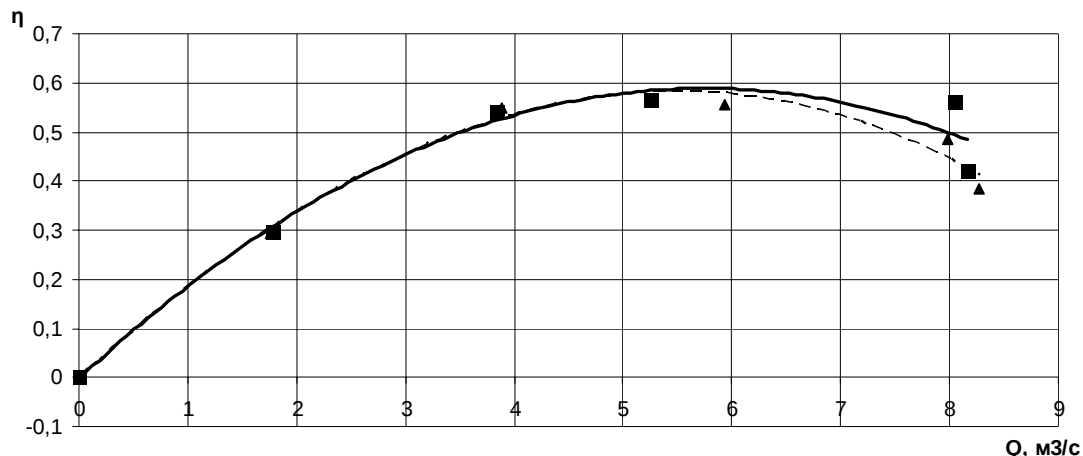


Рис. 3. Залежність повного к.к.д (η) вітроколеса від витрати повітря (Q), м³/с: — характеристика вітроколеса без повздовжньої щілини; - - характеристика вітроколеса з повздовжньою щілиною.

Висновки. Проведеними дослідженнями встановлено, що при витратах повітря понад 6 м³/с спостерігається збільшення к.к.д лопаток



вітроколеса з повздовжньою щілиною, і при $Q=8\text{ м}^3/\text{с}$ це збільшення становить більше 11%.

Література

1. Дидур В.А. Гидроаеромеханика и её использование в энергетике АПК / В.А. Дидур и др. – М: Издательство Московского государственного агроинженерного университета имени В.П. Горячкина. – 2008. - 388с.
2. Патент 100287 Україна, МПК F04 D29/00. Осьовий вентилятор / В. А. Дідур, А. Б. Чебанов (Україна). – u201411866; заявл. 03.11.2014; опубл. 27.07.2015, Бюл.№14. – 2с.
3. ГОСТ 10921-90. Вентиляторы радиальные и осевые. Методы аэродинамических испытаний. – Введен 29.12.90. - М.: Изд-во стандартов, 1990. – 33 с.
4. ГОСТ 10616-90. Вентиляторы радиальные и осевые. Размеры и параметры. – Введен 27.03.90. - М.: Изд-во стандартов, 1990. – 13 с.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ

И.П. Назаренко

Аннотация – в статье предложен способ повышения эффективности ветроэнергетической установки за счёт улучшения условий обтекания воздухом лопасти ветроколеса. Приведены сравнительные аэродинамические характеристики лопаток ветроэнергетических установок.

INCREASE EFFICIENCY WIND TURBINE

I. Nazarenko

Summary

The method for increasing the efficiency of the wind power plant by improving the conditions of air flow over the blades of the wind wheel is proposed. The aerodynamic characteristics of the blades of wind turbines are shown.



УДК 66.086.2

МЕТОДИ І ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ОЧИЩЕННЯ НАФТОПРОДУКТІВ

Назаренко І. П., д.т.н.,

Коваль Д. М., інженер,

Дубініна С. В., інженер

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. +38(0619) 421-174

Анотація – в статті розглянуто сучасні методи та технічні засоби очищення нафтопродуктів з метою обґрунтування використання та подальшого дослідження електротехнологічних способів очищення.

Ключові слова – нафтопродукти, забруднення, очищення, відновлення.

Постановка проблеми. За результатами досліджень щодо видів забруднень нафтопродуктів та вимог до їхньої чистоти поставлена задача аналізу методів і технічних засобів очищення.

Аналіз останніх досліджень. Нафтові оливи знаходять широке застосування при експлуатації сучасної техніки та електроенергетичного обладнання. Відпрацьовані оливи в основному використовуються як пічне паливо, тому гостро постає проблема їхнього повторного використання. Для цього розроблені сучасні методи і пристрої регенерації відпрацьованих олив [1]. В зв'язку з цим виникає необхідність аналізу існуючих способів

Формулювання цілей статті. Метою є виконання класифікації існуючих методів і технічних засобів очищення нафтопродуктів з метою обґрунтування використання сучасних електротехнологічних методів очищення.

Основна частина. Забруднення нафтових олив, що використовуються в механізмах і електроенергетичному обладнанні, класифікуються за ознаками, що характеризують джерела їхнього забруднення, до яких відносяться атмосферні, мікробіологічні та зносові.

Атмосферні забруднення (наприклад, волога або пил) потрапляють в оливу на всіх етапах його виробництва, транспортування і зберігання.



Мікробіологічні забруднення (бактерії, грибки, пірогенні речовини) потрапляють в оливу з атмосферним пилом, потрапляючи в оливу вони починають розмножуватись в живлячому їх середовищі – повітрі і вологі в оливі.

Також в оливах присутні продукти хімічної та електрохімічної корозії конструкційних матеріалів технологічного обладнання (контактні забруднення).

Зносіві забруднення потрапляють в оливу внаслідок механічного зносу обладнання та при експлуатації машин.

За хімічним складом забруднення розділяють на:

- неорганічні (мінеральні речовини, вода, повітря);
- органічні, що мають вуглеводневе і мікробіологічне забруднення (смоли, асфальтени, солі карбонових кислот, бактерії, грибки та інше).

