

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ



ПРАЦІ
Таврійського державного
агротехнологічного університету

Випуск 16. Том 2

Наукове фахове видання

Технічні науки

Мелітополь – 2016

УДК 631.3

Т.2

Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2016. – Вип. 16, т. 2. – 232 с.

Друкується за рішенням Вченої Ради ТДАТУ,
Протокол № 6 від 29.11.2016 р.

У збірнику наукових праць опубліковано матеріали за результатами досліджень у галузі механізації сільського господарства.

Видання призначене для наукових працівників, викладачів, аспірантів, інженерно-технічного персоналу і студентів, які спеціалізуються у відповідних або суміжних галузях науки та напрямках виробництва.

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.; Кушнар'єв А.С. - чл.-кор. НААН України, д.т.н., проф.; Назаренко І.П. – д.т.н., проф.; Леженкін О. М. - д.т.н., проф.; Малкіна В.М. – д.т.н., проф.; Михайлов Є.В. - д.т.н., доц.; 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., проф. Панченко А.І.

Адреса редакції: ТДАТУ

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

ISSN 2078-0877

**© Таврійський державний
агротехнологічний університет, 2016**

**МАШИНИ І ЗАСОБИ МЕХАНІЗАЦІЇ
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА**

УДК 621.225.001.4

**МЕТОДИКА КОНТРОЛЯ ТОЧНОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ
ЭЛЕМЕНТОВ ВЫТЕСНИТЕЛЬНЫХ И РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ
СИСТЕМ ПЛАНЕТАРНЫХ ГИДРОМАШИН**

Панченко А.И., д.т.н.,

Волошина А.А., д.т.н.,

Гуйва С.Д., ст. преп.,

Леус Г.В., инженер

Таврический государственный агротехнологический университет

Тел. (0619) 42-04-42

Аннотация – предложены методики контроля погрешности формы, измерения геометрических параметров деталей вытеснительной системы (шестерни и ротора) и контроля плоскостности торцевых поверхностей, определения точности изготовления деталей распределительной системы (распределителя и золотника), а также приборы для контроля погрешности формы шестерни и ротора и определения точности изготовления контактирующих поверхностей распределителя и золотника.

Ключевые слова – планетарная гидромашина, вытеснительная система, охватывающий вытеснитель (ротор), охватываемый вытеснитель (шестерня), ролики, погрешность формы, распределительная система, распределитель, золотник, торцевая поверхность.

Постановка проблемы. В отечественном гидромашиностроении накоплен достаточно большой опыт по производству, испытаниям и эксплуатации шестеренных и аксиально-поршневых гидромашин объемного действия, который, к сожалению, не может быть в полной мере использован при производстве и эксплуатации планетарных гидромашин в связи с их специфическими конструктивными особенностями. Гидромашина планетарного типа, как и любая гидравлическая машина объемного действия, является довольно сложным механизмом с деталями, представляющими собой прецизионное соединение. Поэтому одной из проблем, обуславливающих нормальное функционирование планетарных гидромашин в целом, является контроль точно-

сти изготовления оригинальных деталей в таких основных узлах, как вытеснительная и распределительная системы, требующих не только разработки методики контроля, но и средств измерения. В этой связи необходимо разработать ряд мероприятий, позволяющих повысить качество изготовления оригинальных деталей планетарных гидромашин путем контроля точности изготовления и погрешности формы вытеснителей этих гидромашин.

Анализ последних исследований. Основными причинами недостаточно широкого использования силового полнопоточного гидропривода активных рабочих органов мобильной техники являются ограниченность номенклатуры гидромашин, трудоемкость их изготовления, а также отсутствие комплексных исследований в области расчета, проектирования, изготовления и эксплуатации гидромашин вращательного действия, особенно высокомоментных гидромоторов [1,2].

Анализ объемных гидромашин показал [3-5], что в мобильной технике (строительной, дорожной, сельскохозяйственной и т.д.), для привода активных рабочих органов лучше всего использовать планетарные гидромашины. Такие гидромашины отличаются простотой устройства, высоким удельным рабочим объемом, малой удельной металлоемкостью, компактностью, хорошими энергетическими характеристиками. Большим преимуществом этих гидромоторов является возможность установки их непосредственно в приводной механизм транспортеров, лебедок, битеров, мотор-колес и т.д. Однако, анализ конструкций существующих планетарных гидромашин, используемых в гидроагрегатах мобильной техники, позволил определить ряд особенностей, без учета которых не представляется возможным улучшить выходные характеристики этих гидромашин и гидроагрегата в целом: учет самоориентации, а также погрешности формы элементов вытеснительного блока планетарного гидромотора, при определении его геометрических и выходных параметров; повышение точности расчета крутящего момента, гидромеханических и объемных потерь в вытеснительном блоке планетарного гидромотора; математическое описание работы распределительного блока с учетом сдвига окон и изменения угла их перекрытия; определение усилий прижима-отжима в распределительном блоке с учетом динамической составляющей, с целью уточнения значения объемных потерь; разработку более полной математической модели, включающей функциональные выражения, ограничения и критерии, описывающие процессы происходящие в узлах и соединениях планетарного гидромотора, а также кинематику их перемещения как единое целое.

Разработанная математическая модель гидроагрегата с планетарным гидромотором [6-12], с учетом конструктивных особенностей

его распределительной [13-19] и вытеснительной [20-24] систем, позволила исследовать динамические процессы [25], происходящие в элементах гидроагрегата активного рабочего органа мобильной техники, при разгоне.

Проведенные параметрические исследования [26,27] позволили обосновать влияние конструктивных параметров элементов вытеснительной и распределительной систем планетарного гидромотора, на изменение его выходных характеристик.

Проведенные сравнительные исследования динамики гидроагрегата активного рабочего органа мобильной техники с серийным и модернизированным планетарными гидромоторами позволили [25] изучить влияния конструктивных особенностей исследуемых гидромоторов, а также внешних возмущений на изменение выходных характеристик моделируемого гидроагрегата при его разгоне. Влияние внешних возмущителей на динамические характеристики гидроагрегата с планетарным гидромотором показывают, что использование дополнительного демпфирующего объема, позволяет снизить пики давления и крутящего момента при пуске гидроагрегата как для серийного так и для модернизированного гидромоторов. Проведенными исследованиями установлено [25], что конструктивные особенности серийного гидромотора значительно влияют на динамику изменения выходных параметров гидроагрегата, а нерациональное проектирование распределительной системы вызывает пульсации давления в нагнетательной магистрали и крутящего момента. Использование модернизированного гидромотора показало [25], что все выходные характеристики моделируемого гидроагрегата не имеют пульсаций.

Для подтверждения теоретических и параметрических исследований проведены экспериментальные исследования [28,29], предусматривающие сравнительные испытания серийного и модернизированного гидровращателей.

Разработанная специальная программа [30] позволила определить адекватность теоретических и экспериментальных исследований, выраженных соответствующими кривыми, по критерию Фишера. В результате чего установлено [30], что результаты моделирования процесса разгона гидроагрегата с модернизированным планетарным гидромотором, адекватно описывает исследуемый процесс с заданной вероятностью.

Таким образом, для нормального функционирования планетарных гидромашин в целом, необходимо разработать ряд мероприятий, позволяющих повысить качество изготовления оригинальных деталей планетарных гидромашин путем контроля точности изготовления и погрешности формы вытеснителей этих гидромашин.

Формулирование целей статьи (постановка задания). Повыше-

ние качества изготовления деталей и узлов планетарных гидромашин путем разработки методов и средств контроля для определения точности изготовления деталей планетарных гидромашин.

Основная часть. На основании результатов проведенных исследований [6-27] вытеснительной и распределительной систем, а также моделирования работы гидроагрегата с серийным и модернизированным гидромоторами с учетом их конструктивных особенностей, были спроектированы новые элементы вытеснительной и распределительной систем гидромотора планетарного типа [28,29]. Вытеснительная система планетарного гидромотора представлена охватывающим вытеснителем со вставными роликами (рис. 1, а) и охватываемым вытеснителем – шестерней (рис. 1, б), а распределительная система представлена распределителем (рис. 2, а) и золотником (рис. 2, б) с распределительными отверстиями.

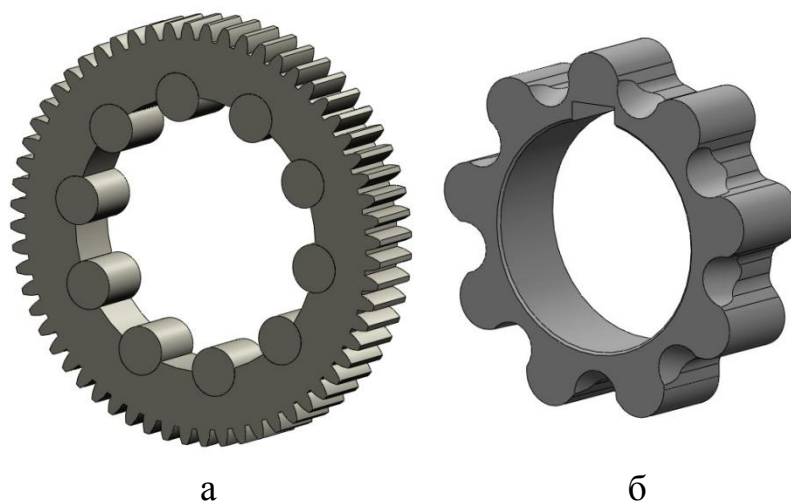


Рис. 1. Элементы вытеснительной системы:

а – охватывающий вытеснитель; б – охватываемый вытеснитель

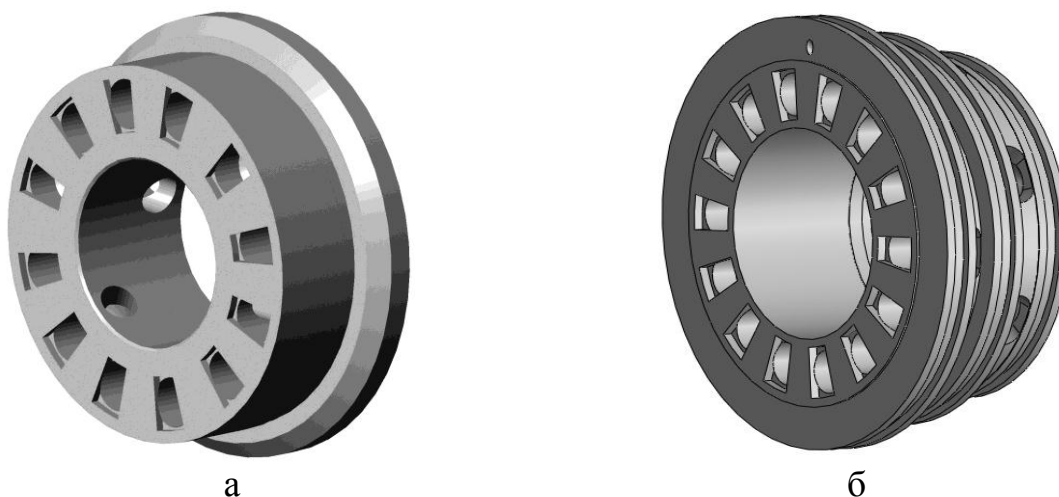


Рис. 2. Элементы распределительной системы:

а – распределитель; б – золотник

Для определения предельных значений диаметрального зазора согласно рекомендациям [31,32] составляется сборочная размерная цепь (рис. 3).

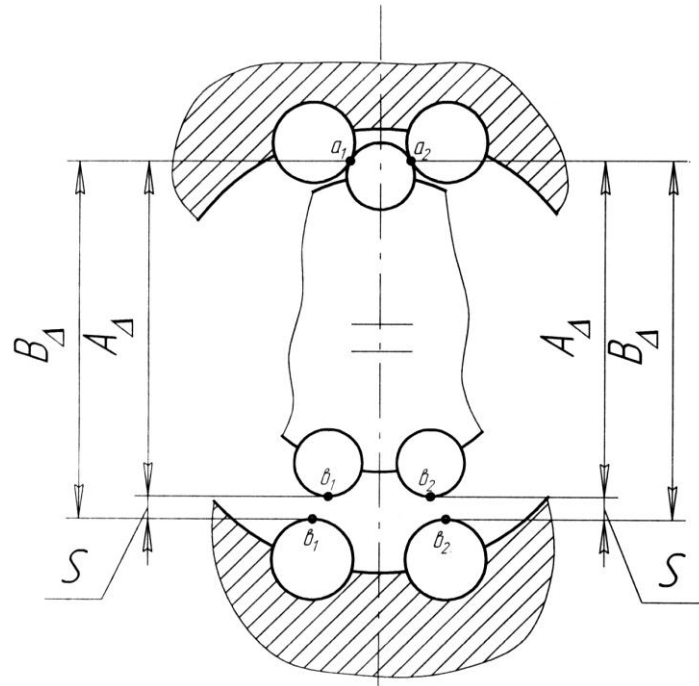


Рис. 3. Сборочная размерная цепь силового соединения (вытеснителей) планетарного гидромотора

В размерную цепь входят размеры между точками касания (a_1 , a_2 и v_1 , v_2) каждой из деталей: у шестерни A , у ротора с роликами B . Поэтому рассматриваемая размерная цепь состоит из уменьшающего A_Δ и увеличивающего B_Δ звеньев и диаметрального зазора S . Отклонения параметров A_Δ и B_Δ определяют погрешность формы вытеснителей Π_1^ϕ и Π_2^ϕ , соответственно

$$\Pi_1^\phi = A_{\max} - A_{\min}, \quad \Pi_2^\phi = B_{\max} - B_{\min}.$$

Для контроля погрешности формы зубчатого контура шестерни и ротора (определение параметров A_Δ и B_Δ) разработаны специальные приборы [32].

Методика контроля погрешности формы зубчатых вытеснителей гипоциклоидального типа с внешним зацеплением.

Прибор для измерения параметра A_Δ (рис. 4, а) между точками контакта зубьев шестерни и роликами ротора содержит (рис. 4, б) стол 1 с базовой поверхностью измерительного устройства a , выполненной в виде призмы с углом, обусловленным кинематикой зацепления и длиной не меньше ширины зуба контролируемого вытеснителя b с

радиусом зуба r . На связанной со столом стойке 2, закреплен подвижный измерительный наконечник 3 с измерительной поверхностью 6, выполненной в виде сегмента вогнутой цилиндрической поверхности с радиусом. Радиус численно равен расстоянию от мгновенного центра вращения контролируемого вытеснителя 6 до диаметрально противоположно расположенных точек касания его с сопрягаемым зубчатым колесом (вытеснителем). Подпружиненный пружиной 4, индикатор 5, установленный на стойке 2, кинематически связан с измерительным наконечником 3.

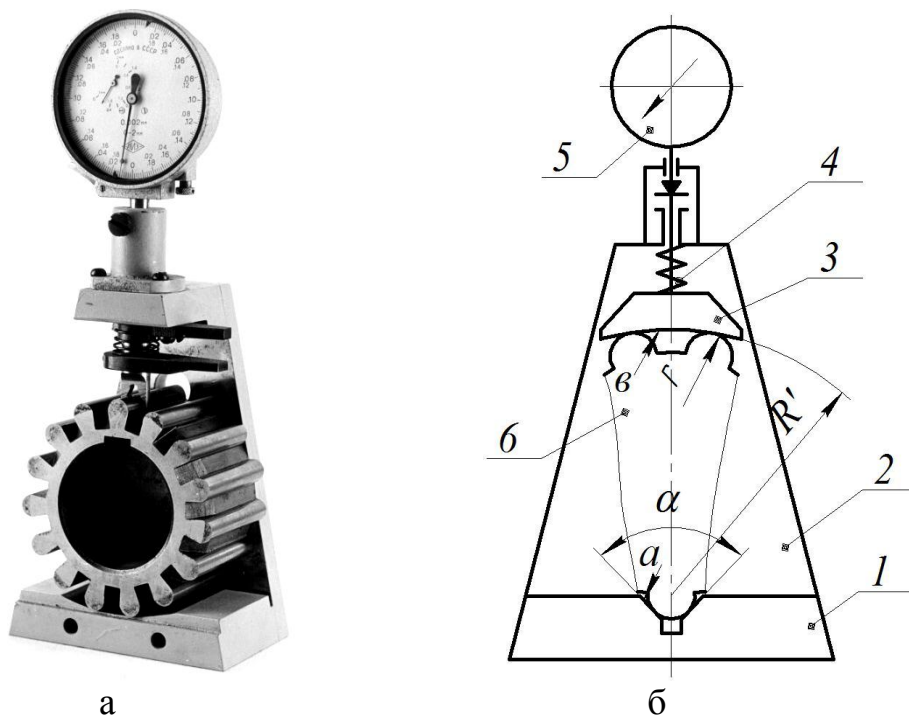


Рис. 4. Прибор для контроля погрешности формы зубчатых вытеснителей гипоциклоидального типа с внешним зацеплением:

а – общий вид; б – схема измерительного устройства;

1 – стол; 2 – стойка; 3 – измерительный наконечник; 4 – пружина;

5 – индикатор; 6 – контролируемый вытеснитель

Такое базирование обеспечивает самоустановку контролируемого вытеснителя на измерительной позиции под действием его гравитационных сил и позволяет повысить точность контроля вытеснителей гипоциклоидального типа планетарной гидромашины.

На рис. 5 обозначены центр O_1 контролируемого зубчатого вытеснителя, центр O_2 вытеснителя сопрягаемого с контролируемым, мгновенный центр вращения O_3 , точки c и d касания контролируемого и сопрягаемого вытеснителей.

диусом R' , равным расстоянию от мгновенного центра вращения колеса до диаметрально противоположно расположенных точек касания его с сопрягаемым зубчатым колесом, определяемым соотношением:

$$R' = 2R_1 \cdot \cos \frac{\beta_1}{2} + r, \quad (2)$$

где R' - радиус расточки поверхности измерительного наконечника;

R_1 - радиус делительной окружности контролируемого вытеснителя.

Измерение осуществляют следующим образом:

1. Настраивают измерительное устройство на номинальный размер контролируемого параметра зубчатого вытеснителя по образцовой детали.

2. Контролируемый вытеснитель 6 устанавливают на стол 1 прибора, так, чтобы два зуба точками касания φ_1 и φ_2 располагались на проточке, выполненной радиусом R , а подвижная призма с углом α , контактировала с противоположным зубом вытеснителя в точках a_1 и a_2 .

3. Измеряют отклонение от номинального размера.

Разработанный способ контроля погрешности формы зубчатых вытеснителей гипоциклоидального типа отличается от известных тем, что с целью повышения точности контроля охватываемого вытеснителя планетарной гидромашины, базовую поверхность измерительного устройства выполняют в виде призмы с длиной не меньше ширины контролируемого колеса, а рабочую поверхность измерительного наконечника выполняют в виде сегмента вогнутой цилиндрической поверхности с радиусом, равным расстоянию от мгновенного центра вращения зубчатого колеса до диаметрально противоположно расположенных точек касания его с сопрягаемым вытеснителем.

Методика контроля погрешности формы зубчатых вытеснителей гипоциклоидального типа с внутренним зацеплением.

Прибор для измерения параметра B_Δ у ротора в сборе с роликами (рис. 4, б), имеет аналогичный принцип измерения.

Измерительное устройство (рис. 6) содержит стойку 1 с базовой поверхностью a , подвижный измерительный наконечник 2 с измерительной поверхностью b , подпружиненный пружиной 3, индикатор 4, установленный на стойке 1 и кинематически связанный с измерительным наконечником 2. Позицией 5 обозначен контролируемый вытеснитель с внутренней зубчатой поверхностью.

Базовую поверхность a стойки 1 измерительного устройства выполняют цилиндрической, с радиусом, равным радиусу зуба вытес-

нителя сопрягаемого с контролируемым, и длиной не меньше ширины контролируемого вытеснителя 5. Поверхность δ измерительного наконечника 2 выполняют в виде сегмента выпуклой цилиндрической поверхности с радиусом R' , равным расстоянию от мгновенного центра вращения сопрягаемого вытеснителя до диаметрально противоположно расположенных точек касания его с контролируемым вытеснителем.