За етапами виробництва, транспортування, зберігання і застосування забруднення розділяють на:

- виробничі;
- операційні;
- експлуатаційні.

Виробничі забруднення класифікують [2]:

- нафтові (окисли металів і кремнію, асфальтосмолисті сполуки) присутні у вихідній сировині, виникають при застосуванні нафти, що містить забруднені домішки;

- атмосферні (окисли металів і кремнію, вода) з'являються при контакті з запиленним і вологим повітрям внаслідок негерметичності обладнання;

- технологічні (смоли) виникають при полімеризації олефінів, конденсації ароматичних вуглеводнів, окислювальних процесах при наявності в нафті реакціонноздібних речовин;

- контактні (окисли металів) виникають при корозії технологічного обладнання із корозійно-активних матеріалів при відсутності захисних покриттів.

За агрегатним станом неорганічні речовини можуть бути твердими (оксиди, солі, інші сполуки), рідкими (вода) або газоподібними (повітря), а органічні – твердими (асфальтени, солі карбонових кислот і т.п.), пластичними (вуглеводні що високо застигають) або напіврідкими (смолисті речовини, мікробіологічні забруднення) [3].

Ступінь забруднення олив впливає на їхню витрату та довговічність роботи механізмів, у яких вони використовуються. При використанні трансформаторних і конденсаторних олив на їхню електричну міцність величезний вплив здійснює вода, тому головна вимога до них – відсутність слідів емульгованої води, що визначається за методом Діна – Старка [4, 5].

Підтримання необхідної ступені чистоти нафтопродуктів може здійснюватися двома шляхами:

- попередженням потрапляння в них забруднень при виробництві, транспортуванні, зберіганні та видачі;
- очищенням забруднених нафтопродуктів.

Класифікація методів, що застосовуються для забезпечення чистоти нафтопродуктів, наведена на рисунку 1.

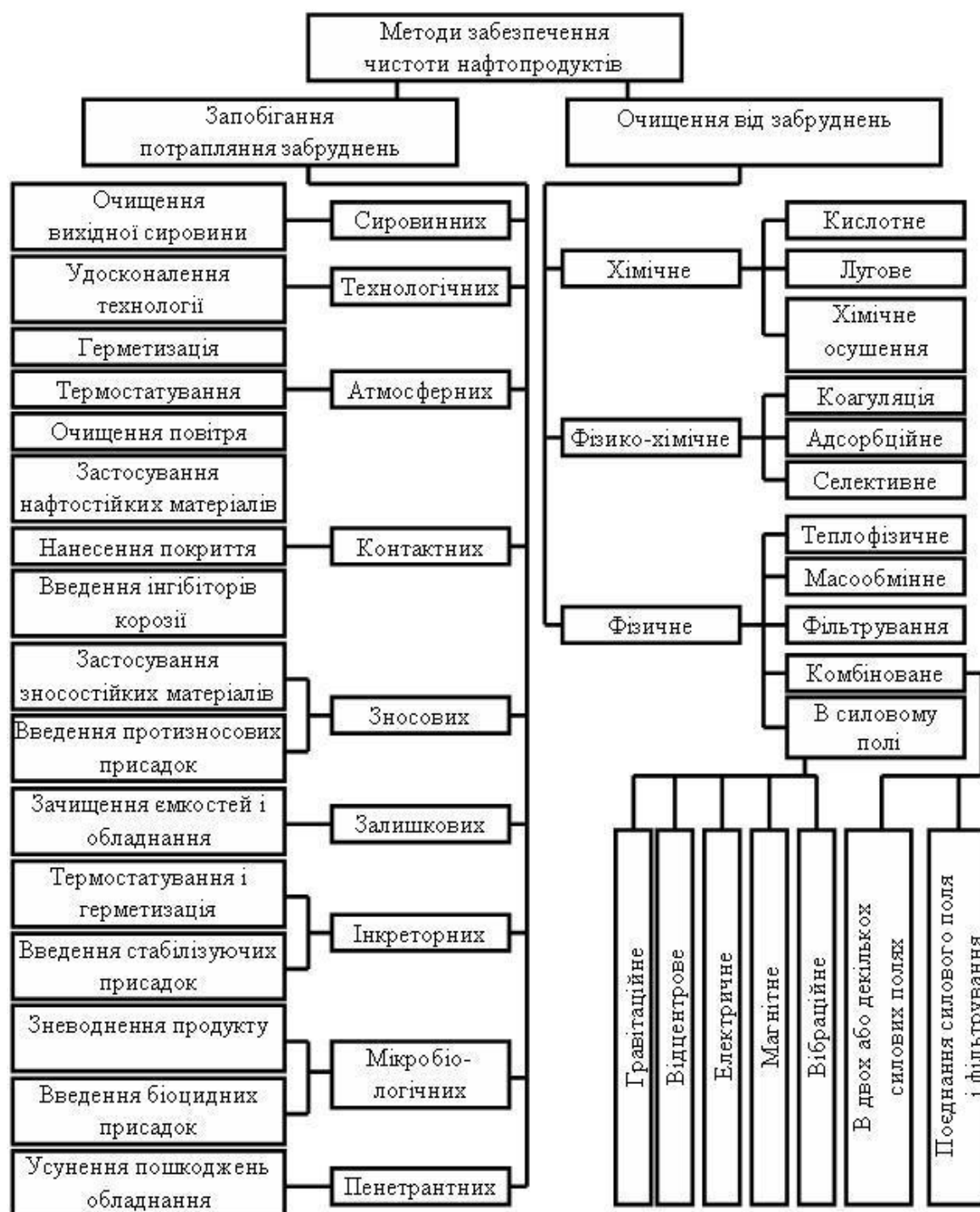


Рис. 1. Класифікація методів, що застосовуються для забезпечення чистоти нафтопродуктів



Як видно з класифікації, вибір методу залежить від характеру забруднення.

Висновок. Для подальшого дослідження процесів очищення нафтових олив, зокрема, трансформаторної оливи, велику цікавість являють фізичні методи очищення, зокрема, очищення в силовому полі, а також комбіновані методи. Ці методи відрізняються малою енерго- і ресурсоемністю, екологічністю, легко піддаються автоматизації.