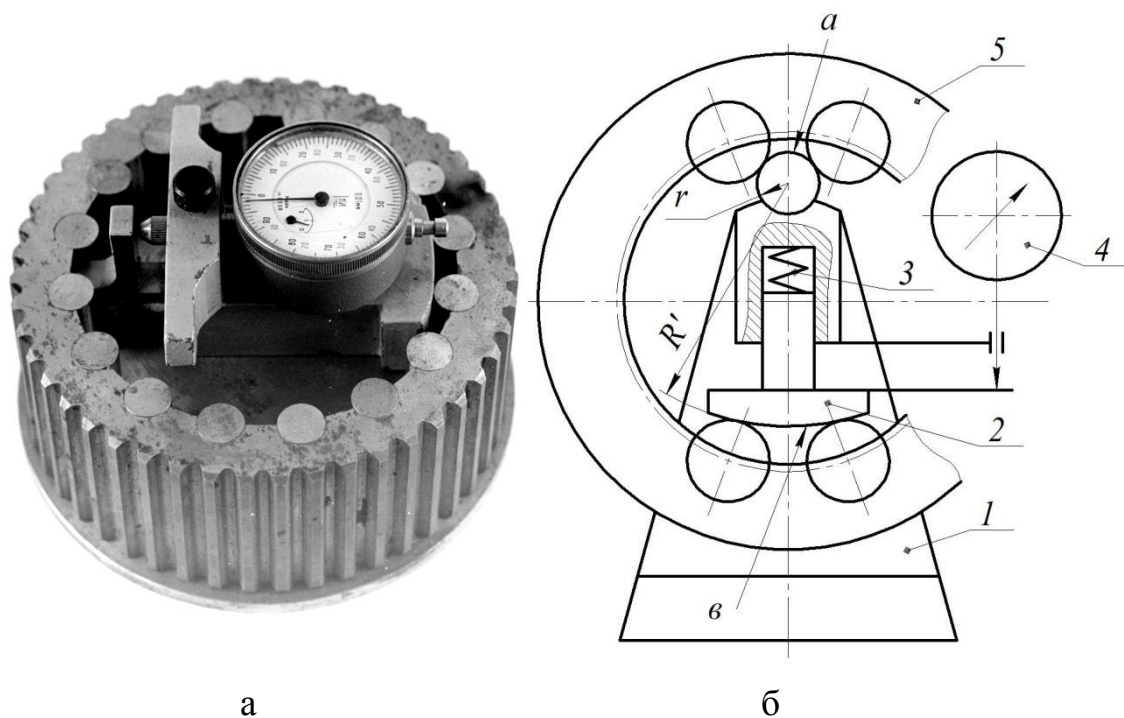


Рис. 6. Прибор для контроля погрешности формы зубчатых вытеснителей гипоциклоидального типа с внутренним зацеплением:

- а – общий вид; б – схема измерительного устройства;
1 – стойка; 2 – измерительный наконечник; 3 – пружина;
4 – индикатор; 5 – контролируемый вытеснитель

При таком радиусе R' измерительного наконечника принцип самоустановки зубчатого колеса на измерительной позиции относительно вертикальной оси симметрии при перемещении вокруг мгновенного центра вращения O_5 не нарушается, поскольку радиус R' проходит через точки касания c и d контролируемого и сопрягаемого вытеснителей.

Контроль точности изготовления осуществляют следующим образом:

1. Измерительное устройство настраивают на номинальный размер контролируемого параметра зубчатого вытеснителя по образ-

цовой детали.

2. В контролируемый ротор 6 (с роликами) прибор устанавливают таким образом, чтобы своей хвостовой частью корпуса 1 (выполненной радиусом R) он опирался на два ролика в точках θ_1 и θ_2 , а измерительным наконечником – на два ролика в точках a_1 и a_2 .

3. Измеряют отклонение от номинального размера.

Цилиндрическая базовая поверхность с радиусом, равным радиусу зуба вытеснителя, сопрягаемого с контролируемым, и длиной не меньше ширины контролируемого зубчатого колеса, а также радиусная поверхность измерительного наконечника с радиусом R' обеспечивают самоустановку контролируемого вытеснителя на измерительной позиции и позволяют повысить точность контроля погрешности формы вытеснителей гипоциклоидального типа планетарной гидромашины.

Разработанный способ контроля погрешности формы вытеснителей с внутренним зацеплением отличается от известных тем, что с целью повышения точности контроля вытеснителя гипоциклоидального типа, базовую поверхность измерительного устройства выполняют в виде цилиндра с радиусом, равным радиусу зуба вытеснителя, сопрягаемого с контролируемым, и длиной не меньше ширины контролируемого вытеснителя, а рабочую поверхность измерительного наконечника выполняют в виде сегмента выпуклой цилиндрической поверхности с радиусом, равным расстоянию от мгновенного центра вращения контролируемого вытеснителя до расположенных диаметрально противоположно точек касания его с сопрягаемым вытеснителем.

Методика контроля погрешности формы вытеснителей гипоциклоидального типа.

Недостатком разработанных способов и средств контроля точности изготовления вытеснителей планетарных гидромашин [32] является то, что для проведения измерения отклонений параметров зубьев по всему периметру контролируемый вытеснитель необходимо устанавливать на измерительную позицию такое количество раз, сколько в нем зубьев. Время, затрачиваемое на установку приборов для контроля точности изготовления в измерительную позицию составляет 80% общего времени контроля. Необходимо отметить, что рассмотренные схемы и устройства для контроля точности изготовления вытеснителей достаточно хорошо реализуются при контроле вытеснителей в момент изготовления (на станке), но, к сожалению, не могут быть использованы при автоматизированном контроле вытеснителей.

В этой связи нами разработаны способы и средства для кон-

троля точности изготовления вытеснителей планетарных гидромашин [32], позволяющий максимально приблизить условия контроля к условиям реального зацепления вытеснителей при работе гидромотора. Измерительное устройство (рис. 7) для реализации предложенного способа включает в себя стойку 1, на которой на жесткой (неподвижной) оси установлено, с возможностью вращения вокруг своей оси базовое зубчатое колесо 2, кинематически связанное с контролируемым зубчатым колесом 6, подвижный измерительный наконечник 3 с измерительной поверхностью σ , подпружиненный пружиной 5, индикатор 6, установленный на стойке 1 и кинематически связанный с измерительным наконечником 3.

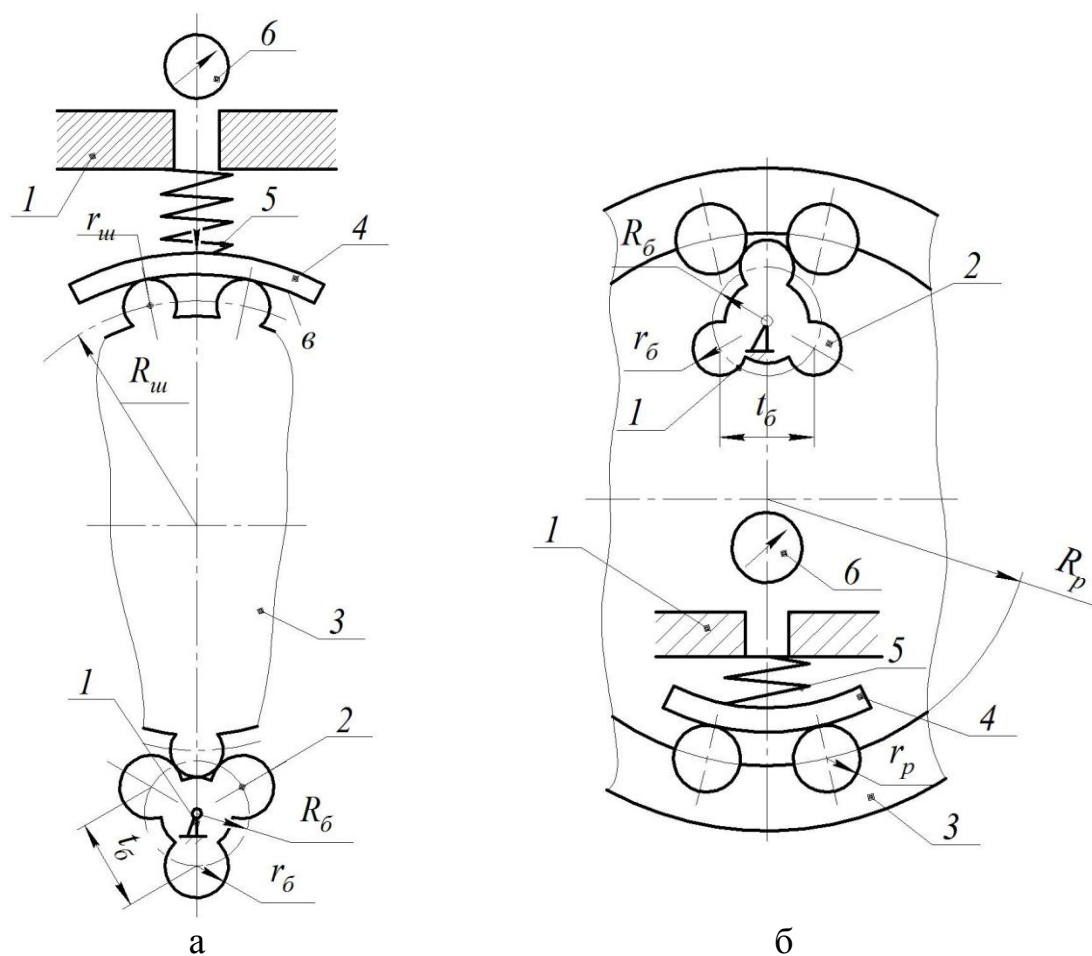


Рис. 7. Схемы измерительных устройств для контроля погрешности формы вытеснителей гипоциклоидального типа:
а – с внешними зубьями; б – с внутренними зубьями
1 – стойка; 2 – базовое зубчатое колесо; 3 – контролируемый вытеснитель; 4 – измерительный наконечник; 5 – пружина;
6 – индикатор

Так как условия контроля максимально приближены к условиям

реального зацепления, то шаг между зубьями базового колеса 2 должен быть равен шагу между зубьями сопрягаемого вытеснителя. Следовательно, радиус делительной окружности базового колеса 2 равен

$$R_{\delta} = \frac{R_c \cdot \sin \frac{\pi}{z_c}}{\sin \frac{\pi}{z_{\delta}}}, \quad (3)$$

где R_{δ} – радиус делительной окружности базового зубчатого колеса;
 R_c – радиус делительной окружности сопрягаемого зубчатого колеса;
 z_{δ} – число зубьев базового зубчатого колеса;
 z_c – число зубьев сопрягаемого зубчатого колеса.

При этом необходимо учитывать, что при контроле шестерни для определения параметров базового колеса используют геометрические параметры ротора (как сопрягаемого), т.е.

$$R_c = R_p, \quad r_c = r_p, \quad z_c = z_p,$$

где R_p – радиус делительной окружности ротора;
 r_p – радиус закругления зуба ротора (ролика);
 z_p – число зубьев ротора.

Аналогично производится расчет параметров базового колеса для ротора

$$R_c = R_{ш}, \quad r_c = r_{ш}, \quad z_c = z_{ш},$$

где $R_{ш}$ – радиус делительной окружности шестерни;
 $r_{ш}$ – радиус закругления зуба шестерни;
 $z_{ш}$ – число зубьев шестерни.

Таким образом, разработанные измерительные устройства для контроля погрешности формы вытеснителей гипоциклоидального типа имеют следующие отличительные признаки:

- в качестве базовой поверхности измерительного устройства для осуществления предложенного способа используют базовое зубчатое колесо по меньшей мере с тремя зубьями;
- радиус закругления зубьев базового колеса выбирают равным радиусу зуба сопрягаемого вытеснителя;
- радиус делительной окружности базового зубчатого колеса определяют по формуле (3);
- контролируемый вытеснитель кинематически связан с базовым колесом и вращается в процессе измерения;

– базовое зубчатое колесо 2 снабжают механизмом вращения вокруг своей оси.

Предложенный способ реализуется следующим образом:

1. Настраивают измерительное устройство на номинальный размер контролируемого параметра вытеснителя по образцовой детали.

2. Базируют и кинематически связывают контролируемый вытеснитель 3 на базовом зубчатом колесе 2.

3. С диаметрально противоположной стороны к контролируемому вытеснителю 3 подводят подпружиненный измерительный наконечник 4, выполненный в виде сегмента выпуклой (вогнутой) цилиндрической поверхности с радиусом, равным расстоянию от мгновенного центра вращения зубчатого колеса до диаметрально противоположно расположенных точек касания его с сопрягаемым вытеснителем и связанный с индикатором 6.

4. Сообщают вращение базовому зубчатому колесу 2, а, следовательно, и контролируемому вытеснителю 3 и измеряют отклонение от номинального размера по всему зубчатому контуру.

Таким образом, сообщая вращение базовому зубчатому колесу 2 можно измерить все контролируемое зубчатое колесо 3 за одну установку.

В связи с тем, что измерительный наконечник 4 выполнен с радиусом, равным расстоянию от мгновенного центра вращения зубчатого колеса до диаметрально противоположно расположенных точек касания его с сопрягаемым зубчатым колесом, нет необходимости придавать какое-либо фиксированное положение контролируемому колесу.

Следовательно, уменьшается время на установку контролируемого зубчатого колеса на измерительной позиции, кроме того, предлагаемый способ может быть использован для охватываемых и охватывающих колес, а значит, условия измерения максимально приближены к условиям эксплуатации вытеснителей при работе планетарного гидромотора.

Разработанный способ контроля погрешности формы вытеснителей гипоциклоидального типа заключается в том [32], что с целью повышения производительности и точности контроля гипоциклоидальных вытеснителей планетарных гидромашин, в качестве базовой поверхности используют базовое зубчатое колесо с числом зубьев не менее трех. Оно установлено на оси с возможностью вращения в процессе измерения и кинематически связано с контролируемым вытеснителем. Радиус закругления зубьев базового колеса выбирают равным радиусу зуба сопрягаемого вытеснителя, а радиус делительной окружности базового зубчатого колеса определяют, исходя из реаль-

ных условий зацепления вытеснителей.

Методика измерения геометрических параметров деталей силового соединения гидромашин планетарного типа.

Методика измерения геометрических параметров охватываемого вытеснителя (шестерни).

Для изучения влияния геометрических параметров шестерни на работоспособность планетарной гидромашины важными контролируемыми параметрами являются [32] диаметральные размеры, представленные на рис. 8.

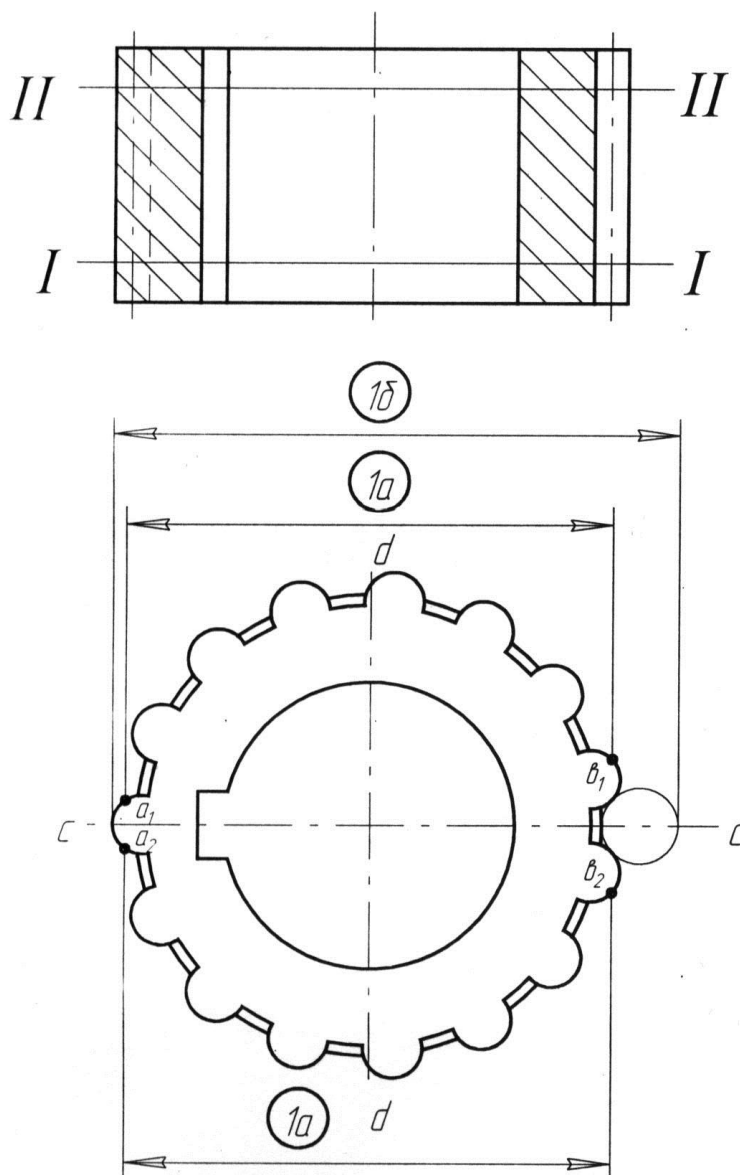


Рис. 8. Контролируемые параметры охватываемого вытеснителя (шестерни)

Измерения, как показано на схеме, производятся в двух сечениях I-I и II-II, отстоящих от торцов шестерни на расстоянии 5...10 мм.

Параметры $1a$ (рис. 8) и $1б$ (рис. 9) измеряют и оценивают для каждого из зубьев шестерни.

При этом используется оснастка и следующие средства измерения: прибор для контроля шестерни; микрометр 25-50 и 75-100 ГОСТ 6507-78; образцовые ролики; расточной станок мод. 2450 с делительным столиком; прибор для проверки изделий на биение типа ПБМ-200; штатив с магнитным основанием типа ШМ-2 ГОСТ 10179-70; измерительная головка типа ИЧ-Л ГОСТ 15593-70; оправка для крепления шестерни.

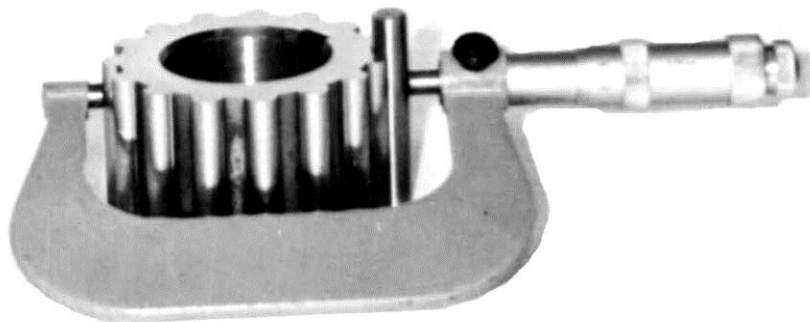


Рис. 9. Измерение погрешности формы зубчатого контура шестерни (параметр $1б$)

Базовыми элементами для установки детали и отсчета отклонений параметров $1a$ шестерни являются линии контакта, проходящие через точки $в_1$ и $в_2$ (рис. 8). Начало нумерации зубьев выбирается от шпоночного паза в направлении по часовой стрелке.

Контролируемая шестерня устанавливается на стол прибора (рис. 7, а) так, чтобы первый зуб располагался под измерительным наконечником (призмой). Измерительный наконечник опускается до контакта с зубом в точках $а_1$ и $а_2$, в сечении $I-I$ (рис. 8). Последующие зубья контролируются в сечении $I-I$ аналогично (параметр $1a$).

Параметры $1a$ и $1б$ в сечении $II-II$ измеряют при повороте шестерни на 180° , учитывая, что нумерация зубьев будет располагаться против часовой стрелки.

Методика измерения геометрических параметров охватывающего вытеснителя (ротора).

Для изучения влияния геометрических параметров ротора на работоспособность планетарной гидромашины важными контролируемыми параметрами являются параметры [32], представленные на рис.10.

Параметры $1a$, $1б$ и $1в$ измеряются в сечении $I-I$ и $II-II$ и оцени-

ваются для каждой из впадин.

Для проведения измерений используются следующие оснастка и средства измерения: прибор для измерения ротора; концевые меры ГОСТ 13581-68; образцовые ролики; координатно-расточной станок модели 2450 ГОСТ 6507-78; прибор для измерения отклонения от плоскостности.