Література

1. Современные методы очистки и регенерации отработанных смазочных масел: препринт / Б. И. Ковальский, Ю. Н. Безбородов, Л. А. Фельдман, А. В. Юдин, О. Н. Петров. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2011. – 104 с.
2. Коваленко В.П. Загрязнения и очистка нефтяных масел / В.П. Коваленко. – М.: Химия, 1978 г. – 304 с., ил.
3. Коваленко В.П. Очистка нефтепродуктов от загрязнения / В.П. Коваленко, В.Е. Турчанинов. – М.: Недра, 1990. – 160 с. ил.
4. Липштейн Р.А. Трансформаторное масло 3-е изд., перераб. и доп./ Р.А. Липштейн, М.И. Шахнович. — М.: Энергоатомиздат, 1983. — 296 с., ил.
5. Брай И.В. Регенерация трансформаторных масел Издание 2-е, перераб. и дополненное / И.В. Брай. – М.: Химия, 1972 - 168 с.

МЕТОДЫ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ОЧИСТКИ НЕФТЕПРОДУКТОВ

И. П. Назаренко, Д. Н. Коваль, С. В.Дубинина

Аннотация – в статье рассмотрены современные методы и технические средства очистки нефтепродуктов с целью обоснования использования и исследования электротехнологических способов очистки.

METHODS AND TECHNICAL MEANS OF PURIFICATION OF OIL PRODUCTS

I. Nazarenko, D. Koval, S. Dubinina

Summary

The article deals with modern methods and technical means of purification of oil to justify the use of electro-technological research and subsequent purification methods.



УДК 631.589 : 631.234

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПОДАЧІ ЖИВИЛЬНОГО РОЗЧИНУ У ГІДРОПОННІЙ ТЕПЛИЦІ

Кашкарьов А.О., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел.: 0619-42-11-74

Анотація – розглянуті технологічні схеми подачі живильного розчину у споруди захищеного ґрунту на основі гідропонних технологій, наведена імітаційна модель заповнення піддонів живильним розчином на основі впровадження двошвидкісного насосного агрегату, запропоновані технічні засоби автоматизації технологічного процесу.

Ключові слова: автоматизація, гідропоніка, теплиця, закритий ґрунт, овочі, моделювання, подача розчину.

Постановка проблеми. Середня річна норма споживання овочів складає 126 кг за умови їх рівномірного споживання на протязі року. Однак кліматичні умови такі, що з відкритого ґрунту до 1 серпня поступає 20-22% всіх овочів, у тому числі 40% огірків та 20 % томатів [11]. У серпні-вересні поступає 70% огірків та 60 % томатів [5]. З метою забезпечення населення овочами необхідно використовувати споруди захищеного ґрунту. Для збалансованого споживання овочів у спорудах захищеного ґрунту повинно вирощуватись 25% всієї кількості овочів [11].

Відомо, що виробництво продукції рослинництва в умовах захищеного ґрунту є енерговитратним [5, 12]. Саме цей фактор стримує розвиток даного напрямку аграрного комплексу України. Тому необхідно приділити увагу дослідження питань енергоефективності та енергоощадності споруд.

При загалом високому рівні електрифікації та автоматизації існуючих технологічних схем підтримання параметрів мікроклімату залишаються ще невирішені проблеми та вузькі місця, що головним чином відносяться до засобів автоматики та допоміжних технологічних операцій [5, 10]. Постає задача вибору технологічних схем виробничого процесу, забезпечення певних режимів роботи технологічного обладнання та підвищення надійності автоматизованих систем управління технологічним процесом.

Аналіз останніх досліджень. Сучасна теплиця як об'єкт електрифікації та автоматизації характеризується незадовільною динамікою параметрів, що пов'язано з особливостями об'єкту керування. У той же час, агротехнічні вимоги вимагають достатньо високу точність стабілізації параметрів, своєчасну їх змінену відповідно до вегетаційного стану рослин [1, 6, 12]. Все це висуває високі вимоги до функціонування та технічного удосконалення систем автоматичного управління параметрами мікроклімату та технологічним процесом в цілому.

Вибір способу зрошення і техніки поливу, опромінення та вентиляції представляє складну агротехнічну, інженерну і соціально-економічну задачу, що залежить від природних агрометеорологічних, топографічних, гідрогеологічних умов району будівництва споруди захищеного ґрунту, виду і складу культур, характеру землевпорядження, наявності в господарстві трудових ресурсів, забезпеченості електроенергією, традицій і навичок у зрошуваному сільськогосподарському виробництві. При використанні гідропоніки використання ресурсів стає економічнішим [13].

Відомий пристрій для вирощування рослин [7], що містить ємності для розчину, які з'єднані з лотками і поплавковий стабілізатор рівня розчину (рис. 1). Недоліком даного пристрою, є те, що розчин подається самопливом до рослин, а використання спеціальних лотків не дозволяє вирощування широкого спектра рослин.

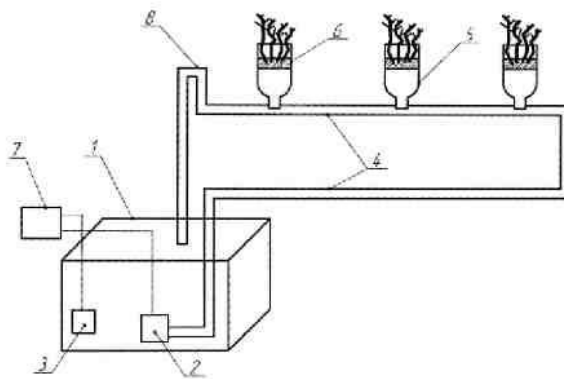


Рис. 1. Схема установки для гідропонного вирощування рослин

Пропонований пристрій дозволяє максимально збалансувати подачу розчину до рослин, крім того, описаний пристрій простий у виготовленні, що знижує його вартість. Пропонований пристрій призначається для вирощування рослин у теплицях, а також у житлових приміщеннях.