Базовыми элементами для измерения параметров $I_{\text{в}}$ нового и изношенного ротора являются линии контакта на образцовых роликах, проходящие через точки в_1 и в_2 (рис. 10). Начало нумерации впадин выбирается от метки в направлении по часовой стрелке.

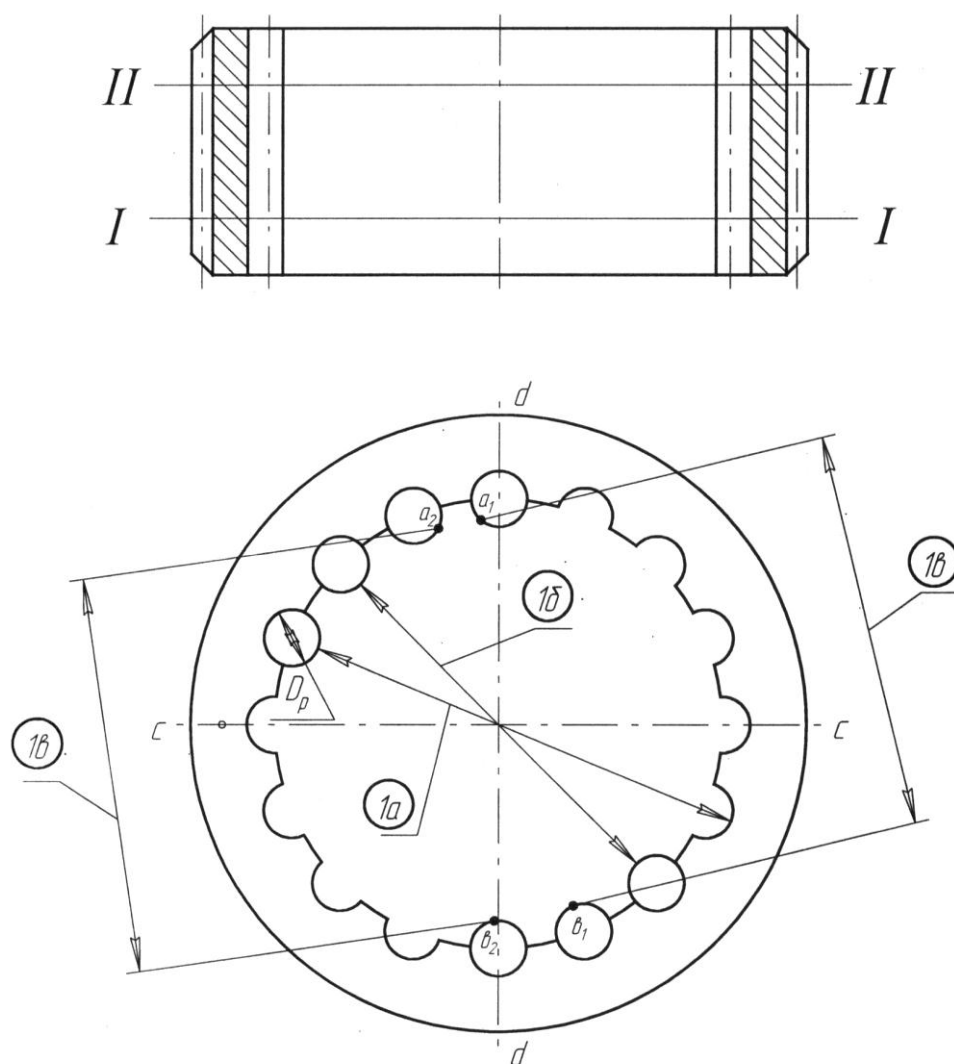


Рис. 10. Контролируемые параметры охватывающего вытеснителя (ротора)

Контролируемый ротор устанавливают на измерительный столик прибора (рис. 7, б). На верхнюю часть столика устанавливают

прибор измерительным наконечником напротив первой и второй впадины до контакта наконечника с роликами в точках a_1 и a_2 в сечении $I-I$ (рис. 10).

Параметр l_b в сечениях $I-I$ и $II-II$ измеряют при повороте детали на 180° против часовой стрелки.

При контроле параметра l_b используют набор концевых мер.

Контролируемым параметром роликов, для проведения исследований, является их диаметр, который измеряется в сечении $I-I$, $II-II$, $a-a$ и $b-b$ (рис. 11).

Для выполнения измерений используются следующие оснастка и средства измерений: скоба типа СР ГОСТ 11098-75; микрометр 25-50 ГОСТ 6507-78.

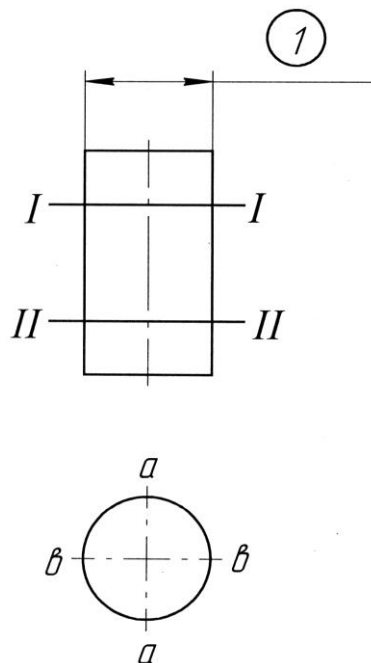


Рис. 11. Контролируемые параметры ролика

Параметр 1 измеряют скобой в двух поперечных сечениях $I-I$, $II-II$ и двух продольных: $a-a$ и $b-b$ – по общепринятой схеме.

Методика контроля торцевых поверхностей распределительных и уплотнительных устройств планетарных гидромашин.

Для нормального функционирования гидравлической машины необходимо обеспечить беззазорное прилегание торцевых поверхностей распределительных и уплотнительных устройств. Необходимо отметить, что рассматриваемые поверхности часто снабжены множеством отверстий, что затрудняет измерение контактными методами.

В этой связи нами разработано измерительное устройство (рис.12), которое содержит [32] волоконно-оптический узел, выпол-

нений в виде волоконно-оптической планшайбы 1 и волоконно-оптического блока 2, фотоприемника 3, расположенных на торце волоконно-оптического блока 2, блок 4 обработки электрического сигнала, источник света 5, жестко соединенный с волоконно-оптическим блоком 2, и оптическую фокусирующую систему 6. Оптические волокна в планшайбе 1 и блоке 2 уложены между собой параллельно.

Устройство работает следующим образом. На торцевую поверхность контролируемой детали 7 (распределителя или золотника) накладывают эталонную волоконно-оптическую планшайбу 1, на которую подвижно устанавливают волоконно-оптический блок 2, на торце которого расположены фотоприемники 3. Лучи от источника 5 света направляют через оптическую фокусирующую систему 6 на линию контакта подвижного волоконно-оптического блока 2 с волоконно-оптической планшайбой 1 так, чтобы вся линия контакта была освещена под углом α .

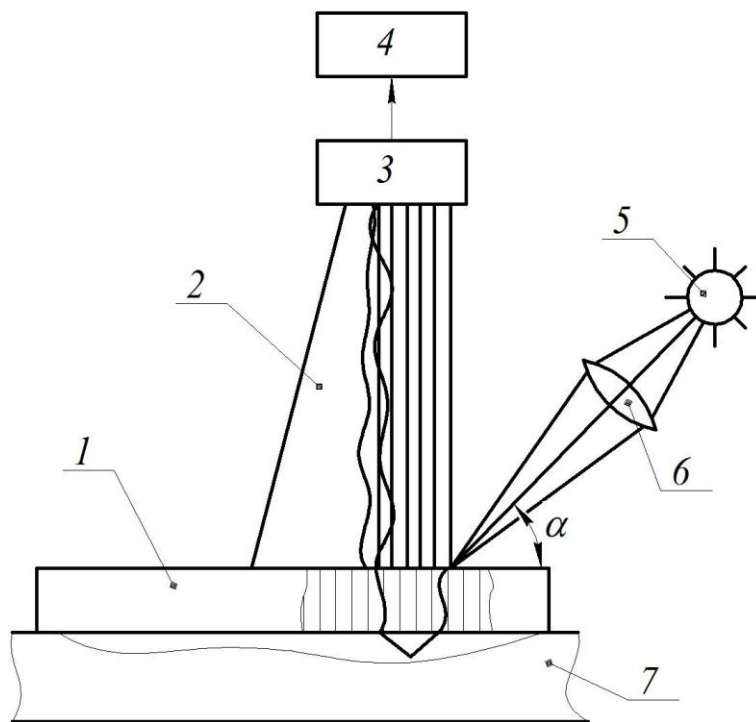


Рис. 12. Схема устройства для контроля плоскостности поверхности деталей распределительной системы:

- 1 – оптическая планшайба; 2 – волоконно-оптический блок;
- 3 – фотоприемники; 4 – блок обработки электрического сигнала;
- 5 – источник света; 6 – оптическая фокусирующая система;
- 7 – контролируемые детали (распределитель или золотник)

Лучи света через оптические волокна волоконно-оптической планшайбы 1 (в месте контакта планшайбы 1 и блока 2) попадают на измеряемую поверхность детали 7. Отражаясь от измеряемой поверхности детали 7, лучи света через оптические волокна эталонной волоконно-оптической планшайбы 1 и волоконно-оптического блока 2, установленного на планшайбе 1, попадают на фотоприемники 3. Фотоприемники 3 передают полученную информацию на блок 4 обработки электрического сигнала.

Количество "засвеченных" оптических волокон и интенсивность света, проходящего через них, характеризуют отклонение от плоскостности измеряемой поверхности детали 7. Отсутствие "засвеченных" оптических волокон на торце волоконно-оптического блока 2 свидетельствует о прилегании измеряемого участка детали 7 и волоконно-оптической планшайбы 1.

Перемещая волоконно-оптический блок 2 с жестко соединенным с ним источником 5 света по волоконно-оптической планшайбе 1, получают информацию о неплоскостности поверхности детали 7.

Разработанное устройство для контроля плоскостности торцевых поверхностей распределительных и уплотнительных элементов отличается тем, что волоконно-оптический узел выполнен в виде волоконно-оптической планшайбы, предназначенной для прилегания к контролируемой поверхности, и волоконно-оптического блока, установленного с возможностью перемещения по поверхности планшайбы, а источник света установлен под острым углом к линии контакта планшайбы с волоконно-оптическим блоком и жестко соединен с последним. При этом оптические волокна в планшайбе и блоке уложены параллельно между собой.

Методика микрообмера деталей распределительной системы планетарной гидромашины.

Методика определения точности изготовления распределителя.

Для определения точности изготовления контактирующей поверхности распределителя контролируемыми параметрами являются [32]: угол раствора окна ε_i , углы расположения окон распределителя α_i , вспомогательные углы β_i , необходимые для определения углов расположения и γ_i (рис. 13). Все указанные параметры измеряют и оценивают для каждого из 12 окон распределителя.

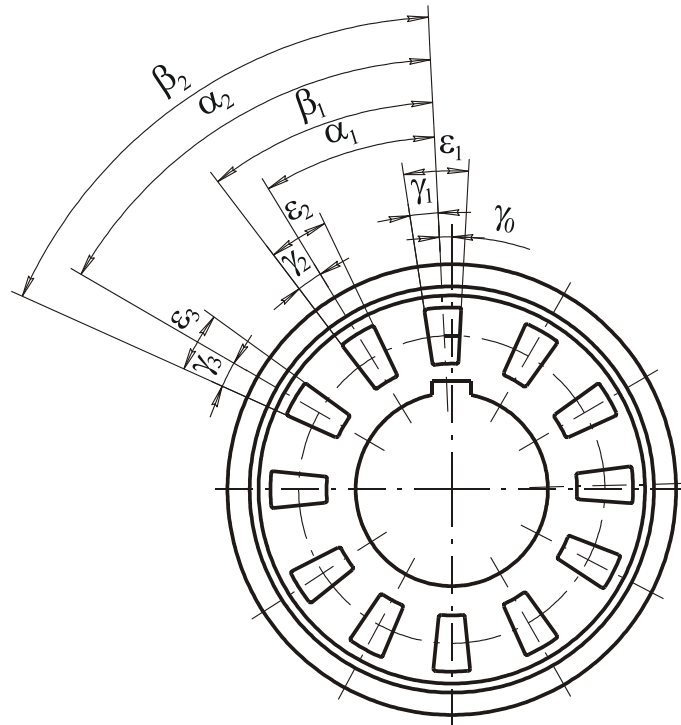


Рис. 13. Контролируемые параметры распределителя

Используемая оснастка и средства измерения (рис. 14): оптическая делительная головка ОДГ-130 ГОСТ 9016-71 со столом и задней бабкой с центром; штатив с магнитным основанием типа ИЧ-1 ГОСТ 15593-70; штангенрейсмасс ГОСТ 164-64 с ценой деления шкалы нониуса 0,05 мм; звуковой генератор типа 315-1,6/22 ГОСТ 51478-72; оправка для крепления шестерни и специальная оснастка для установки, выверки и перемещения контролирующего наконечника (иглы).

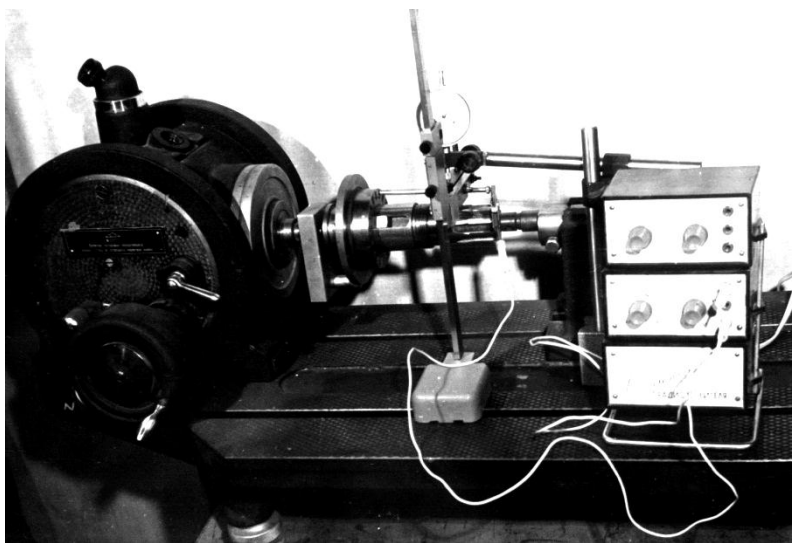


Рис. 14. Оснастка и средства измерения контролируемых параметров распределителя

Базовыми элементами для установки распределителя и отсчета отклонений параметров является шпоночный паз (при этом начало нумерации окон – в направлении против часовой стрелки).

Оправку с контролируемым распределителем устанавливают в центрах делительной головки (распределительными пазами в сторону задней бабки) и хомутиком соединяют ее с поводковым патроном делительной головки; при этом не требуется точной выверки углового расположения поводка относительно нулевого деления шкалы делительной головки. На плиту стола делительной головки устанавливают штангенрейсмасс, а на место разметочной ножки – специальную призму с держателем измерительной иглы. Затем на плиту стола в зоне задней бабки устанавливают звуковой генератор, вход его подключают соответственно плите стола и к изолированному держателю иглы, после чего проверяют наличие звукового сигнала (при оптимальной рабочей частоте 1000 Гц).

Перед непосредственными измерениями измерительную иглу подводят к шпоночному пазу распределителя и определяют расположение его оси по шкале делительной головки с расчетной погрешностью не превышающей $30''$. Затем устанавливают держатель измерительной иглы на уровне середины высоты окна распределителя и производят измерения параметров ε_i и β_i . По показаниям шкалы делительной головки определяют расчетным путем угловое расположение α_i из выражения $\alpha_i = \beta_i - (\gamma_i + \gamma_{i+1})$, где вспомогательный угол γ_i

определяется расчетным путем из выражения $\gamma_i = \frac{\varepsilon_i}{2}$ плоскости симметрии каждого окна. При повороте распределителя на 360° (12 окон) угловое расположение оси симметрии первого окна может отличаться от ранее измеренного не более, чем на $5'$. Распределив указанную погрешность по осям всех окон, ее можно компенсировать соответствующей поправкой на каждое окно.

Методика определения точности изготовления золотника.

Для определения точности изготовления золотника контролируемые параметрами, как и для распределителя, являются: ε_i , γ_i , α_i , β_i , которые измеряют и оценивают для каждого из 14 окон аналогично измерениям распределителя.

Выводы. Разработанные методики контроля погрешности формы, измерения геометрических параметров деталей вытеснительной системы (шестерни и ротора) и контроля плоскостности торцевых поверхностей, определения точности изготовления деталей распределительной системы (распределителя и золотника), а также приборы для контроля погрешности формы шестерни и ротора и определения точ-

ности изготовления контактирующих поверхностей распределителя и золотника позволяют повысить качество изготовления деталей вытеснительной и распределительной систем планетарных гидромашин и подтвердить теоретические предпосылки повышения эффективности их работы.

Литература:

1. *Панченко А.И.* Основные направления гидрофикации мобильной техники / *А.И. Панченко, А.А. Волошина, Ю.П. Обернихин* // *Праці ТДАТУ*. – Мелітополь, 2013. – Вип. 13. – т.6. – с. 3-19.
2. *Панченко А.И.* Тенденции гидрофикации сельскохозяйственной техники / *А.И. Панченко, В.Н. Кюрчев, А.А. Волошина, С.В. Кюрчев* // *Праці ТДАТА*. – Мелітополь, 2005. – Вип. 29. – С. 25-37.
3. *Панченко А.И.* Гідромашини для приводу активних робочих органів та ходових систем мобільної сільськогосподарської техніки / *А.И. Панченко* // *Техніка АПК*. – 2006. – №3. – С. 11-13.
4. *Волошина А.А.* Конструктивные особенности гидромашин планетарного типа, применяемых в гидроагрегатах мобильной техники / *А.А. Волошина* // *Науковий вісник ТДАТУ [Електронний ресурс]*. – Мелітополь: ТДАТУ, 2013. – Вип. 3. – Т. 1. – С. 65-86.
5. *Панченко А.И.* Разработка планетарных гидромоторов для силовых гидроприводов мобильной техники / *А.И. Панченко, А.А. Волошина, И.А. Панченко* // *MOTROL. – Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*. – 2015. – Vol. 17. – No 9. – P. 29-36.
6. *Панченко А.И.* Планетарно-роторные гидромоторы. Расчет и проектирование: монография / *А.И. Панченко, А.А. Волошина*. – Мелітополь: Издательско-полиграфический центр «Люкс», 2016. – 236 с.
7. *Панченко А.И.* Математическая модель гидропривода вращательного действия / *А.И. Панченко, А.А. Волошина* // *Науковий вісник ТДАТУ*. – Мелітополь, 2011. – Вип.1. – Т.1. – С. 10-21.
8. *Панченко А.И.* Математическая модель гидроагрегата с планетарным гидромотором / *А.И. Панченко* // *Промислова гідравліка і пневматика*. – 2005. – №4 (10). – С. 102-112.
9. *Панченко А.И.* Математическая модель насосного элемента гидроагрегата / *А.И. Панченко, С.В. Кюрчев, И.И. Милаева* // *Праці ТДАТА*. – Мелітополь, 2006. – Вип. 35. – С. 64-69.
10. *Панченко А.И.* Математическая модель предохранительного клапана прямого действия / *А.И. Панченко, В.Н. Кюрчев, П.В. Обернихин* // *Праці ТДАТА*. – Мелітополь, 2006. – Вип. 38. – С. 122-127.
11. *Панченко А.И.* Математическая модель планетарного гидромотора / *А.И. Панченко* // *Промислова гідравліка і пневматика*. – 2007. – №3 (17). – С. 23-35.
12. *Панченко А.И.* Математическая модель гидромотора привода

активных рабочих органов мобильной техники / *А.И. Панченко, А.А. Волошина, С.Д. Гуйва* // Праці ТДАТА. – Мелітополь, 2006. – Вип. 36. – С. 165-169.

13. *Панченко А.И.* Способы распределения рабочей жидкости в планетарных гидромашинах / *А.И. Панченко, А.А. Волошина, И.А. Панченко* // Вісник НТУ «ХП». Серія: Гідравлічні машини та гідроагрегати. – Х.: НТУ «ХП», 2016. – № 20 (1192) – С. 46-52.