Більш близькою конструкцією до рішення, що пропонується, є пристрій, який складається із корпусу, заповненого фільтруючим зернистим завантаженням із висадженими у ньому вищими воло-

голубувими рослинами, трубопроводу подачі стічної води в корпус із дренажною мережею її розподілу, розташованою в зоні кореневої системи рослин, дренажу збору, розташованого в нижній зоні корпусу і приєднаного до трубопроводу відводу очищеної води в збірний резервуар [8] (рис. 2). Недоліком пристрою є низька ефективність вилучення забруднень, особливо від з'єднань органічного походження, якими збагачені побутові стічні води. Причиною є стабільно низькі показники води, особливо в умовах, коли біологічне очищення супроводжується газовиділенням (метан, вуглекислий газ, сірководень, тощо) та створює умови для стабілізації системи водо-забруднення і робить неможливим окислення домішок, проведення денітрифікації забруднень, що містять азот. Вміст газової складової, що є результатом процесів загнивання є причиною скорочення життєдіяльності активного мулу, при цьому скорочуються життєві функції рослин, та їх активність щодо поглинання елементів, що забруднюють воду.

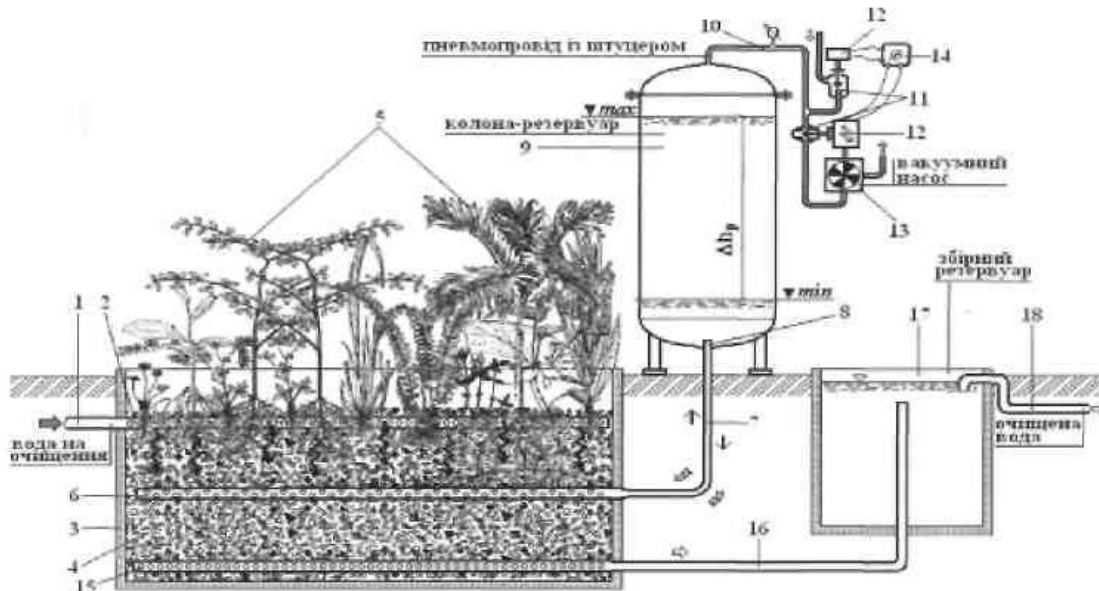


Рис. 2. Схема гідропонної споруди
«біоплато-фільтр» із колонним дегазатором.

Перспективним напрямом підвищення ефективності експлуатації споруд захищеного ґрунту є використання гідропонних технологій. Враховуючи, що задачі підтримання параметрів мікроклімату та складу розчину мають широкий спектр ефективних рішень, необхідно акцентувати увагу на утриманні живильних елементів рослинами при багаторівневій будові лотків гідропонної теплиці (рис. 3), що дозволяє збільшити ефективність використання виробничої площі [9, 13]. Для забезпечення максимально рівномірного доступу живильних речовин на всіх рівнях необхідно створення примусової течії, обґрунтування параметрів якої є складною динамічною задачею.



Рис. 3. Багаторівнева будова гідропонної теплиці.

Формування цілей статті. Підвищити надійність роботи технологічного обладнання та точність подачі живильного розчину в умовах гідропонних теплиць.

Основна частина. Поставлене завдання вирішується за рахунок використання гідропонних технологій та двошвидкісного двигуна подачі живильного розчину. Пропонується використання сучасних засобів автоматизації, які дозволяють реалізувати керування технологічним процесом та дистанційний моніторинг.

Відомо пристрій для періодичного поливу рослин, що містить бак живильної рідини зі стабілізатором витрат у вигляді сифона з рухомим відносно бака вихідним патрубком [9]. Останній розміщено над ємкістю дозатора разового поливу, яка забезпечена самоспорожнюваним сифоном і рухомим по висоті об'ємним елементом (рис. 4).

Конструктивно пристрій не дозволяє в промислових умовах використовувати його для пропонованого вирощування кормових трав і зеленої маси на фураж, оскільки зрошення вище приведених рослин повинно обов'язково чергуватися з наступним повним дренажем живильного розчину для аерацією кореневої системи.

Кожний лоток забезпечений автономною системою дренажу, що дозволяє звільнитися від мережі трубок, утруднюючи закладення посівного матеріалу та відвантаження продукції. Відпадає також необхідність поярусного, абсолютно горизонтального розташування лотків

при монтажі стелажів, оскільки кожний лоток працює як автономна система (див. рис. 4) [9].

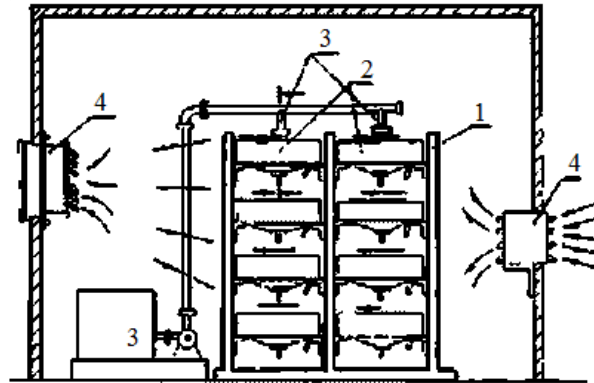


Рис. 4. Гідропонна установка містить стелажі 1 і з лотками 2, пристрій подачі живильного розчину 3, систему мікроклімату 4.