14. *Панченко А.И.* Математическая модель торцевой распределительной системы с цилиндрическими окнами / *А.И. Панченко, А.А. Волошина, Д.С. Титов, А.И. Засядько* // Праці ТДАТУ. – Мелітополь. – 2011. – Вип. 11. – Т. 1. – С. 11-22.

15. *Панченко А.И.* Исследование влияния геометрических параметров распределительных систем на функциональные параметры планетарных гидромоторов / *А.И. Панченко, А.А. Волошина, И.И. Милаева, Д.С. Титов* // Праці ТДАТА. – Мелітополь, 2006. – Вип. 38. – С. 45-55.

16. *Панченко А.И.* Исследование влияния изменения конструктивных параметров распределительных систем на выходные характеристики планетарного гидромотора / *А.И. Панченко, А.А. Волошина, И.И. Милаева* // Праці ТДАТА. – Мелітополь, 2006. – Вип. 37. – С. 72-82.

17. *Волошина А.А.* Влияние конструктивных особенностей распределительных систем на выходные характеристики планетарных гидромашин / *А.А. Волошина* // Праці ТДАТУ. – Мелітополь, 2012. – Вип. 12. – Т. 5. – С. 3-9.

18. *Волошина А.А.* Исследование влияния формы окон торцевой распределительной системы на выходные характеристики планетарных гидромашин / *А.А. Волошина, В.М. Верещага, В.В. Тарасенко, Г.В. Бедлецкий* // Науковий вісник ТДАТУ [Електронний ресурс]. – Мелітополь: ТДАТУ, 2011. – Вип. 1. – Т. 3. – С. 177-185.

19. *Волошина А.А.* Оптимізація параметрів торцевої розподільної системи з додатковими розвантажувальними вікнами / *А.А. Волошина* // Праці ТДАТА. – Мелітополь, 2000. – Вип. 2. – Т. 17. – С. 88-94.

20. *Панченко А.И.* Обоснование высоконадежной конструкции силового соединения планетарного гидромотора / *А.И. Панченко, С.В. Кюрчев, П.В. Обернихин, Д.С. Титов* // Праці ТДАТА. – Мелітополь. – 2006. – Вип. 37. – С. 83-97.

21. *Панченко А.И.* Обоснование геометрических параметров вытеснителей, образованных циклоидальными кривыми / *А.И. Панченко, А.А. Волошина, С.В. Кюрчев, А.И. Засядько* // Праці ТДАТУ. – Мелітополь, 2009. – Вип. 9. – Т.5. – С. 61-67.

22. *Панченко А.И.* Методика определения геометрических пара-

метров вытеснителей гидромашин планетарного типа / *А.И. Панченко, В.Н. Кюрчев, А.А. Волошина, Д.С. Титов* // Праці ТДАТУ. – Мелітополь, 2010. – Вип. 10. – Т. 9. – С. 66-74.

23. *Панченко А.І.* Обґрунтування умов роботи гідромашин з циклоїдальною формою витискувачів / *А.І. Панченко, А.А. Волошина, В.В. Тарасенко, Г.В. Бедлецький* // Праці ТДАТУ. – Мелітополь, 2012. – Вип. 12. – Т. 3. – С. 53-63.

24. *Панченко А.І.* Методика визначення відцентрових сил, діючих на витискувачі планетарних гідромашин / *А.І. Панченко, А.А. Волошина, Н.П. Кольцов, О.М. Леженкін* // Праці ТДАТУ. – Мелітополь, 2012. – Вип. 12. – Т. 3. – С. 75-83.

25. *Панченко А.И.* Динамика планетарного гидромотора в составе гидроагрегата / *А.И. Панченко, А.А. Волошина* // Промислова гідраліка і пневматика. – 2010. – №3 (29). – С. 70-83.

26. *Панченко А.И.* Параметрические исследования вытеснительного блока планетарного гидромотора / *А.И. Панченко, А.А. Волошина, С.В. Кюрчев, П.В. Обернихин* // Праці ТДАТА. – Мелітополь, 2007. – Вип. 7. – Т. 4. – С. 72-84.

27. *Панченко А.И.* Параметрические исследования распределительного блока планетарного гидромотора / *А.И. Панченко, А.А. Волошина, Г.И. Иванов, И.И. Милаева* // Праці ТДАТА. – Мелітополь, 2007. – Вип. 7. – Т. 4. – С. 24-42.

28. *Панченко А.И.* Разработка стенда для испытаний семейства унифицированных рядов планетарных гидромоторов / *А.И. Панченко, А.А. Волошина, С.Д. Гуйва* // Праці ТДАТА. – Мелітополь, 2007. – Вип. 7. – Т. 2. – С. 33-44.

29. *Панченко А.И.* Сравнительные стендовые исследования работоспособности серийного и модернизированного гидромоторов / *А.И. Панченко, С.В. Кюрчев, П.В. Обернихин, Д.С. Титов* // Праці ТДАТА. – Мелітополь, 2006. – Вип. 36. – С. 81-94.

30. *Панченко А.И.* Оценка адекватности разработанной математической модели гидроагрегата с планетарным гидромотором / *А.И. Панченко, В.Т. Надыкто, А.Д. Бескупский* // Праці ТДАТА. – Мелітополь, 2007. – Вип. 7. – Т. 2. – С. 61-66.

31. *Панченко А.И.* Методика измерения геометрических параметров деталей планетарного гидромотора / *А.И. Панченко, А.А. Волошина, С.В. Кюрчев* // Праці ТДАТА. – Мелітополь, 2006. – Вип. 37. – С. 20-29.

32. *Панченко А.И.* Изготовление и контроль точности деталей и узлов планетарных гидромоторов / *А.И. Панченко, А.А. Волошина, А.Д. Бескупский, Д.С. Титов* // Праці ТДАТА. – Мелітополь, 2007. – Вип. 7. – Т. 4. – С. 43-56.

МЕТОДИКА КОНТРОЛЮ ТОЧНОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ВИТИСКУВАЛЬНИХ ТА РОЗПОДІЛЬНИХ СИСТЕМ ПЛАНЕТАРНИХ ГІДРОМАШИН

Панченко А.І., Волошина А.А., Гуйва С.Д., Леус Г.В.

Анотація – запропоновано методики контролю погрішності форми, вимірювання геометричних параметрів деталей витискувальної системи (шестерні і ротора) та контролю плоскостності торцевих поверхонь, визначення точності виготовлення деталей розподільної системи (розподільника і золотника), а також прилади для контролю погрішності форми шестерні і ротора і визначення точності виготовлення контактуючих поверхонь розподільника і золотника.

METHODOLOGY OF ACCURACY EXAMINING FOR MANUFACTURING OF DISPLACING AND DISTRIBUTION SYSTEMS ELEMENTS IN PLANETARY HYDRAULIC MACHINES

A.Panchenko., A.Voloshina, S.Gooiva, G.Leus

Summary

The article presents the methodology of shape precision examining, parts geometrics measuring for a displacing system (a gear and a rotor), examining of end faces plane and accuracy detection for manufacturing of distribution system parts (a distributor and a slide valve). The paper also includes information about the devices for examining of the gear and the rotor shapes precision, and accuracy detection for manufacturing of the distributor and the slide valve contact surfaces.

УДК 628.33

МЕТОДИКА ПРОГНОЗУВАННЯ НАДІЙНОСТІ ГІДРАВЛІЧНИХ МЕРЕЖ

Андренко П.М., д.т.н.,

Цента Є.М., к.т.н.,

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Свинаренко М.С., к.т.н.

Харківський національний університет будівництва та архітектури

Тел. (057) 707-61-28

Анотація – в статті наведена розроблена методика прогнозування надійності гідравлічних мереж. Обґрунтовано вибір сукупності діагностичних параметрів для контролю технічного стану їх окремих структурних елементів. Дані рекомендації щодо розбиття мережі трубопроводів на окремі ділянки.

Ключові слова – гідравлічна мережа, структурний елемент, насос, діагностичний параметр, надійність, метод Байєса, зношення.

Постановка проблеми. Проблема прогнозування зміни технічного стану гідравлічних мереж, і на цій основі забезпечення високого рівня їх надійності під час експлуатації, удосконалення методів технічного обслуговування та ремонту, впровадження прогресивних методів експлуатації за технічним станом є актуальною. Проектування гідравлічних мереж за блочно-модульним принципом дозволяє проводити їх декомпозицію, отримати ієрархічну структуру, провести структурний синтез та спростити схемну реалізацію, використовувати при їх побудові типові структурні елементи. Причому робочі процеси в останніх можуть бути описані математичними моделями різних типів.

Аналіз останніх досліджень. Питання технічного діагностування розглядаються у достатньо великій кількості наукових робіт. У роботі [1] наведені теоретичні основи технічного діагностування. В ній розглядаються статистичні методи розпізнавання, метричні і логічні методи діагностування. Значна увага приділена теорії інформації. Однак в ній не приділено достатньої уваги діагностуванню гідравлічних пристроїв і систем. Зазначені питання розглядаються в робо-

тах [2, 3], однак в них не наведена методика діагностування гідравлічних мереж, не обґрунтовано вибір сукупності діагностичних параметрів для контролю технічного стану окремих структурних елементів та гідравлічної мережі у цілому. Слід зазначити, що роботи [1–3] є теоретичним підґрунтям для розроблення узагальненої методики прогнозування надійності гідравлічних мереж.

Стаття [4] присвячена розгляду надійності трубопроводів гідравлічних мереж. В ній описано причини їх відмов, визначено значення питомого параметра потоку відмов для металевих труб. У статті [5] наведено метод та розглянуто приклади розрахунку надійності охолоджуючих систем оборотного водопостачання металургійного виробництва. Однак у зазначених статтях питання прогнозування технічного стану гідравлічних мереж не розглядаються.

Слід зазначити, що в літературних джерелах є відомості щодо різноманітних систем технічного діагностування: акустичних, телевізійних та інших. Описані засоби які забезпечують встановлення технічного стану трубопроводів гідравлічних мереж та можуть бути використані при зборі статистичних даних щодо їх надійності. У більшості літературних джерел, присвячених діагностуванню гідравлічних мереж, наведені дані щодо їх роботи в конкретних кліматичних умовах, і які спираються на велику кількість коефіцієнтів визначених під час їх експлуатації. В розглянутих літературних джерелах та інших, відомих нам, відсутні методики прогнозування технічного стану гідравлічних мереж та їх структурних елементів. Нами невиявлена узагальнена методика діагностування гідравлічних мереж яка дозволяє спрогнозувати зміну їх технічного стану. Відсутнє обґрунтування методів та математичного апарату для такого діагностування.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Розробка методики прогнозування надійності гідравлічної мережі.

Основна частина. Точність прогнозування зміни технічного стану гідравлічної мережі значною мірою визначається знанням умов її експлуатації, закономірностей фізичних процесів, що відбуваються в ній, і можливістю контролю показників (ознак), що характеризують зміну її технічного стану в процесі експлуатації. Існує два основних підходи до розв'язання таких задач: імовірнісний і детерміністський. Більш загальними є імовірнісні методи, які припускають статистичний (імовірнісний) характер появи несправностей та ознак які їх характеризують.

Розглядається прогнозування надійності гідравлічної мережі узагальнена структура якої містить джерело живлення, мережу трубопроводів, апаратуру керування та розподілення, рис. 1. Можливість виявлення зміни технічного стану гідравлічної мережі на ранніх стадіях їх виникнення обумовлена достатньою параметричною надмірніс-

тю та повільним перебігом процесів які знижують її роботоспроможність. Зазначимо, що параметрична надмірність таких мереж обумовлена специфікою функціонування, забезпечення витратно-перепадних характеристик, коефіцієнтів статичної міцності і опору втоми конструкційних елементів тощо. Вважали, що при зміні технічного стану гідравлічної мережі потік відмов є марковським та задовольняє умові стаціонарності і однорідності.

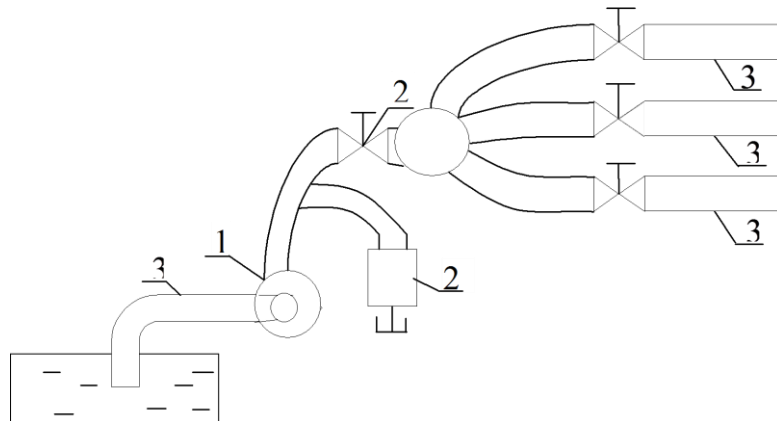


Рис. 1. Узагальнена структурна схема гідравлічної мережі:
1 – джерело живлення; 2 – апаратура керування та розподілення;
3 – мережа трубопроводів

Розглянемо прогнозування надійності окремих елементів гідравлічної мережі. Проведені нами попередні дослідження дозволили встановити, що при прогнозуванні надійності гідравлічної апаратури керування та розподілення доцільно використовувати метод Байєса, застосування якого розглянемо на прикладі запобіжного клапана. Згідно цього метода необхідно розробити правило, за допомогою якого задана сукупність параметрів яка дозволить стверджувати, що клапан може бути віднесений до одного з можливих діагнозів D_i , а також оцінити достовірність цього рішення. При аналізі роботи клапана перевіряються дві ознаки: k_1 – внутрішні витрати перевищують $70 \text{ см}^3/\text{хв.}$ і k_2 – збільшення часу спрацювання клапана більше ніж на 1 с. Прийmemo, що для запобіжного клапана поява цих ознак пов'язана з або з несправністю вузла запірно-регулюючого елемента (стан D_1), або зменшенням жорсткості регулюючої пружини (стан D_2).

При нормальному стані запобіжного клапана (стан D_3) ознака k_1 не спостерігається, а ознака k_2 спостерігається у 5 % випадків. За статистичними даними відомо, що 80 % клапанів відпрацьовують ресурс у нормальному стані, 5 % клапанів мають стан D_1 , і 15 % – стан D_2 . Також відомою що ознака k_1 зустрічається упри стані D_1 у 20 %, а при

стані D_2 в 40 % випадках; ознака k_2 при стані D_1 зустрічається у 30 %, а при стані D_2 – у 50 % випадках. Зведемо ці дані у діагностичну таблицю (табл. 1).

Таблиця 1 – Діагностична матриця Байєса запобіжного клапана

D_i	$P(k_1/D_i)$	$P(k_2/D_i)$	$P(D_i)$
D_1	0,2	0,3	0,05
D_2	0,4	0,5	0,15
D_3	0,0	0,05	0,80

Спочатку знайдемо ймовірності стану запобіжного клапана, коли виявлені дві ознаки k_1 і k_2 . Вважаємо ознаки незалежними та використовуємо формулу Байєса

$$P(D_i/K^*) = \frac{P(D_i)P(K^*/D_i)}{\sum_{i=1}^N P(D_i)P(K^*/D_i)}, \quad (1)$$

де $P(D_i/K^*)$ – ймовірність діагнозу D_i , після того як стали відомі результати обстеження за комплексом ознак K , причому комплекс ознак є набором ознак k_j : $K = (k_1, k_2, k_3, \dots, k_j, \dots, k_{j_{\max}})$; $P(D_i)$ – ймовірність діагнозу D_i ; $P(K^*/D_i)$ – умовна ймовірність, або ймовірністю події K^* при умові, що подія D_i відбулася.

Підставляючи до формули (1) значення з табл. 1 отримуємо ймовірності станів: $P(D_1/k_1k_2) = 0,09$; $P(D_2/k_1k_2) = 0,91$; $P(D_3/k_1k_2) = 0$.

Визначимо ймовірність стану запобіжного клапана, якщо за результатами обстеження встановлено, що внутрішні витоки не спостерігаються (ознака k_1 відсутня), та збільшується час спрацювання клапана (ознака k_2 спостерігається). Відсутність ознаки k_1 рівнозначно наявності ознаки $\bar{k}_1$ (протилежна подія), причому $P(\bar{k}_1/D_i) = 1 - P(k_1/D_i)$. Для розрахунку використаємо формулу (1), однак значення $P(k_1/D_i)$ у діагностичній таблиці замінімо на $P(\bar{k}_1/D_i)$. У цьому випадку: $P(D_1/\bar{k}_1k_2) = 0,12$; $P(D_2/\bar{k}_1k_2) = 0,46$ і $P(D_3/\bar{k}_1k_2) = 0,41$. Розрахуємо ймовірності станів у тому випадку коли дві ознаки відсутні. За аналогією отримаємо: $P(D_1/\bar{k}_1\bar{k}_2) = 0,03$; $P(D_2/\bar{k}_1\bar{k}_2) = 0,05$; $P(D_3/\bar{k}_1\bar{k}_2) = 0,92$.

Зазначимо, що імовірності станів D_1 і D_2 відмінні від нуля, так як ознаки які розглядаються ні є для них детермінуючими. З наведених розрахунків можна визначити, що при наявності ознак k_1 і k_2 у запобіжного клапана з ймовірністю 0,91 він знаходиться у стані D_1 , тобто у нього спостерігається збільшення внутрішніх витоків. При відсутності обох ознак найбільш ймовірно, що запобіжний клапан знаходиться у нормальному стані (імовірність 0,92). При відсутності ознаки k_1 і наявності ознаки k_2 імовірності станів D_2 і D_3 приблизно однакові (0,46 і 0,41) і для уточнення стану діагнозу потрібно провести додаткові обстеження.

Зазначимо, що запобіжний клапан можна віднести до одного з діагнозів D_i , якщо його більша за заданий поріг P_D , який є попередньо вибраним рівнем розпізнання для діагнозу D_i , $P(D_i/K^*) > P_D$. Якщо $P(D_i/K^*) < P_D$, рішення о діагнозі не приймається, потрібна додаткова інформація. Зазначимо, що для гідравлічних елементів і засобів автоматики приймають $P_D = 0,8$, а для насосів $P_D = 0,9$.

Прогнозування надійності насоса здійснимо використовуючи зміну випадкової степеневі функції виду

$$Z_j(t) = B_{c_j} t^{\beta_j} + \Delta Z_{e_j} + \Delta \Pi_{Z_j}, \quad (2)$$

де Z_j – структурний параметр насоса; t – час; B_{c_j} – швидкість зміни j -го функціонального параметра від напруження; β_j – показник ступеня; ΔZ_{e_j} – випадкове відхилення фактичної зміни параметра від теоретичної реалізації під впливом варіації зовнішніх експлуатаційних факторів; $\Delta \Pi_{Z_j}$ – значення параметра, який залежить від приналежності.

Застосовували метод оснований на середній статистичній зміні подачі групи однотипних насосів. Подача q_n є основним параметром насоса який визначає його ресурс до першого капітального ремонту і міжремонтний ресурс. Зменшення подачі насоса Δq_n при експлуатації є наслідком зміни структурних параметрів його вузлів та окремих деталей внаслідок зношення.

Встановлено, що основними причинами зниження подачі насоса Δq_n є збільшення внутрішніх витоків у ньому $\Delta q_{\text{вит}}$ та зміна початкових кінематичних співвідношень Δq_k , тобто

$$\Delta q_n = \Delta q_{\text{вит}} + \Delta q_k. \quad (3)$$

Сумарну зміну подачі насоса залежно від його конструктивної реалізації розбивали на ряд складових:

$$\Delta q_n = \Delta q_{n_1} + \Delta q_{n_2} + \Delta q_{n_3} + \dots + \Delta q_{n_i} + \dots + \Delta q_k, \quad (4)$$

де Δq_{n_i} – складові зменшення подачі насоса внаслідок зміни його структурних параметрів його окремих вузлів (індекси у формулі (4): 1 – вузол який качає; 2 – вузол регулятора подачі; 3 – вузол розподілення тощо).