Наявність в кожному лотку ще й переливної трубки забезпечує доставку на нижній лоток живильного розчину у випадку непередбаченого засмічення сифона, а також і сумарні розрахункові параметри сифона та переливної трубки гарантують більш швидке спорожнення лотка самопливом, чим його заповнення через пристрій подачі під тиском (рис. 5) [9].

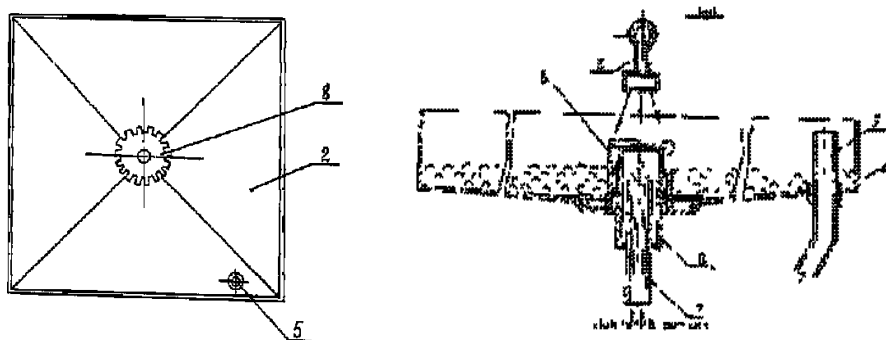


Рис. 5. Конструкція лотків з посівним матеріалом, переливна трубка 5 і сифон 6, який містить телескопічну частину 7 і ковпачок з прорізами 8 (над верхнім лотком розташовано пристрій подачі живильного розчину 3)

Телескопічна конструкція сифона також дозволяє здійснити регулювання часу витікання живильного розчину з кожного лотка і відповідно часу загального поливу. Висуваючи, тобто подовжуючи сифон, розрядження в ньому збільшується і рідина витікає з більшою швидкістю, отже, лоток спорожнюється швидше, у протилежному випадку, при укорочуванні довжини сифона, швидкість витікання живильного розчину зменшується, отже, час поливу збільшується.

Робота системи поливу здійснюється таким чином. По пристрою подачі 3 (труба з підводним штуцером і розпилювачем) живильний

розчин подається на верхній лоток 2 з посівним матеріалом. Заповнення лотка 2 відбувається до тих пір, поки рівень рідини в лотку не досягне поперечних наскрізних отворів телескопічної частини 7 сифона, після чого живильний розчин почне перетікати на лотки розташованих на нижчих ярусах. Наявність переливної трубки 5 не дозволяє пристрою подачі 3 переповняти лоток 2, так як описувалося вище, сумарна продуктивність сифона. Переливної трубки 5 значно перевищує продуктивність пристрою подачі 3.

Якщо розглянути гідропонну систему як комплект піддонів заданою площею ($S_{\text{емн}}$), які мають вхідні (Q_{in}) та вихідні (Q_{out}) потоки живильного розчину, а також певний об'єм його споживання рослинами на різних етапах їх вегетації ($Q_{\text{рос}}$), то можна скласти розрахункову схему заповнення піддонів поживним розчином (рис. 6) [3].

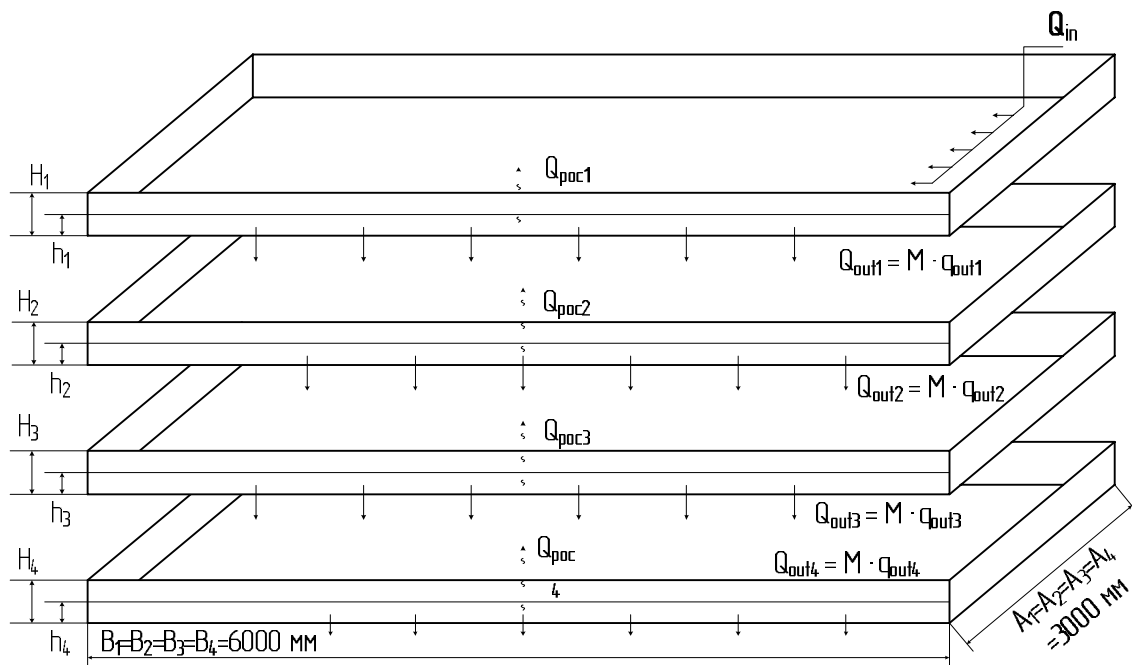


Рис. 6. Розрахункова схема моделювання подачі живильного розчину у гідропонній системі.