Використовували випадкову степеневу функцію (2) та отримали аналітичний вираз для прогнозування зміни подачі насоса:

$$q_n^*(t) = q_{n0}^*(t_0) + B_q t^\beta, \quad (5)$$

де $q_n^*(t)$ – математичне очікування подачі насоса в функції напруження t ; $q_{n0}^*(t_0)$ – подача насоса після завершення процесу припруження який визначається з паспорта насоса; B_q – коефіцієнт, який характеризує середню швидкість зміни подачі насоса; β – показник ступеня який визначають за даними експериментів.

Зазначимо, що тут і далі $*$ – позначено величини які змінюються випадковим чином. Зазначимо, що часто за значення $q_{n0}^*(t_0)$ беруть подачу насоса після його обкатки при виготовленні.

Вихідними даними для прогнозування надійності є статистичні дані зміни подачі насосів, знятих з експлуатації або які пройшли ресурсні випробування. Для виявлення характеру і стабільності процесу зношення спряжених пар результати прогнозування порівнюють з результатами дефекації насосів, які відпрацювали в експлуатації початковий призначений ресурс.

1. На підставі аналізу статистичних даних зміни подачі насосів визначаємо експериментальну залежність зміни подачі насоса від часу $q_{n_i}^* = f(t)$, крива 1 на рис. 2, (індекс i означає практичну реалізацію параметра).

2. Використовуючи стандартний пакет підпрограм наближених функцій методом найменших квадратів, на ПК визначаємо значення параметрів B_q і β , виразу (5). Отримана таким шляхом математична модель $q_n^*(t)$ є математичним очікуванням зміни подачі насосів даного типу, які знаходяться у експлуатації (крива 2, рис. 2).

3. Для розрахунку показників розподілення експериментальних реалізацій подачі насоса розбиваємо експериментальні дані на $(N+1)$ групу залежно від напруження t . Нульову групу становить значення подачі насоса при $t = 0$.

4. Для кожної з груп розраховуємо значення математичного очікування m_{q_n} , дисперсії $D_{q_n}^*$ і середнього квадратичного відхилення

$\sigma_{q_n}^*$:

$$m_{q_n} = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^K q_n^*; \quad D_{q_n^*} = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^K (q_n^* - q_{n_i}^*)^2; \quad \sigma_{q_n^*} = \sqrt{D_{q_n^*}}, \quad (6)$$

де K – кількість насосів у групі яка розглядається.

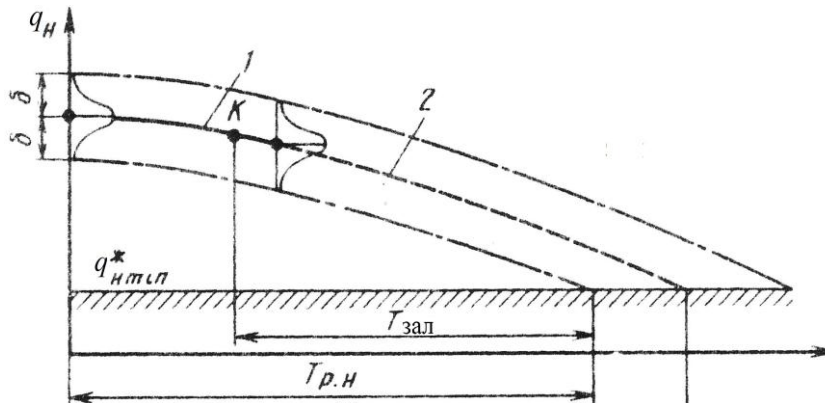


Рис. 2. Залежність подачі насоса від часу:
1 – за даними експлуатації; 2 – за даними прогнозування
($T_{зал}$ і $T_{р.н}$ – відповідно залишковий і призначений ресурс)

5. Задаємося імовірністю відпрацюванням насосом призначеного ресурсу $P^* = (T_{р.н})$. Зазначимо, що для більшості типів насосів $P^* = (T_{р.н})$ лежить у межах 0,990 ... 0,995. Приймаємо, що експериментальна реалізація подачі насоса всередині окремих груп відбувається за нормальним законом розподілення, визначаємо верхню і нижню границі статистичного розподілення яке розглядається. Довірче відхилення δ отриманої математичної моделі статистичного розподілення у вигляді (5) визначається як

$$\delta = \sigma_{q'} k_q, \quad (7)$$

де $\sigma_{q'} = \frac{1}{N+1} \sum_{j=0}^N \sigma_{q'_j}$; k_q – параметр який знаходять з таблиць функцій Лапласа [6].

6. На графік $q_n(t)$ наносять верхню та нижню довірчі границі.

Точку перетину $q_n^*(t)$ з полем допуску на подачу $q_{n\min}^*$ насоса при експлуатації визначаємо як $T = \left(\frac{q_{n0}^* - q_{n\min}^*}{B_0} \right)^{1/\beta}$. З урахуванням зміщення нижньої довірчої границі ресурс насоса, який буде їм відпрацьований з імовірністю $P_{рн}^*$ визначається з рівняння

$$T_{\text{рн}} = \left(\frac{q_{\text{н0}}^* - |q_{\text{нmin}}^* + \delta|}{B_0} \right)^{1/\beta}. \quad (8)$$

По мірі накопичення статистичних даних значення коефіцієнтів B_q і β які входять до формули (5), та довірче відхилення прогнозованої кривої можуть уточнюватися.

Для опису зміни стану мережі трубопроводів застосуємо модель зношення при використанні кусочно-лінійної статистичної апроксимації на базі марковської моделі процесу яка дозволяє практично в 2 рази скоротити час на проведення експерименту та забезпечити достатню точність розрахунків. Процес зношення може бути віднесений до полувипадкових марковських процесів.

Зазначимо, що випадковий процес $X(t)$ є марковським, якщо умовна імовірність $P\{Y(t_n)/Y(t_{n-1}), \dots, Y(t_0)\}$ появою значення $Y(t_n)$ у момент t залежить від останнього попереднього значення процесу $Y(t_{n-1})$ та не залежить від попередніх. Марковський процес повністю визначається двомірною щільністю імовірності

$$f_2(Y_0, Y, t_0, t) = f_1(Y_0, t_0)P(Y, t/Y_0, t_0), \quad (9)$$

де $f_1(Y_0, t_0)$ – одновірна щільність імовірності; $P(Y, t/Y_0, t_0)$ – щільність імовірності переходу з стану Y_0 у момент часу t_0 у стан Y у момент часу t .

Таким чином, задача зводиться до того, щоб за відомим значенням процесу $Y(Y_0)=Y$ знайти імовірність того, що в деякий момент часу $t > t_0$ процес буде знаходитися у заданих межах $[a, b]$, визначеною технічною умовою. Отже, при виконанні умови $Y(Y_0)=Y_0$ інформація яка нас цікавить міститься у щільності перехідної імовірності $P(Y, t/Y_0, t_0)$.

Сутність метода прогнозування полягає в тому, що за допомогою квантування за рівнем випадкової функції, яка характеризує змінювання параметра у часі, реальний процес зношення апроксимується марковським дискретним процесом.

Аналітичні залежності імовірнісних характеристик від часу отримують з диференціальних рівнянь А.Н. Колмогорова, за допомогою яких можна описати динаміку процесу зношення. Відомими величинами в цих рівняннях є інтенсивності перетинання випадковою функцією фіксованих рівнів квантування, отриманих статистичним шляхом.

Використаємо цю модель для визначення імовірнісних характеристик процесу зношення. Задача розв'язується наступним чином. Інтенсивність η_i перетину функцією $X(t)$ прийнятого рівня квантування x_i відома і вибирається з початкової реалізації процесу.

Побудуємо математичну модель зношення. Діапазон $[x_{\min}, x_{\max}]$ допустимої зміни величини x , характеризує зношення трубопроводу, розділимо на три кванти: Δx_0 , Δx_1 і Δx_2 . Вважаємо, що трубопровід знаходиться в стані S_i , якщо x знаходиться у i -му інтервалі квантування Δx , $i = \overline{0,2}$. Інтенсивність перетинання процесом $X(t)$ рівня квантування x_i позначимо через η_i . Ця величина є інтенсивністю збільшення параметра x_i на величину Δx_i [$i = \overline{0,2}$, якщо $X(t)$ є не убиваючою випадковою функцією часу t].

Величини Δx_i , η_i характеризують середню швидкість зростання параметра X у інтервалі квантування Δx_i . За технічними умовами S_0 , S_1 і S_2 є станами роботоспроможності трубопроводу, а S_3 – станом відмови.

Розглядаючи процес зміни стану трубопроводу як марковський дискретний процес, знайдемо імовірність $P_i(t)$ знаходження трубопроводу у момент часу t в стані S_i з диференціальних рівнянь А.Н. Колмогорова:

$$P_i(t) = -\eta_i P_i(t) + \eta_{i-1} P_{i-1}(t), \quad i = \overline{0,3}, \quad (10)$$

де $\eta_i = 0$ при $i < 0$.

При загальних початкових умовах $P_i(t) = P_i$; $t = 0$; $i = \overline{0,3}$.

Розв'язок системи рівнянь, отриманих за допомогою перетворень Лапласа, має вигляд:

$$\left. \begin{aligned} P_0(t) &= P_0 e^{-\eta_0 t}; \\ P_1(t) &= \frac{P_0 \eta_0}{\eta_1 - \eta_0} e^{-\eta_0 t} + \left(P_1 - \frac{P_0 \eta_0}{\eta_1 - \eta_0} \right) e^{-\eta_1 t}; \\ P_2(t) &= \frac{P_0 \eta_0 \eta_1}{(\eta_1 - \eta_0)(\eta_2 - \eta_0)} e^{-\eta_0 t} + \left[\frac{P_1 \eta_1}{\eta_2 - \eta_1} + \frac{P_0 \eta_0 \eta_1}{(\eta_0 - \eta_1)(\eta_2 - \eta_0)} \right] e^{-\eta_1 t} + \\ &+ \left[P_2 + \frac{P_1 \eta_1}{\eta_1 - \eta_2} + \frac{P_0 \eta_0 \eta_1}{(\eta_0 - \eta_2)(\eta_1 - \eta_2)} \right] e^{-\eta_2 t}. \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

Імовірність $P_3(t)$ знайдемо з умови нормування:

$$\sum_{i=1}^3 P_i(t) = 1, \text{ тобто } P_3(t) = 1 - \sum_{i=0}^2 P_i(t) = 1. \quad (12)$$

Імовірність безвідмовної роботи $P(t)$ визначимо, як імовірність того, що за час t процес $X(t)$ не досягне критичного рівня x_2 :

$$P(t) = \sum_{i=0}^2 P_i(t) = \sum_{i=0}^2 K_i e^{-\eta_i t}, \quad (13)$$

$$\begin{aligned} \text{де } K_0 &= P_0 + \frac{P_0 \eta_0}{\eta_1 - \eta_0} + \frac{P_0 \eta_0 \eta_1}{(\eta_1 - \eta_0)(\eta_2 - \eta_0)}; \\ K_1 &= P_1 + \frac{P_0 \eta_0}{\eta_1 - \eta_0} + \frac{P_1 \eta_1}{\eta_2 - \eta_1} + \frac{P_0 \eta_0 \eta_1}{(\eta_0 - \eta_1)(\eta_2 - \eta_1)}; \\ K_2 &= P_2 + \frac{P_1 \eta_1}{\eta_1 - \eta_2} + \frac{P_0 \eta_0 \eta_1}{(\eta_0 - \eta_1)(\eta_1 - \eta_2)}. \end{aligned}$$

$$\text{Щільність цієї імовірності } f(t) = \sum_{i=0}^2 \eta_i K_i e^{-\eta_i t}.$$

$$\text{Інтенсивність відмов } \lambda(t) = \frac{\sum_{i=0}^2 \eta_i K_i e^{-\eta_i t}}{\sum_{i=0}^2 K_i e^{-\eta_i t}}.$$

$$\text{Середній час безвідмовної роботи } T_{\text{ср}} = \frac{P_0}{\eta_0} + \frac{P_0 + P_1}{\eta_1} + \frac{P_0 + P_1 + P_2}{\eta_2}.$$

$$\text{Дисперсія цього часу } \sigma_t^2 = \frac{2 \sum_{i=1}^2 K_i}{\eta_i^2} - T_{\text{ср}}^2.$$

Важливою перевагою розглянутої моделі є тою що вона дозволяє для будь-якого моменту, застосувавши розклад у ряд Грама-Шарльє, знайти одномірний закон.

Математичне очікування процесу $X(t)$

$$m_x(t) = \sum_{i=0}^3 x_i^* P_i(t).$$

Квантоване значення x_i^* вибирається з урахуванням найменшого відхилення значень, отриманих експериментальним шляхом.

При достатньо довгої довжини трубопроводів їх розбивають на інтервали, при цьому характерним є значення параметра у даному інтервалі. У зв'язку з цим результат кількісного значення параметра який вимірюється може розглядатися як ознака, яка приймає декілька можливих станів (яка має декілька розрядів – інтервалів діагностування). Враховуючи велику довжину трубопроводів гідравлічних мереж їх необхідно розбити на окремі ділянки. Для цього слід використовувати втрату тиску яку розраховують за відомими з технічної гідромеханіки формулами та один з методів статистичних рішень. При цьому

слід враховувати, що найменшу імовірність пропуску дефекту отримуємо при використанні методів Неймана-Пірсона і мінімального ризику, а діагностична цінність обстеження збільшується вдвічі при переході від двох діагностичних інтервалів до чотирьох, та подальше збільшення інтервалів не призводить до зростання $D_1(k_1)$. Отриманий результат має загальний характер.

Висновки. Розроблена узагальнена методика прогнозування надійності гідравлічних мереж. Враховуючи взаємні статистичні зв'язки ознак, обґрунтовано вибір сукупності діагностичних параметрів для контролю технічного стану окремих структурних елементів гідравлічної мережі. Встановлено, що для діагностування технічного стану структурних елементів гідравлічної мережі та прогнозуванні їх надійності доцільно використовувати: для гідравлічної апаратури керування та розподілення – метод Байєса; насоса – метод, що базується на середній статистичній зміні параметрів однотипних пристроїв та використання випадкової степеневі функції виду (2); мережі трубопроводів – моделі зношення на базі метода, кусочно-лінійної статистичної апроксимації з застосуванням марковської моделі процесу. Встановлено, що розбиття трубопроводу, підчас його діагностування, доцільно розбивати на чотири окремі ділянки.

Література:

1. *Биргер И.А.* Техническая диагностика / *И.А. Биргер* – М. : Машиностроение, 1978. – 240 с.
2. *Богдан Н.В.* Техническая диагностика гидросистем / *Н.В. Богдан, М.И. Жилевич, Л.Г. Красневский* – Минск : Белавтотракторостроение, 2000. – 120 с.
3. Техническая диагностика гидравлических приводов / *Т.В. Алексеева, В.Д. Бабанская, Т.М. Башта* и др.; под ред. Т.М. Башты. – М. : Машиностроение, 1989. – 264 с.
4. *Мятыш А.* Надежность водопроводных металлических труб Украины / *Мятыш А.* // MOTROL, 2014. – Vol. 16, No 6. P. 117–124.
5. *Новохатний В.* Надежность охлаждающих систем оборотного водоснабжения / *В. Новохатний, С. Костенко* // MOTROL, 2014. – Vol. 16, No 6. P. 77–84.
6. *Пугачев В.С.* Теория случайных функций и ее применение к задачам автоматического управления / *В.С. Пугачев.* – М.: Гос. изд. технико-теоретической лит., 1957. – 659 с.

МЕТОДИКА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НАДЕЖНОСТИ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Андренко П.Н., Цента Є.Н., Свинаренко М.С.

Аннотация – в статье представлена разработанная методика прогнозирования надежности гидравлических сетей. Обоснован выбор совокупности диагностических параметров для контроля технического состояния их отдельных элементов. Приведены рекомендации по разбивке трубопроводной сети на отдельные участки.

METHOD OF PREDICTING RELIABILITY OF HYDRAULIC CIRCUITS

P. Andrenko, E. Tsenta, M. Svinarenko

Summary

Method of predicting reliability of hydraulic circuits was developed and presented in this article. Set of diagnostic parameters for monitoring the technical condition of individual elements was established. The recommendations of pipeline system dividing in the separate areas were provided.

УДК 621.225.001.4

ОБГРУНТУВАННЯ ПОЧАТКОВИХ УМОВ МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ГІДРООБЕРТАЧА ПЛАНЕТАРНОГО ТИПУ, ПРАЦЮЮЧОГО У СКЛАДІ ГІДРОАГРЕГАТА

Панченко А.І., д.т.н.,

Волошина А.А., д.т.н.,

Костюк А.М., інженер,

Вишневський В.М., інженер

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 42-04-42

Анотація – обґрунтовано та прийнято необхідні початкові умови, обмеження і припущення, які дозволять моделювати робочі процеси, що відбуваються у серійному і модернізованому гідравлічних обертачах планетарного типу з великими робочими об'ємами більше за 6000 см^3 , працюючих у складі гідроагрегату, який включає насосну станцію мобільної машини з розімкненою циркуляцією потоку, з приводним двигуном дизельного типу, нерегульованим шестеренним насосом та запобіжним клапаном за допомогою пакету імітаційного моделювання Vissim. Моделювання перехідних процесів, що відбуваються в гідрообертачах планетарного типу, працюючих у складі гідроагрегату, дозволить дослідити динаміку зміни вихідних характеристик серійного і модернізованого гідрообертачів планетарного типу, працюючих у складі гідроагрегату, з урахуванням їх конструктивних особливостей, а також взаємозв'язку всіх елементів гідроагрегату та їх взаємодії з робочою рідиною.

Ключові слова – серійний та модернізований гідрообертач планетарного типу, розподільна система, витискувальна система, початкові умови моделювання, вихідні дані, геометричні параметри, робочі процеси, моделювання зміни зазору між зубами витискувачів, моделювання зміни геометричних параметрів розподільної системи, моделювання роботи гідрообертача у складі гідроагрегату.

Постановка проблеми. Недостатньо широке застосування гідросистем привода активних робочих органів сільськогосподарської та іншої мобільної техніки (під мобільною технікою в даній роботі розу-

міється техніка із приводом від ДВЗ, тобто з постійно працюючим нерегульованим насосом), як у нас у країні, так і за рубежом, пояснюється наступними причинами: специфікою вимог до приводів робочих органів мобільної техніки; обмеженою номенклатурою гідромашин і на їх основі гідроагрегатів; незадовільними їхніми вихідними характеристиками та ін.

Аналіз гідродинамічних процесів, що протікають при роботі високомоментних гідромашин, показує, що об'ємні, гідравлічні та гідромеханічні втрати в основних вузлах, що виявляють суттєвий вплив на вихідні характеристики, визначаються як загальними, так і різними по своїй фізичній природі параметрами. Доцільно, кожний вид втрат у вузлах гідромашин планетарного типу (кінематичні, габаритні і динамічні характеристики) розглядати, як окремий критерій якості, що дозволить при розробці і дослідженні отримати більш повне уявлення про його можливості.

Таким чином, ефективність використання мобільної техніки визначається гідрофікацією її активних робочих органів, що у свою чергу залежить від раціонального вибору режимів роботи гідравлічної системи та конструктивного виконання гідроагрегатів. Тому великої уваги заслуговують питання дослідження динамічних процесів, що виникають у гідравлічних агрегатах і їх елементах.

Аналіз останніх досліджень. Сучасні тенденції розвитку гідрофікації мобільної техніки вимагають розробки принципово нових і вдосконалення існуючих конструкцій гідромашин планетарного типу, а також нових підходів у рішенні проблеми поліпшення їх вихідних характеристик. Застосування планетарних гідромашин у приводах активних робочих органів мобільної техніки, висуває високі вимоги до вихідних характеристик, реалізація яких може бути забезпечена при їх проектуванні.

Аналіз гідравлічних схем гідроагрегатів різних типів мобільної техніки показав [1-6], що як правило, такі гідроагрегати представлені трьома основними гідравлічними елементами: насос, високомоментний низькообертовий гідромотор і запобіжний клапан. При цьому, в якості високомоментного гідромотора використовуються різні типи гідромашин, у тому числі гідравлічні обертачі планетарного типу. Використання гідравлічних обертачів планетарного типу в приводах активних робочих органів мобільної техніки обмежено невисокими вихідними параметрами існуючих гідравлічних обертачів серії РПГ [7,8]. Основним недоліком розглянутого серійного гідрообертача планетарного типу РПГ-6300, є низькі значення його вихідних характеристик (особливо ККД).