Загальна система рівнянь, яка описує заповнення піддонів живильним розчином без рослин має вигляд:

$$\begin{cases} S_{\text{емн}1} \frac{dh_1}{dt} = Q_{\text{in}} - Q_{\text{out}1} \\ S_{\text{емн}2} \frac{dh_2}{dt} = Q_{\text{out}1} - Q_{\text{out}2} \\ S_{\text{емн}3} \frac{dh_3}{dt} = Q_{\text{out}2} - Q_{\text{out}3} \\ S_{\text{емн}4} \frac{dh_4}{dt} = Q_{\text{out}3} - Q_{\text{out}4} \end{cases} \quad (1)$$

У випадку коли рослини вже мають статистично та технічно значуще споживання живильного розчину з піддонів, система рівнянь (1) буде мати наступний вигляд:

$$\begin{cases} S_{\epsilon m n 1} \frac{dh_1}{dt} = Q_{in} - Q_{out1} - Q_{poc1} \\ S_{\epsilon m n 3} \frac{dh_2}{dt} = Q_{out1} - Q_{out2} - Q_{poc2} \\ S_{\epsilon m n 3} \frac{dh_3}{dt} = Q_{out2} - Q_{out3} - Q_{poc3} \\ S_{\epsilon m n 4} \frac{dh_4}{dt} = Q_{out3} - Q_{out4} - Q_{poc4} \end{cases} \quad (2)$$

Для вирішення систем диференціальних рівнянь (рис. 7) приймаємо наступні початкові умови та обмеження:

1. $Q_{out i} = S_{отв i} \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h_i}$, де $i \in [1; 4]$
2. Швидкість насосу 1: $Q_{in1} = 10 \text{ м}^3/\text{год}$;
3. Швидкість насосу 2: $Q_{in2} = 15 \text{ м}^3/\text{год}$;
4. $h_i \leq H_i$, де $i \in [1; 4]$, $H_1 = H_2 = H_3 = H_4$;
5. $S_i = \text{const}$, де $i \in [1; 4]$;
6. $S_{отв i M} = \text{const}$, де $i \in [1; 4]$, $M \in [1; 15]$;
7. $Q_{poc i} = F(t)$, де $i \in [1; 4]$, $Q_{poc 1} = Q_{poc 2} = Q_{poc 3} = Q_{poc 4}$;
8. $h_i(t=0) = 0$, де $i \in [1; 4]$.

Побудована модель дозволяє розв'язати 5 типів задач:

1) при відкритих або закритих отворах та при порожніх ємностях в момент часу $t=0$ відбувається подача розчину величиною Q_{in} . Необхідно визначити значення рівнів та потоків для режиму, що встановився;

2) при досягненні режиму, що встановився у момент часу $t=0$ відбувається зміна кількості отворів у піддонах. Необхідно визначити значення рівнів та потоків розчину для режиму, що встановився;

3) дослідження роботи регулятора, який змінює перетин отворів (з відповідними технічними засобами) в залежності від відхилення значення рівня h_i від значення, що встановилося $h_{вст}$;

4) вплив аварійних режимів роботи об'єкту керування та реакція системи автоматичного управління технологічним процесом;

5) при додавання імітаційних моделей споживання живильного розчину рослинами та насосних агрегатів можливо дослідити вплив зовнішніх факторів.

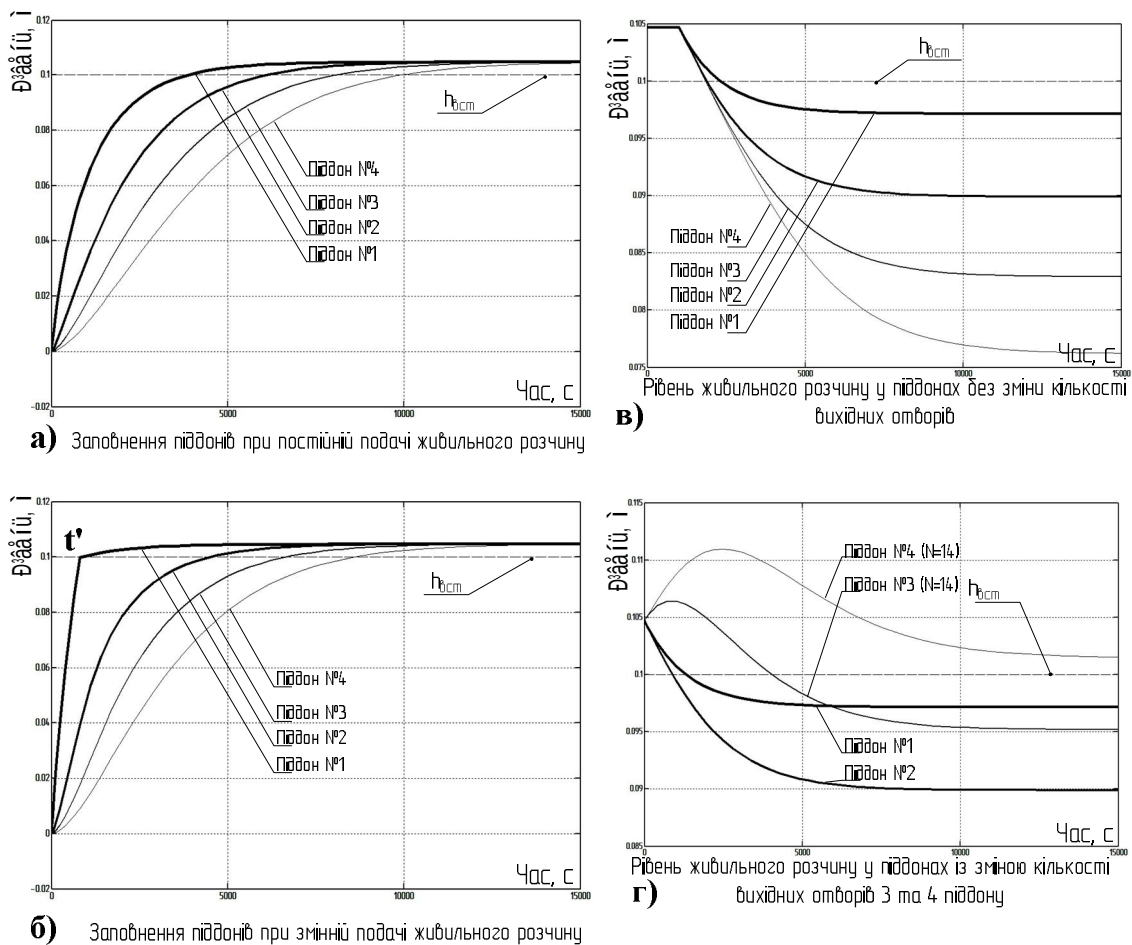


Рис. 7. Графічне рішення систем диференціальних рівнянь (1, 2).

У результаті аналізу графічних залежностей можна обґрунтувати вибір та режим роботи двохшвидкісного приводу насосного агрегату (рис. 7, а, б), що дозволяє скоротити час заповнення піддонів (першого піддону з 75 хв до 16 хв; другого – з 108 хв до 75 хв; третього – з 133 хв до 100 хв; четвертого з 158 хв до 130 хв). При вирішенні системи диференціальних рівнянь (1) із змінною подачею насосного агрегату (рис. 7, а, б) був використаний пропорційний регулятор, який зменшив подачу у точці t' , яка відповідає зазначеному рівню живильного розчину у піддоні №1. Представлена модель дозволяє реалізувати більш складні алгоритми обґрунтування режиму перемикавання.

Тестування моделі дозволяє обґрунтувати кількість отворів піддонів (рис. 7, в, г), які можна відкривати та закривати при рості рослин для забезпечення заданого рівня живильного розчину у відповідних піддонах із заданою точністю.

Для реалізації пропонованих рішень необхідно обрати технічні засоби автоматизації (табл. 1). Пропонується реалізовувати автоматичне керування на базі контролерів серії ES-ForthLogic, компанії ПП "Електросвіт" [2,4,6]. Інжинірингові рішення підприємства дозволя-



ються реалізувати автоматичні системи керування на базі модульних рішень, які включають не тільки компоненти релейної автоматики та програмовані логічні комплекси, а ще й лінійки типових датчиків фізичних величин з уніфікованим сигналом, можливість поєднання з засобами автоматизації інших виробників та типові системи з GSM/GPRS-контролерами для вирішення завдань диспетчеризації, моніторингу, керування та передачі інформації на інші рівні системи керування підприємством.

Таблиця 1 - Технічні засоби автоматизації.

Параметр контролю, функції	Тип обладнання
Датчик тиску вода	ПД100-ДИ.1,0.1
Датчик температури вода повітря	ДТС3225-РТ1000.В2 ДТС075-50М.В2.20/05
Датчик положення: кран заслінка	МЕ8111 МЕ8108
Потенційний датчик рівня розчину	ПДУ-1.1
Вологість	ES-DH-1М
Датчик опромінення	ФР-7Е
Витратомір газ вода	БК-G6 0,06 S100
Програмний логічний комплекс	ES-ForthLogic
Електромагнітне реле	РЕ-4РР
Блок живлення	БЖ-I
Модуль розширення дискретний	ES-DIO-1М
Модуль розширення аналоговий	ES-AI-1М ES-PT-1М

В автоматичному режимі роботи керування параметрами мікроклімату відбувається відповідним блоком автоматичної системи керування (рис. 8). Взаємодія засобів автоматизації відбувається за лінією зв'язку RS-232, а низьковольтні електромагнітні реле РЕ-4РР приєднуються безпосередньо до дискретних виходів модулів розширення дискретних сигналів (ES-DIO-1М) [2]. У ручному (налагоджуваному) режимі роботи система керування виконує функції збору та обробки інформації, що дозволяє оператору прийняти вірне управлінське рішення.

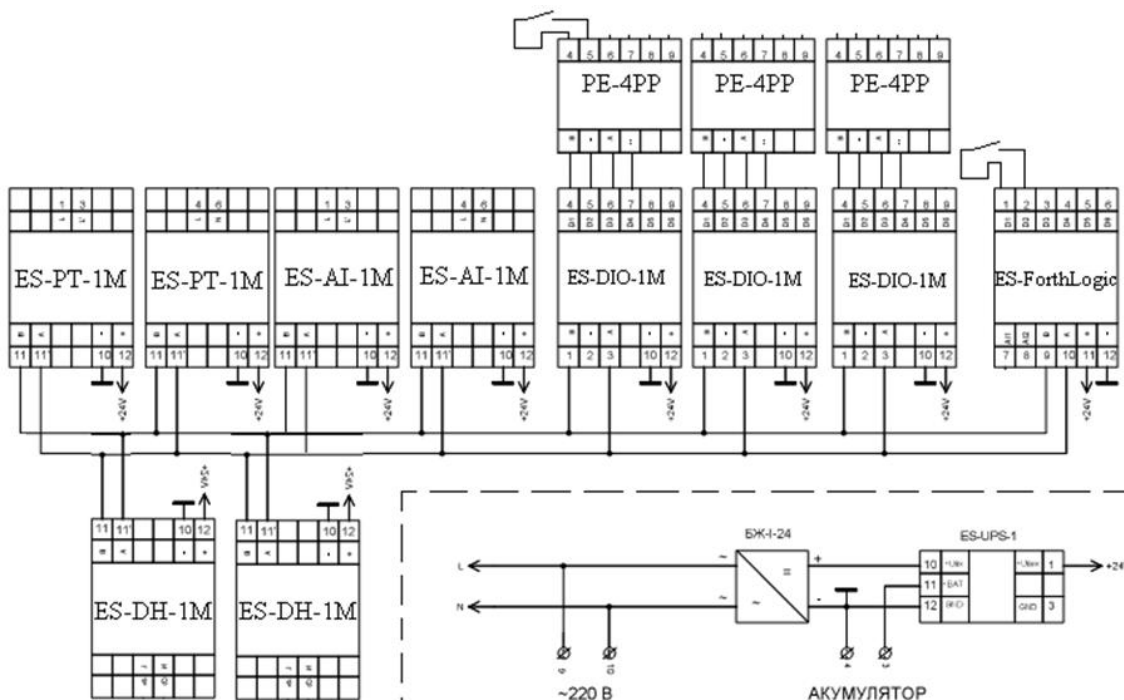


Рис. 8. Схема з'єднань засобів автоматичного керування параметрами мікроклімату (відповідно до табл. 1).