Аналіз виконаних досліджень показує, що математичні моделі, застосовувані в попередніх дослідженнях [9-11], недостатньо корект-

но відображали робочі процеси гідравлічних обертачів планетарного типу, не повною мірою описували роботу і взаємозв'язок всіх елементів витискувальної і розподільної систем гідрообертачів, прийнятий ряд припущень хоч і спрощував зроблені розрахунки, але й сильно спотворював точність показників, отриманих при використанні відомих математичних моделей стосовно до гідравлічних обертачів планетарного типу. Виконані дослідження проводилися без урахування ряду важливих факторів, що визначають роботу системи безпосереднього розподілу робочої рідини, що не дозволяє розробити математичну модель, відповідну реаліям планетарних гідравлічних обертачів, і як наслідок, ефективно використовувати сучасні математичні методи проектування і розрахунку.

До числа таких факторів можна віднести: заповнення робочих камер гідравлічного обертача планетарного типу, утворених елементами його витискувальної системи робочою рідиною, при формуванні обертового гідравлічного поля; математичний опис втрат при течії робочої рідини в проточних частинах розподільної системи планетарного гідрообертача, при визначенні його геометричних параметрів і вихідних характеристик; підвищення точності розрахунку гідравлічних, механічних і об'ємних втрат у планетарному гідрообертачі; визначення геометричних параметрів елементів розподільної системи безпосереднього типу для планетарних гідравлічних обертачів; визначення геометричних параметрів елементів витискувальної системи, що визначають формування обертового гідравлічного поля для гідравлічних обертачів планетарного типу.

У цьому зв'язку, для проведення параметричних досліджень гідравлічного обертача планетарного типу, які дозволять встановити вплив геометричних параметрів витискувальної і розподільної систем на зміну його вихідних характеристик необхідно обґрунтувати початкові умови моделювання роботи витискувальної і розподільної систем гідрообертача планетарного типу, а для досліджень динаміки зміни вихідних характеристик гідравлічного обертача планетарного типу з урахуванням його конструктивних особливостей, що працює в складі гідроагрегату, які дозволять встановити вплив конструктивних особливостей елементів гідроагрегату на зміну вихідних характеристик гідрообертача і гідроагрегату в цілому, необхідно обґрунтувати початкові умови моделювання роботи гідрообертача у складі гідроагрегату, що включає насосну станцію мобільної машини з розімкнутою циркуляцією потоку, з приводним двигуном дизельного типу, нерегульованим шестеренним насосом і запобіжним клапаном непрямої дії і, діюче на «вал» гідрообертача, пружно-інерційне навантаження, з урахуванням взаємозв'язку всіх елементів гідроагрегату та їх взаємодії з робочою рідиною.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Обґрунтування початкових умов моделювання роботи гідравлічного обертача планетарного типу, працюючого у складі гідроагрегату, для дослідження динаміки зміни його вихідних характеристик, що дозволить встановити вплив конструктивних особливостей елементів гідроагрегату на вихідні характеристики гідрообертача і гідроагрегата в цілому.

Основна частина. Підвищення ефективності експлуатації мобільної техніки в даний час визначається ступенем гідрофікації її активних робочих органів, а також раціональним вибором режимів роботи елементів гідравлічної системи і номенклатурою гідроагрегатів. Тому великої уваги заслуговують питання дослідження робочих процесів, що виникають в гідравлічних агрегатах і їх елементах – гідрообертачах планетарного типу.

Аналіз гідравлічних схем гідроагрегатів різних типів мобільної техніки показав [1-6], що як правило, такі гідроагрегати представлені трьома основними гідравлічними елементами: насос, високомоментний низькообертовий гідромотор і запобіжний клапан. При цьому, в якості високомоментного гідромотора використовуються різні типи гідромашин, у тому числі гідравлічні обертачі планетарного типу. Основним недоліком гідрообертача планетарного типу [1-8,12-18], є нерівномірність вихідних характеристик, обумовлена недосконалістю конструкції форми елементів витискувальної системи, а також наявністю великих гідравлічних втрат в розподільній системі, обумовлених геометрією проточних частин.

На сьогоднішній день практично відсутні дослідження взаємозв'язку геометричних параметрів витискувальної і розподільної систем та вихідних характеристик гідрообертача планетарного типу, а також дослідження динаміки зміни функціональних параметрів гідрообертача планетарного типу (з урахуванням його конструктивних особливостей), що працює в складі гідроагрегату приводу активних робочих органів мобільної техніки, що не дозволяє поліпшити його вихідні характеристики. Тому дуже гостро постає питання дослідження динаміки зміни вихідних характеристик гідрообертачів планетарного типу з урахуванням конструктивних особливостей їх витискувальної і розподільної систем, а також обґрунтуванням взаємозв'язку всіх елементів гідроагрегату та їх взаємодії з робочою рідиною.

У даній роботі представлені питання, присвячені обґрунтуванню початкових умов моделювання роботи серійного і модернізованого гідравлічних обертачів планетарного типу, що працюють у складі гідроагрегату приводу активних робочих органів мобільної техніки, з урахуванням конструктивних особливостей витискувальної і розподільної систем, що дозволило на базі розробленої математичної моделі робочих процесів гідравлічного обертача планетарного типу у складі

гідроагрегату, реалізованої за допомогою пакету імітаційного моделювання Vissim, моделювати перехідні процеси, що відбуваються в серійному і модернізованому гідрообертачах планетарного типу (з урахуванням їх конструктивних особливостей), що працюють у складі гідроагрегату, який включає в себе насосну станцію з приводним двигуном і пружно-інерційне навантаження, що діє на «вал» гідрообертача.

Для більш раціонального використання гідрообертачів для приводу активних робочих органів мобільної техніки, необхідно провести дослідження динаміки зміни вихідних характеристик гідрообертачів планетарного типу у складі гідроагрегату, що включає приводний двигун, нерегульований шестеренний насос, запобіжний клапан непрямої дії, гідравлічний обертач планетарного типу з урахуванням конструктивних особливостей його витискувальної і розподільної систем і пружно-інерційне навантаження.

З метою дослідження характеру зміни вихідних характеристик планетарних гідрообертачів у складі гідроагрегату, розроблені математичні моделі [19-23], які описують роботу серійного і модернізованого гідрообертачів планетарного типу з урахуванням їх конструктивних особливостей, працюючих у складі гідроагрегату, що передбачає порівняльне проведення досліджень впливу конструктивних особливостей витискувальної і розподільної систем планетарних гідрообертачів на зміну їх вихідних характеристик і гідроагрегату в цілому.

Тому, для серійного і модернізованого гідрообертачів необхідно дослідити:

- вплив конструктивних особливостей гідрообертачів в гідравлічній системі насос-клапан-гідрообертач, яка включає нерегульований шестеренний насос, запобіжний клапан непрямої дії і гідрообертач планетарного типу (серійний або модернізований) на їх вихідні характеристики;

- зміну вихідних характеристик гідрообертача, який працює в складі гідроагрегату, що включає в себе насосну станцію з розіркненою циркуляцією потоку з приводним двигуном;

- зміну вихідних характеристик гідравлічного обертача планетарного типу з урахуванням його конструктивних особливостей і, діючого на «вал» гідрообертача, пружно-інерційного навантаження.

Для моделювання перехідних процесів, що відбуваються в гідравлічному обертачі планетарного типу, розроблена математична модель робочих процесів гідрообертача [19], яка реалізована за допомогою пакету імітаційного моделювання Vissim, що дозволить досліджувати динаміку зміни вихідних характеристик серійного і модернізованого гідрообертачів планетарного типу, що працюють у складі гідроагрегату.

Для моделювання роботи гідравлічного обертача планетарного типу у складі гідроагрегату прийняті наступні вихідні дані і початкові умови, задані блоком 1 (рис. 1) [24-26]:

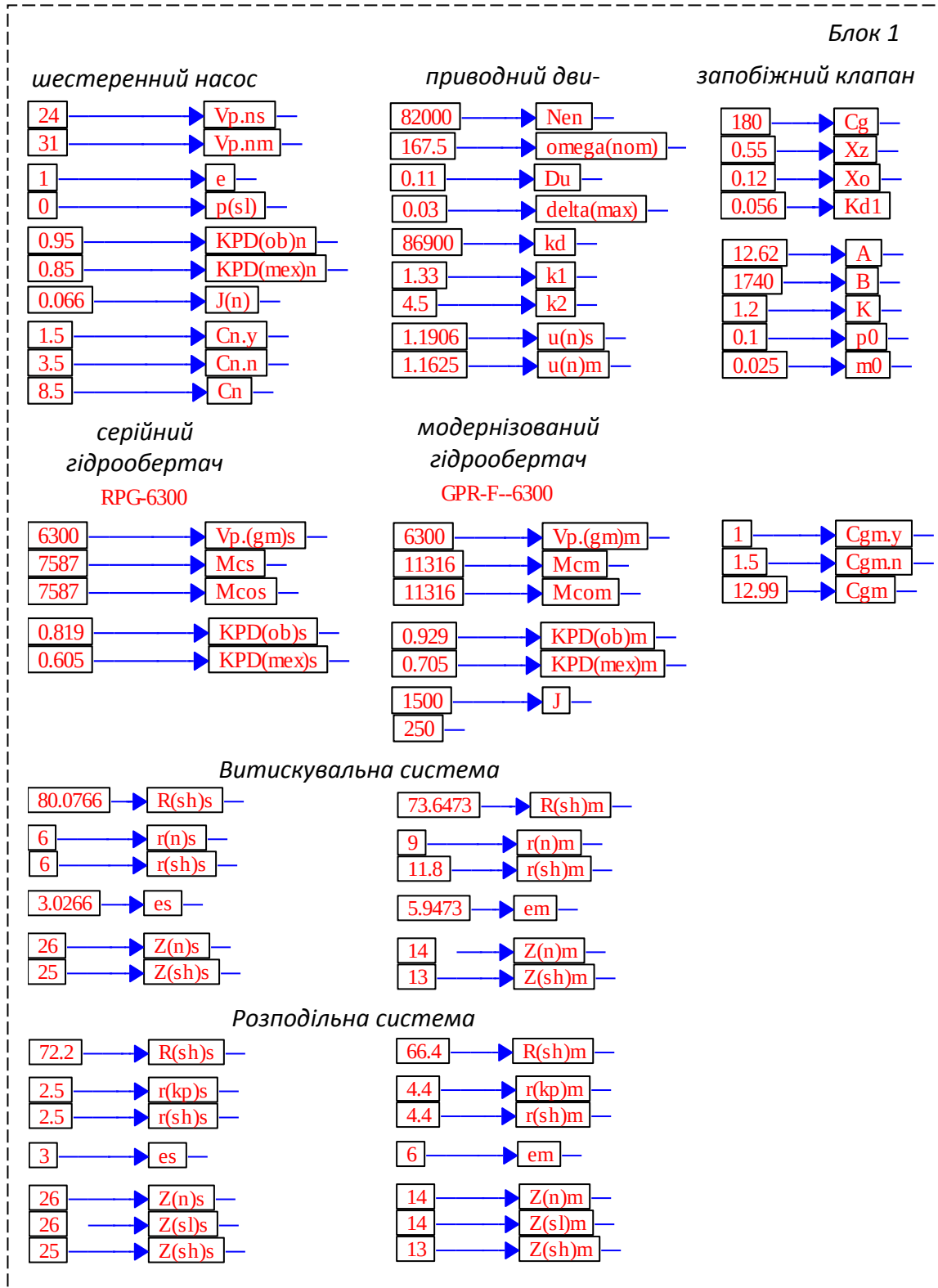


Рис. 1. Блок вихідних даних для моделювання роботи серійного і модернізованого гідрообертачів у складі гідроагрегату

– приводний дизельний двигун з регулятором: кутова швидкість вала двигуна дорівнює $\omega_n = 167,5 \text{ c}^{-1}$; потужність двигуна дорівнює $N_{en} = 82 \text{ кВт}$; діаметр циліндра приводного двигуна дорівнює $D_u = 0,11 \text{ м}$; маса сталевого маховика дорівнює $\delta_u = 0,03 \text{ кг}$; параметр настройки відцентрового регулятора $k_d = 86900$; передаточне число узгоджувального редуктора між приводним двигуном і насосом $u_{dv} = 1,19$ – для гідроагрегата з серійним і $u_{dv} = 1,16$ – для гідроагрегата з модернізованим гідрообертачами;

– насос шестеренний нерегульований, з можливістю змінювати подачу при «поза межному» зростанні навантаження: робочий об'єм насоса постійний і дорівнює $V_{n0} = 24 \text{ см}^3$ – для гідроагрегата з серійним і $V_{n0} = 31 \text{ см}^3$ – для гідроагрегата з модернізованим гідрообертачем; кутова швидкість вала насоса підтримується регулятором ДВЗС і дорівнює $\omega_n = 225 \text{ c}^{-1}$; для регульованого насоса параметр регулювання дорівнює $e = 1$; тиск в зливний магістралі дорівнює $p_{cl} = 0$; момент інерції обертових мас насоса дорівнює $J = 0,066 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$; об'ємний ККД дорівнює $\eta_{ob} = 0,95$, а гідромеханічний ККД - $\eta_{z.m} = 0,85$;

– гідрообертач планетарного типу: робочий об'єм гідрообертача постійний і дорівнює $V_{zv} = 6300 \text{ см}^3$; момент опору постійний і дорівнює $M_c = 7587 \text{ Н} \cdot \text{м}$ – для серійного і $M_c = 11316 \text{ Н} \cdot \text{м}$ – для модернізованого гідрообертачів; середньостатистичний момент інерції обертових мас навантаження гідрообертача для даних моментів опорів дорівнює $J = 250 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$; максимальний момент інерції обертових мас навантаження гідрообертача для даних моментів опорів дорівнює $J = 1500 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$; об'ємний ККД дорівнює $\eta_{ob} = 0,819$ – для серійного і $\eta_{ob} = 0,929$ – для модернізованого гідрообертачів; гідромеханічний ККД - $\eta_{z.m} = 0,605$ – для серійного і $\eta_{z.m} = 0,705$ – для модернізованого гідрообертачів; кількість вікон нагнітання кришки $Z_{n(c)} = 26$ серійного і $Z_{n(m)} = 14$ модернізованого гідрообертачів; кількість вікон зливу кришки $Z_{n(c)} = 26$ серійного і $Z_{n(m)} = 14$ модернізованого гідрообертачів; кількість розподільних вікон шестерні $Z_{ш(c)} = 25$ серійного і $Z_{ш(m)} = 13$ модернізованого гідрообертачів; радіус окружності розташування розподільних вікон шестерні $R_{ш(c)}^0 = 72,2 \text{ мм}$ серійного і

$R_{ш(м)}^0 = 66,4 \text{ мм}$ модернізованого гідрообертачів; радіус розподільних вікон шестерні $r_{ш(с)} = 2,5 \text{ мм}$ серійного і $r_{ш(м)} = 4,4 \text{ мм}$ модернізованого гідрообертачів; радіус вікон нагнітання і зливу кришки $r_{кр(с)} = 2,5 \text{ мм}$ серійного і $r_{кр(м)} = 4,4 \text{ мм}$ модернізованого гідрообертачів; ексцентриситет $e_c = 3 \text{ мм}$ серійного і $e_m = 6 \text{ мм}$ модернізованого гідрообертачів;

– клапан непрямої дії: жорсткість пружини дорівнює $C = 200 \text{ Н/см}$; величина попереднього стискання пружини $x_0 = 0,12 \text{ см}$; позитивне перекриття щілини дорівнює $x_z = 0,55 \text{ см}$;

– робоча рідина: параметри робочої рідини, що залежать від типу масла і робочої температури гідравлічної системи дорівнюють $A = 12,62$, $B = 1740$; показник політропи $K = 1,2$; початковий (атмосферний) тиск дорівнює $p_0 = 0,1 \text{ МПа}$; вміст розчиненого повітря в робочій рідині у відносних одиницях $m_0 = 0,025$.

Математична модель роботи гідроагрегату з гідрообертачем планетарного типу включає в себе математичну модель роботи насосної станції з розімкнутої циркуляцією потоку з приводним двигуном [22], математичну модель роботи запобіжного клапана непрямої дії [23], математичну модель роботи гідрообертача планетарного типу, з урахуванням конструктивних особливостей його витискувальної [20] і розподільної [13,21] систем, з пружно-інерційним навантаженням.

Представлена блоком 2 (рис. 2) модель роботи насосної станції з розімкнутої циркуляцією потоку з приводним двигуном дозволяє моделювати роботу приводного двигуна. Якщо моделювання проводиться без приводного двигуна, то блок 2 відключається.

Блок 3 (рис. 3) дозволяє моделювати роботу запобіжного клапана непрямої дії.

Блок 4 (рис. 4) дозволяє визначити кутове розташування зубів шестерні і напрямної серійного і модернізованого гідравлічних обертачів планетарного типу [20,21,24].

Блок 5 (рис. 5) дозволяє визначити радіуси розташування центрів зубів напрямної серійного і модернізованого гідравлічних обертачів планетарного типу [20,21,24].

Блок 6 (рис. 6) дозволяє визначити радіуси розташування центрів вікон нагнітання і зливу кришки серійного і модернізованого гідрообертачів [20,21,24].

Блок 7 (рис. 7) дозволяє визначити зазори між зубами шестерні і напрямної серійного і модернізованого гідрообертачів [20,21,24].

Блок 8 (рис. 8) дозволяє визначити кутове розташування розподільних вікон шестерні, а також вікон нагнітання і зливу кришки серійного і модернізованого гідрообертачів планетарного типу

[20,21,24].

Блок 9 (рис. 9) дозволяє визначити площу прохідного перетину безпосередньої розподільної системи серійного і модернізованого гідравлічних обертачів планетарного типу відповідно до виражень [20,21,24].