При проектуванні та розробці автоматичної системи керування технологічним процесом необхідно виділити найбільш важливий його етап, який дозволить суттєво покращити техніко-економічні показники. Ми вважаємо що у подальших дослідженнях доцільно приділити увагу підігріву води за рахунок часткового додавання води з контуру опалення, що дозволить зменшити стрес рослин на початку вегетаційного періоду. Тому при виборі алгоритму управління та засобів автоматизації слід враховувати такі особливості технологічного процесу:

1. автоматизація роботи подачі теплої води є важливим і складним заходом, що пов'язано з можливістю поліпшення умов росту рослин, крім того цей процес обумовлений багаточисельними збурюючими впливами та широкими межами варіювання контрольованих і регульованих параметрів;
2. об'єкт керування (рослини, теплиця) та сировина (поживний розчин) має не однакові властивості;
3. температура води швидко змінюється при подачі її у віддалені ділянки;
4. система автоматичного регулювання повинна мати мінімальну інерційність, бути надійною і стійкою у роботі.

Висновки. На основі аналізу існуючої технології керування технологічним процесом, розробити технічні рішення з його електрифікації та автоматизації зрошення, що дозволило зменшити витрати на енергоресурси, підвищити якість вихідного продукту та підвищити



надійність роботи технологічного обладнання; провести розрахунок та вибір електросилового обладнання.

Упровадження двошвидкісного насосного агрегату стає можливим скорочення часу заповнення першого піддону на 85%, а четвертого – 20%. Система керування роботою отворів піддонів дозволяє підтримувати заданий рівень живильного розчину при збільшенні споживання розчину без додаткових засобів автоматизації роботи насосного агрегату (перетворювачі швидкості, дроселювання та ін.)

Література

1. *Азаркова А.М.* Рациональное использование топливно-энергетических ресурсов при эксплуатации теплиц/ *А.М. Азаркова, Г.Г. Ивешко.* - К.: Будівельник, 1985.-120с.
2. Будинкова та промислова автоматика. ПП "Електросвіт" - 2015. Каталог продукції [Електронний ресурс]. – 68 с. - Режим доступу: <http://www.es.ua>
3. *Герман-Галкин С.Г.* Компьютерное моделирование полупроводниковых систем в MATLAB 6.0: Учебное пособие / *С.Г. Гермен-Галкин.* – СПб.: КОРОНА принт, 2001. – 320 с.
4. Каталог «ОВЕН» - 2015. Оборудование для автоматизации [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.owen.ru>.
5. *Корчемний М.* Енергозбереження в агропромисловому комплексі / *М. Корчемний, В. Федорейко, В. Щербань.* – Тернопіль: Підручники і посібники, – 2001. – 984 с.
6. *Мартиненко І.І.* Проектування систем електрифікації та автоматизації АПК: Підручник / [*І.І. Мартиненко, В.П. Лисенко, Л.П. Тищенко та ін.*]. – К.: НМЦ МінАПК України, 2008. – 330 с.
7. Пат. України №45031 МПК⁶ A01G 21/00. Гідропонна установка / *О.Л. Бондар, Сухоруков В.В. Євдокимов Є.О.* Власник Інститут механізації тваринництва УААН. Заявлено 27.02.2001. Опубл. 15.03.2002, Бюл.№3, 2012р.
8. Пат. України №40322 МПК⁹ C02F 1/24. Гідропонна споруда «Біоплато-фільтр» / *М.С. Курилюк, М.М. Гіроль, О.М. Курилюк.* Власник ТОВ «Аква-У». Заявлено 22.02.2008. Опубл. 10.04.2009, Бюл.№7, 2009 р.
9. Пат. України №57393 МПК²⁰¹¹ A01G 31/02. Пристрій для гідропонного вирощування рослин / *М.Д. Осінкін.* Заявлено 02.08.2010. Опубл. 25.02.2011, Бюл.№4, 2011 р.
10. Пособие по проектированию теплиц и парников: (к СНиП 2.10.04-85) / Разраб. Гипроисельпром Госагропрома СССР: *Н.А. Нестругин, В.И. Костенецкий, В.З. Павлов и др.*-М.:Стройиздат, 1988. - 72с.



11. Статистичний щорічник України за 2013 рік. Державна служба статистики / за редакцією О.Г. Осауленка. – К.: Державна служба статистики. – 2014. – 534 с.
12. Тигранян Р.Э. Микроклимат. Электронные системы обеспечения / Р.Э. Тигранян. – М.: ИП РадиоСофт, 2005. – 112 с.
13. Що таке гідропоніка [Електронний ресурс]. – Режим доступа: <http://vidpo.net/shho-take-gidroponika.html>

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПОДАЧИ ПИТАТЕЛЬНОГО РАСТВОРА В ГИДРОПОННОЙ ТЕПЛИЦЕ

Кашкарёв А. А.

Аннотация - рассмотрены технологические схемы подачи питательного раствора в сооружениях защищенного грунта на основе гидропонных технологий, разработана имитационная модель заполнения поддонов питательным раствором с использованием двухскоростного насосного агрегата, предложены технические средства автоматизации технологического процесса.

AUTOMATION OF TECHNOLOGICAL PROCESSES OF RECEIPT NUTRIENT SOLUTION IN THE GREENHOUSE WITH HYDROPONICS

A. Kashkarov

Summary

Analyzed the technological schemes of receipt of the nutrient solution in a greenhouse with the hydroponics, designed a simulation model of filling trays nutrient solution with two-speed pump, for the automation of technological process proposed the technical means.