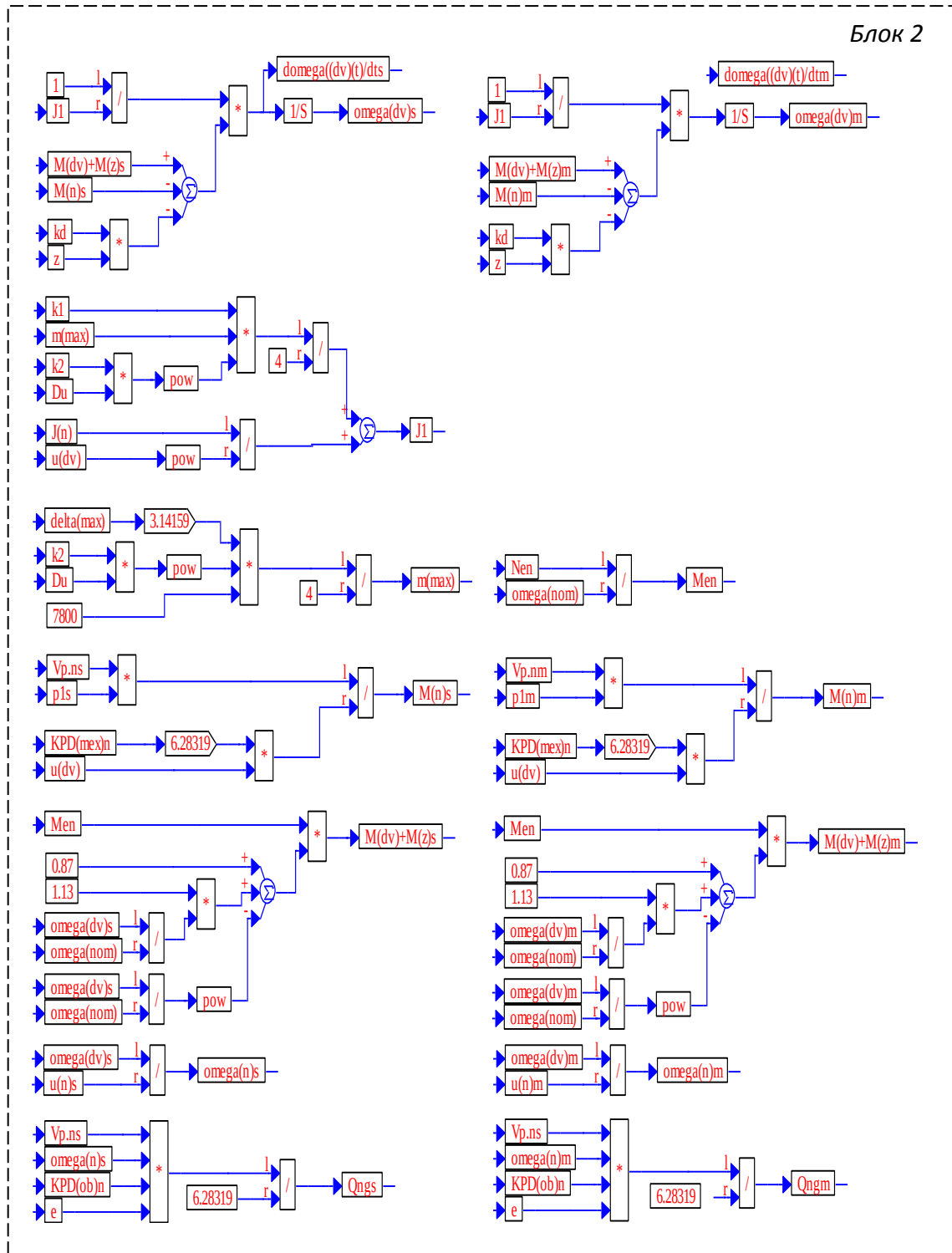


Рис. 2. Блок моделювання роботи насосної станції з розімкнутою циркуляцією потоку з приводним двигуном

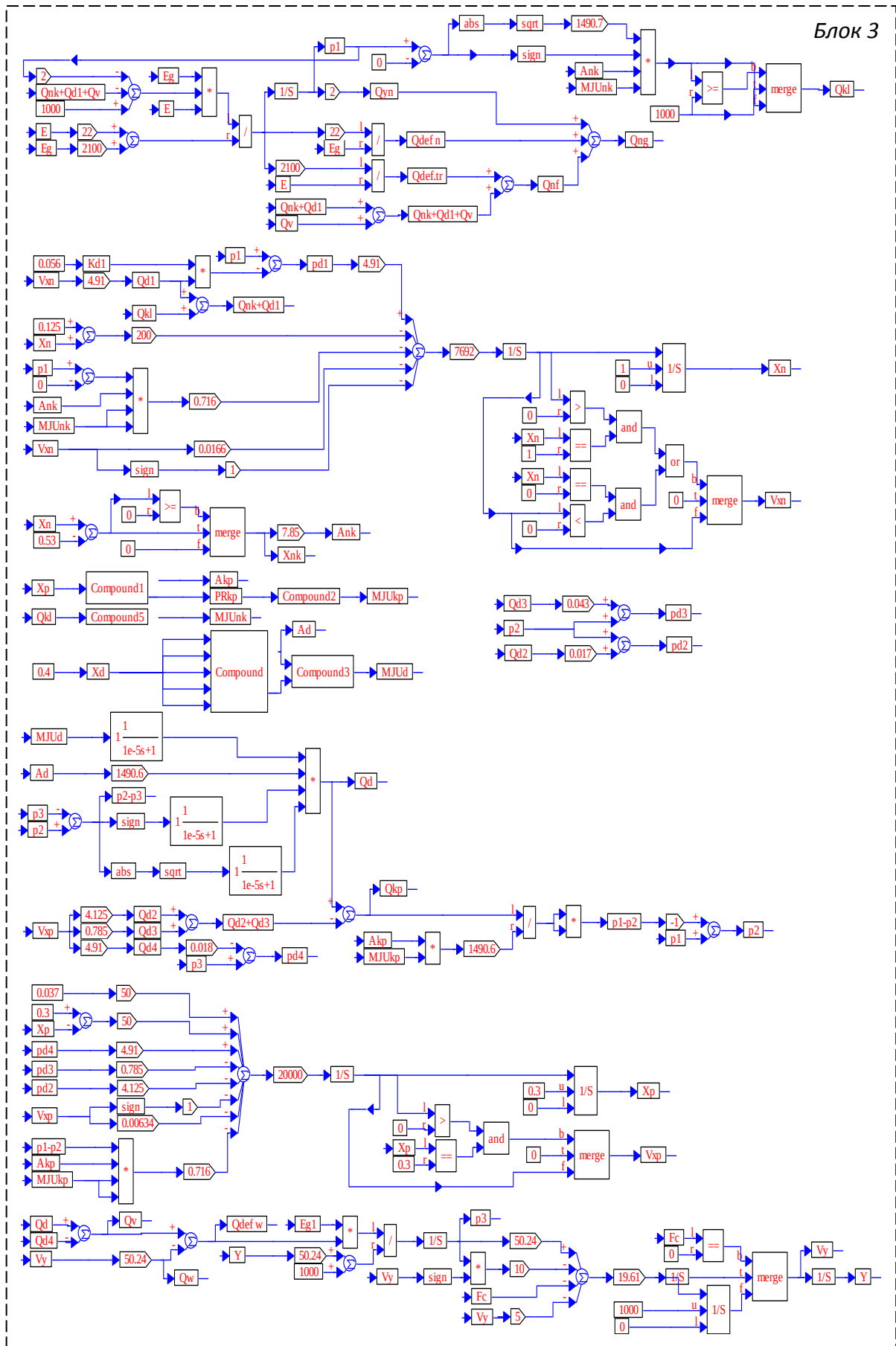


Рис. 3. Блок моделювання роботи запобіжного клапана непрямої дії

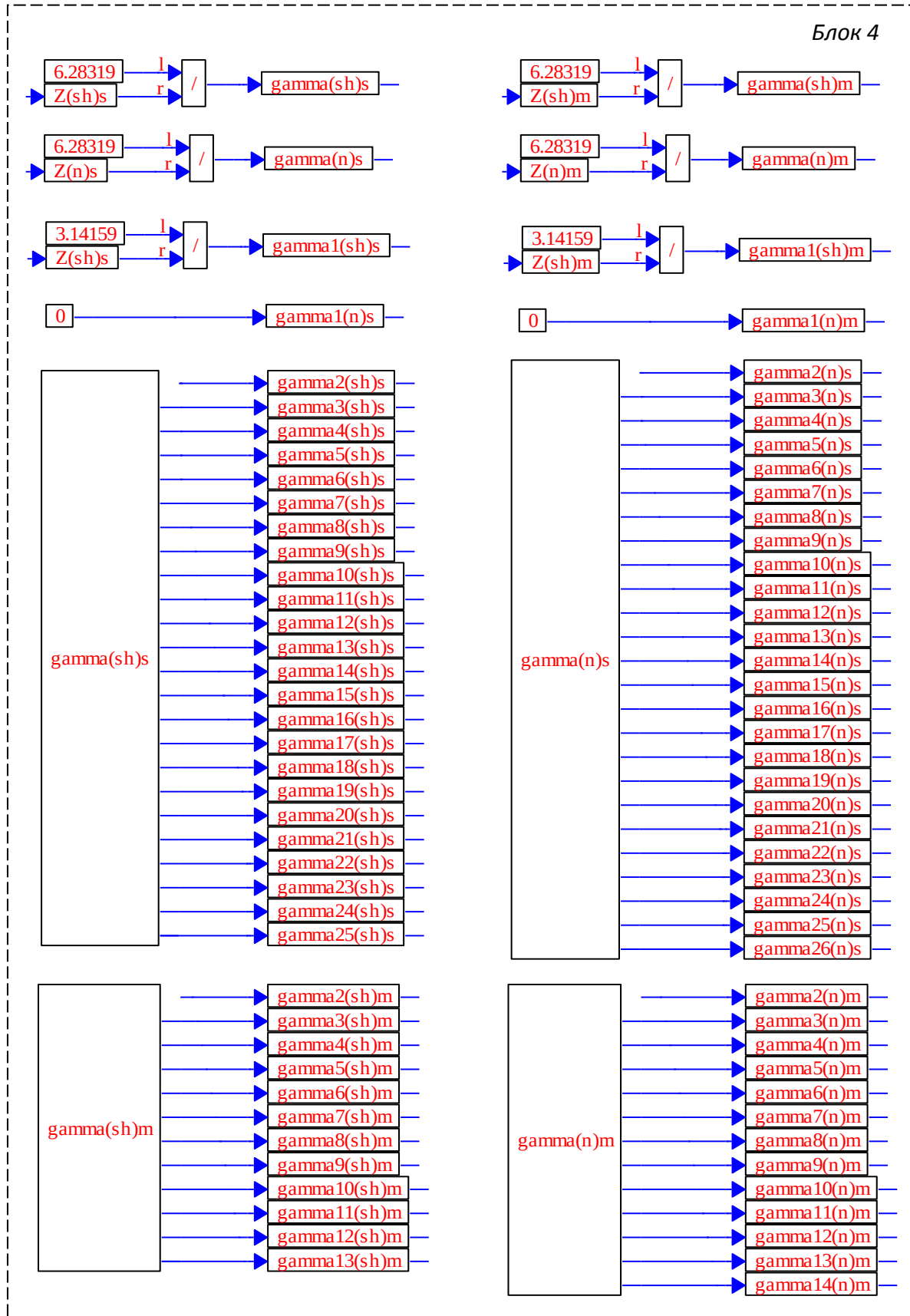


Рис. 4. Блок визначення кутів розташування центрів зубів шестерні і напрямної серійного і модернізованого гідрообертачів

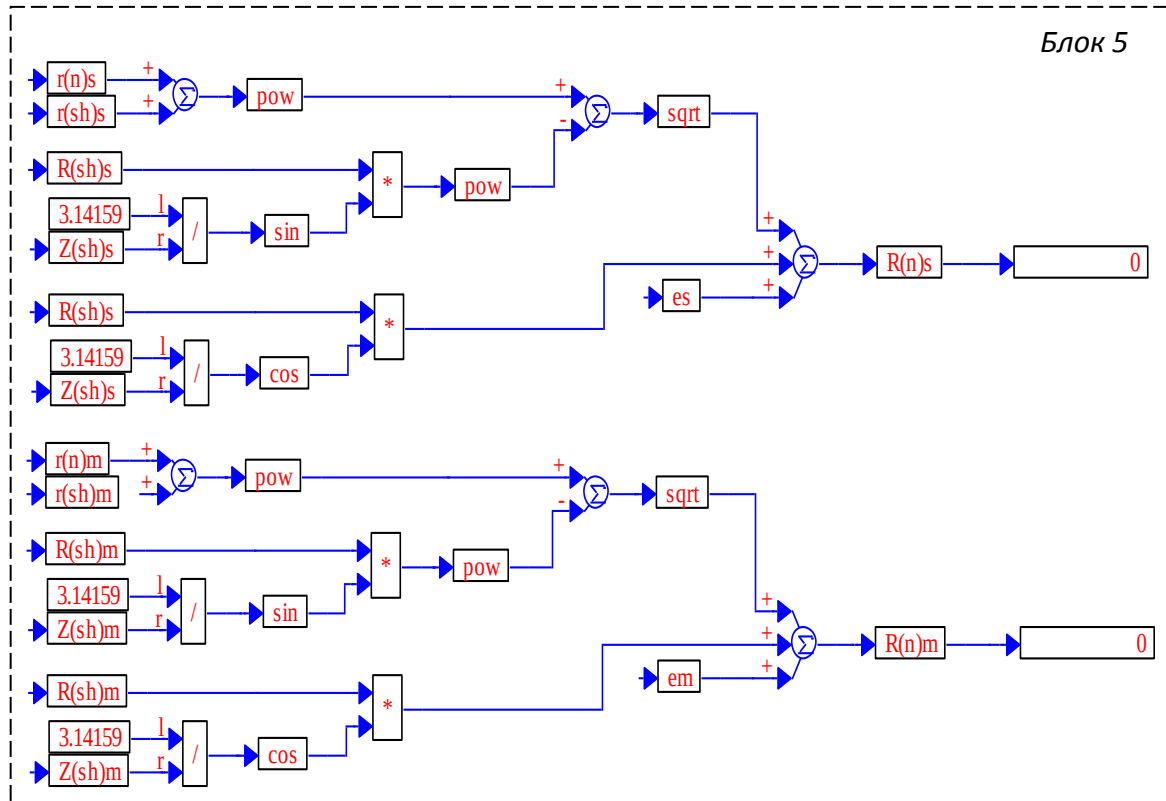


Рис. 5. Блок визначення радіусів розташування центрів зубів
напрямної серійного і модернізованого гідрообертачів

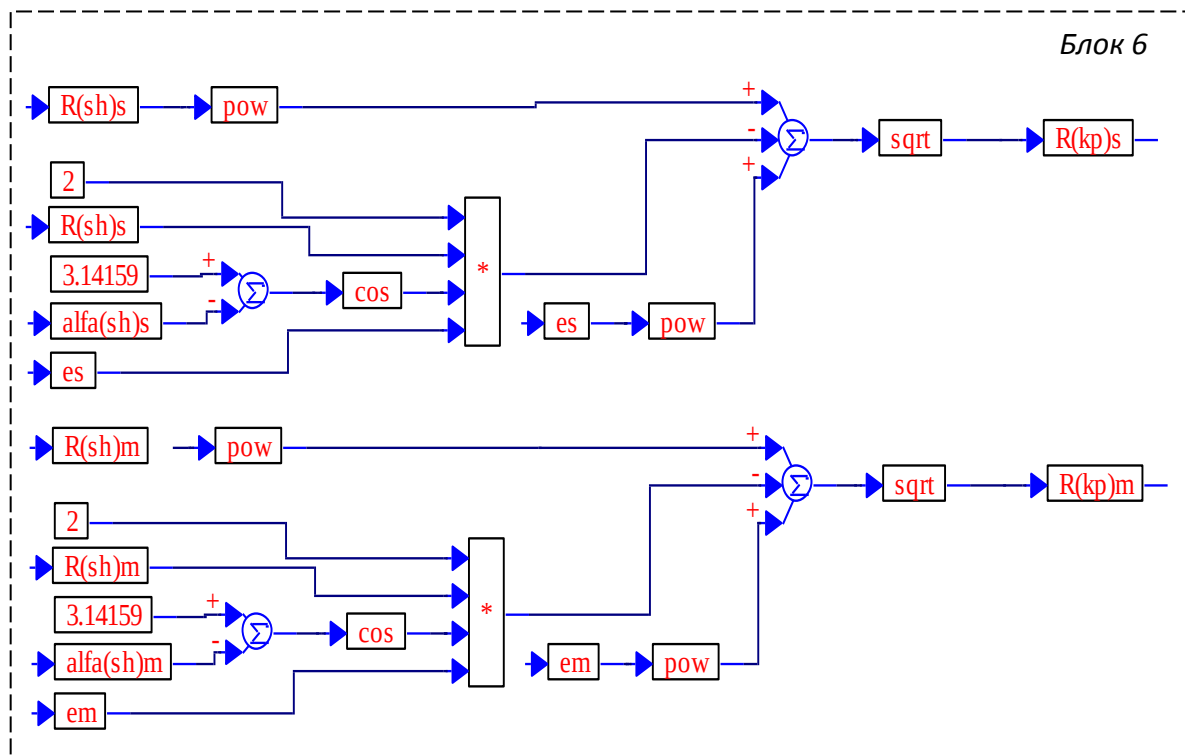


Рис. 6. Блок визначення радіусів розташування центрів вікон
нагнітання і зливу кришки серійного і модернізованого гідрообертачів

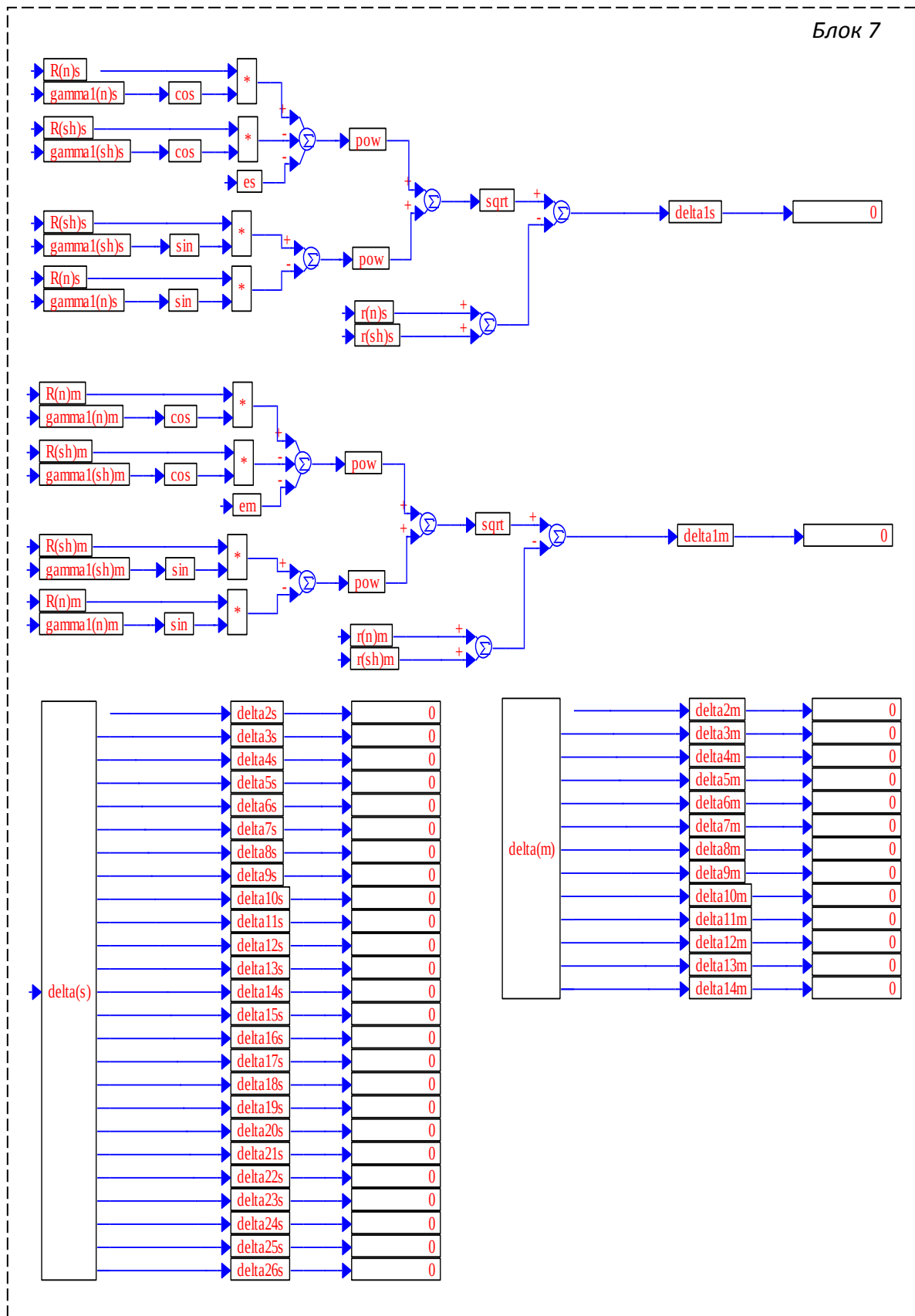


Рис. 7. Блок визначення зазорів між зубами шестерні і напрямної
серійного і модернізованого гідрообертачів

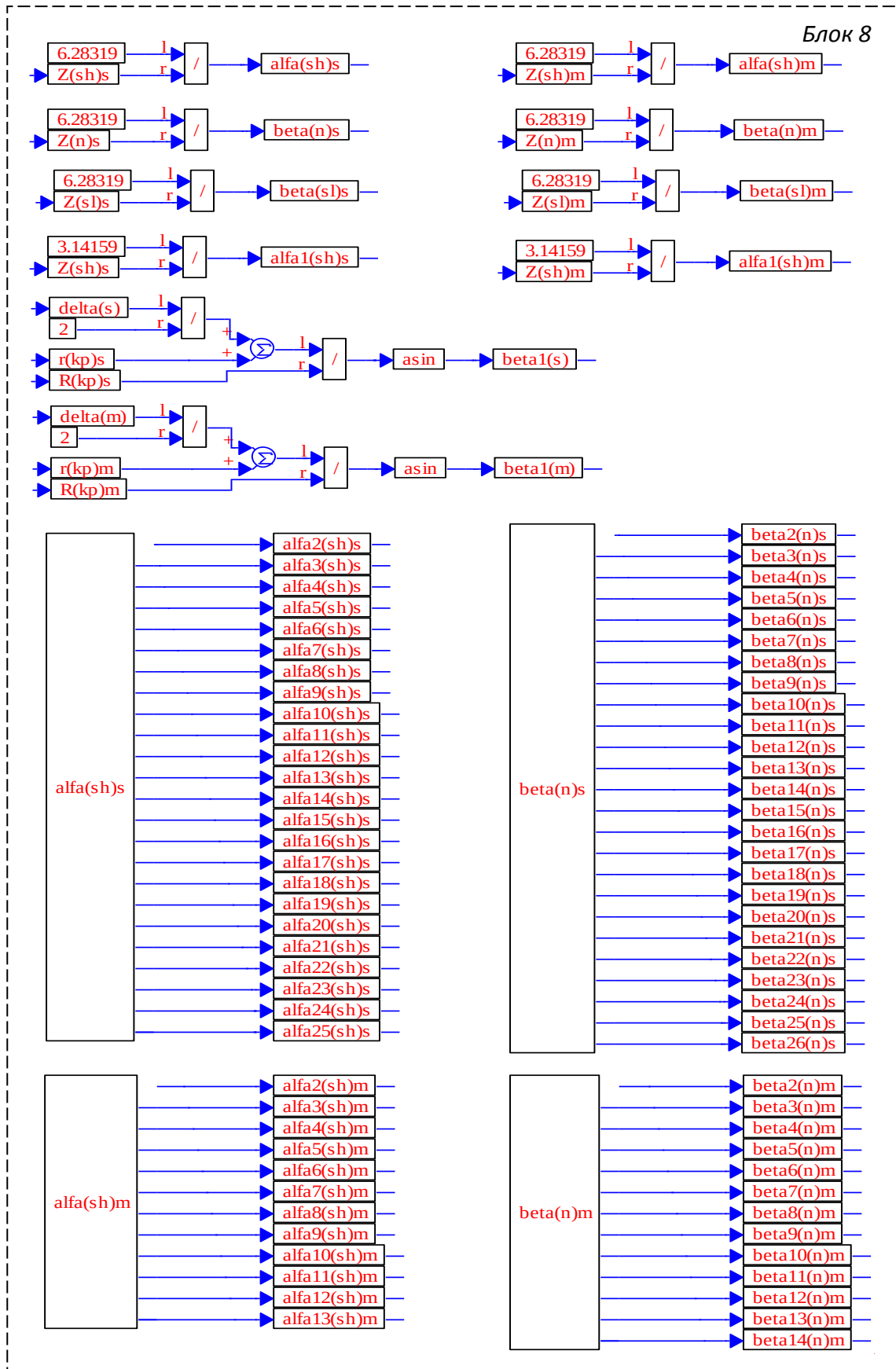


Рис. 8. Блок визначення кутів розташування розподільних вікон шестерні і кришки серійного і модернізованого гідрообертачів

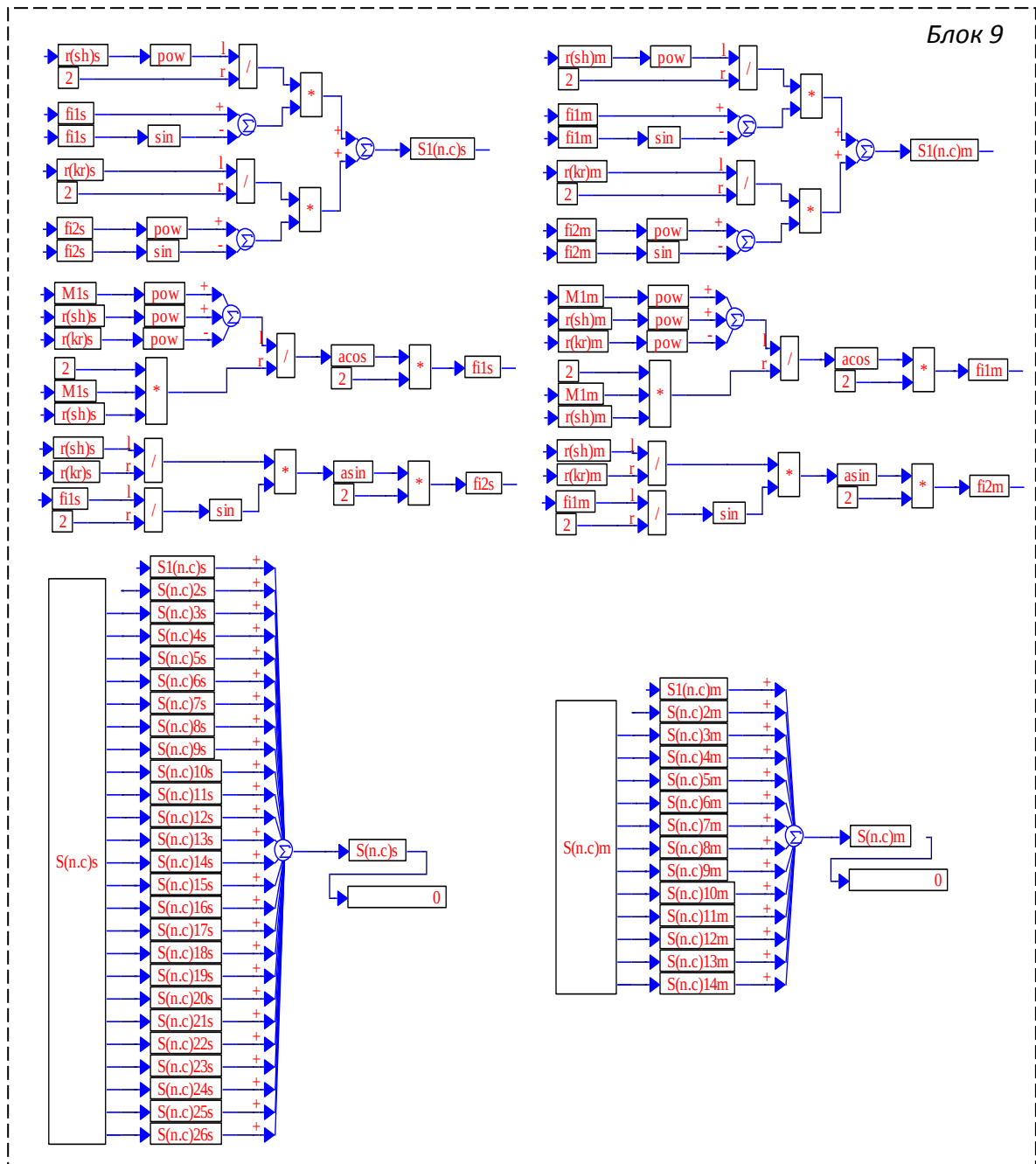


Рис. 9. Блок визначення площі прохідного перетину розподільної системи серійного і модернізованого гідралічних обертачів планетарного типу

Блок 10 (рис. 10) дозволяє визначити міжцентрову відстань між розподільними вікнами шестерні і вікнами нагнітання кришки в залежності від чверті їх розташування для серійного і модернізованого гідралічних обертачів планетарного типу [20,21,24].

Представлена блоком 11 (рис. 11) модель роботи гідрообертача планетарного типу дозволяє визначити зміни: крутного моменту «валу» гідрообертача, кутової швидкості, витрати робочої рідини, корисної та затраченої потужностей, гідромеханічного, об'ємного і загального

льного ККД серійного і модернізованого гідрообертачів планетарного типу з урахуванням конструктивних особливостей його витиску вальної і розподільної систем [25,26].

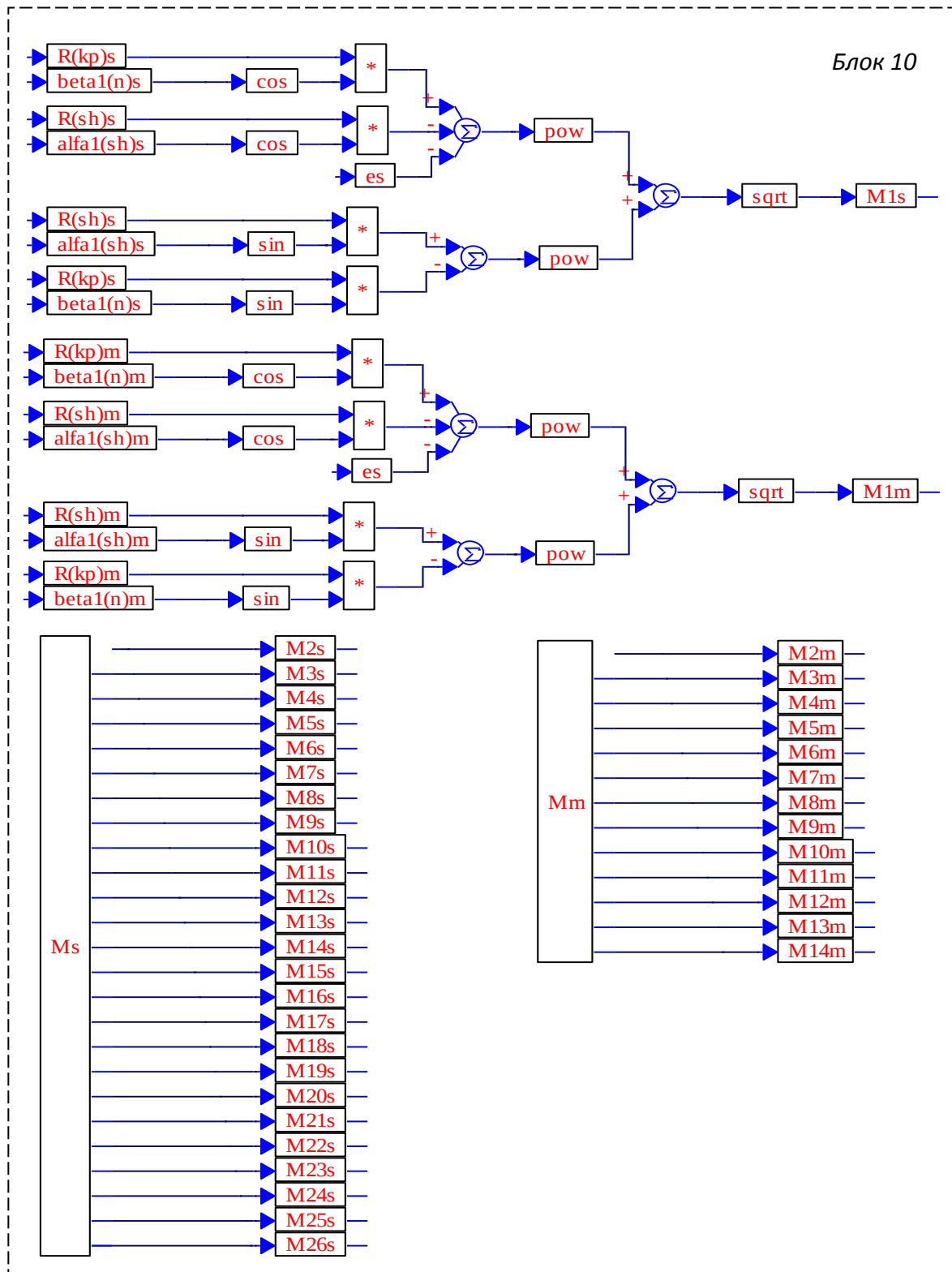


Рис. 10. Блок визначення міжцентрової відстані між розподільними вікнами шестерні і кришки серійного і модернізованого гідрообертачів

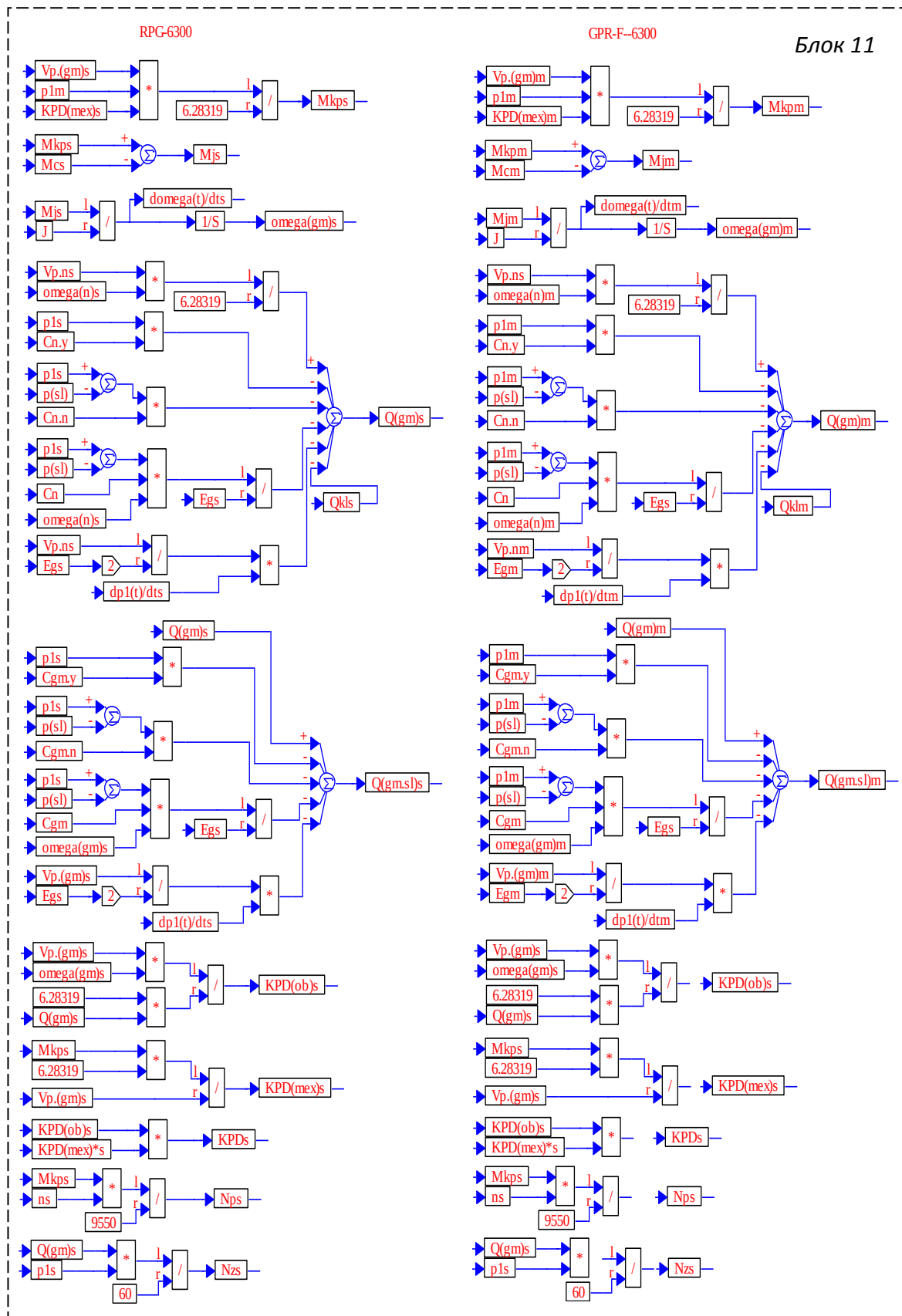


Рис. 11. Блок моделювання роботи серійного і модернізованого гідрообертачів планетарного типу з урахуванням конструктивних особливостей його витискувальної і розподільної систем

Блок 12 (рис. 12) дозволяє моделювати пружно-інерційне навантаження [25,26]. Якщо моделювання роботи гідроагрегату з гідрообертачем планетарного типу проводиться без урахування пружно-інерційного навантаження, то блок 12 відключається. Затримка пружно-інерційного навантаження здійснюється блоком 13 (рис. 13).

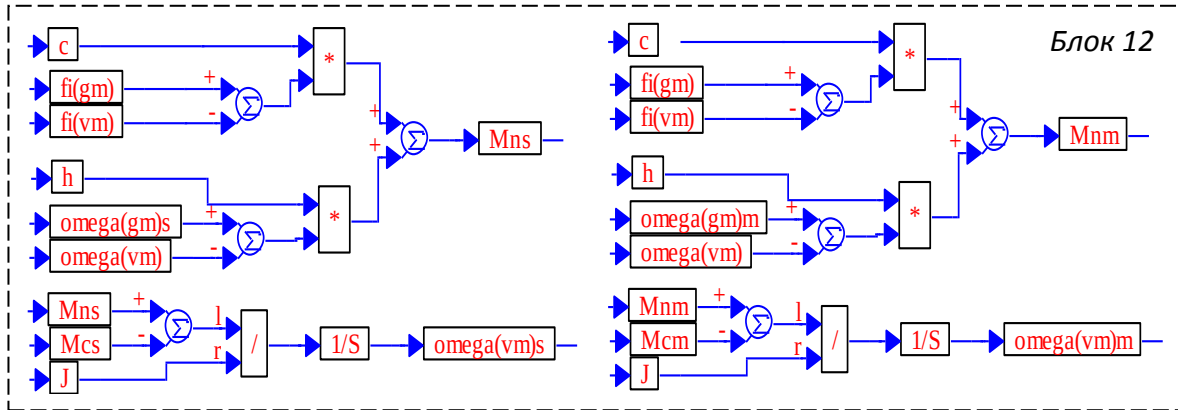


Рис. 12. Блок моделювання пружно-інерційного навантаження

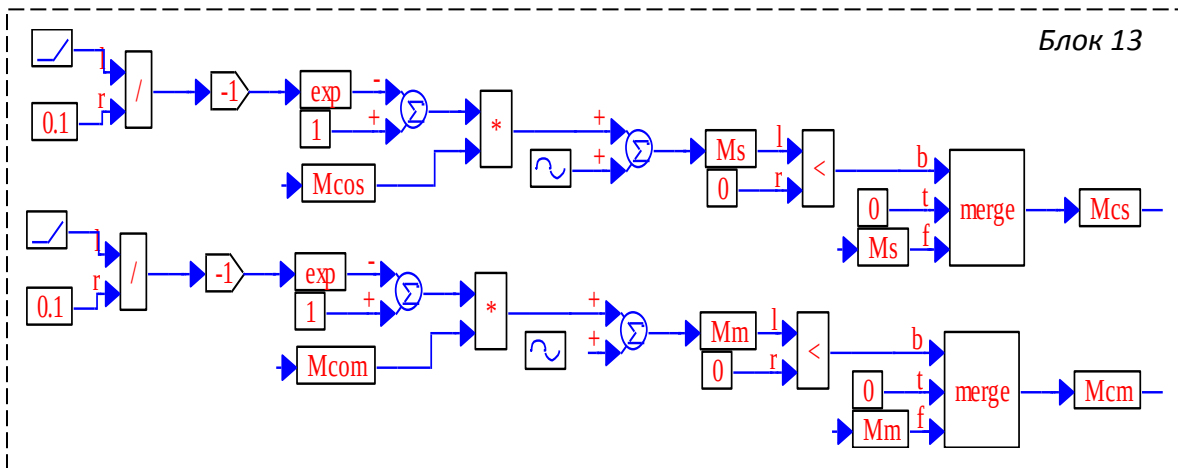


Рис. 13. Блок затримки пружно-інерційного навантаження

Математичний опис трифазної робочої рідини з урахуванням нелінійності представлено блоком 14 (рис. 14).

Зміну тиску в гідроагрегаті з урахуванням конструктивних особливостей витискувальної і розподільної систем серійного гідрообертача описано блоком 15 (рис. 15), а модернізованого – блоком 16 (рис. 16). Блок 17 (рис. 17) дозволяє вивести на екран графічні залежності тиску в гідроагрегаті, моментів опору, крутного і інерційного моментів, частоти обертання «валу» гідрообертача, подачі насоса, витрат через запобіжний клапан і гідрообертач, корисної та затрачуваної потужностей, а так само об'ємного, гідромеханічного і загального ККД з урахуванням конструктивних особливостей витискувальної і розподільної систем при різних умовах експлуатації серійного і модернізованого гідрообертачів планетарного типу в будь-який момент часу.

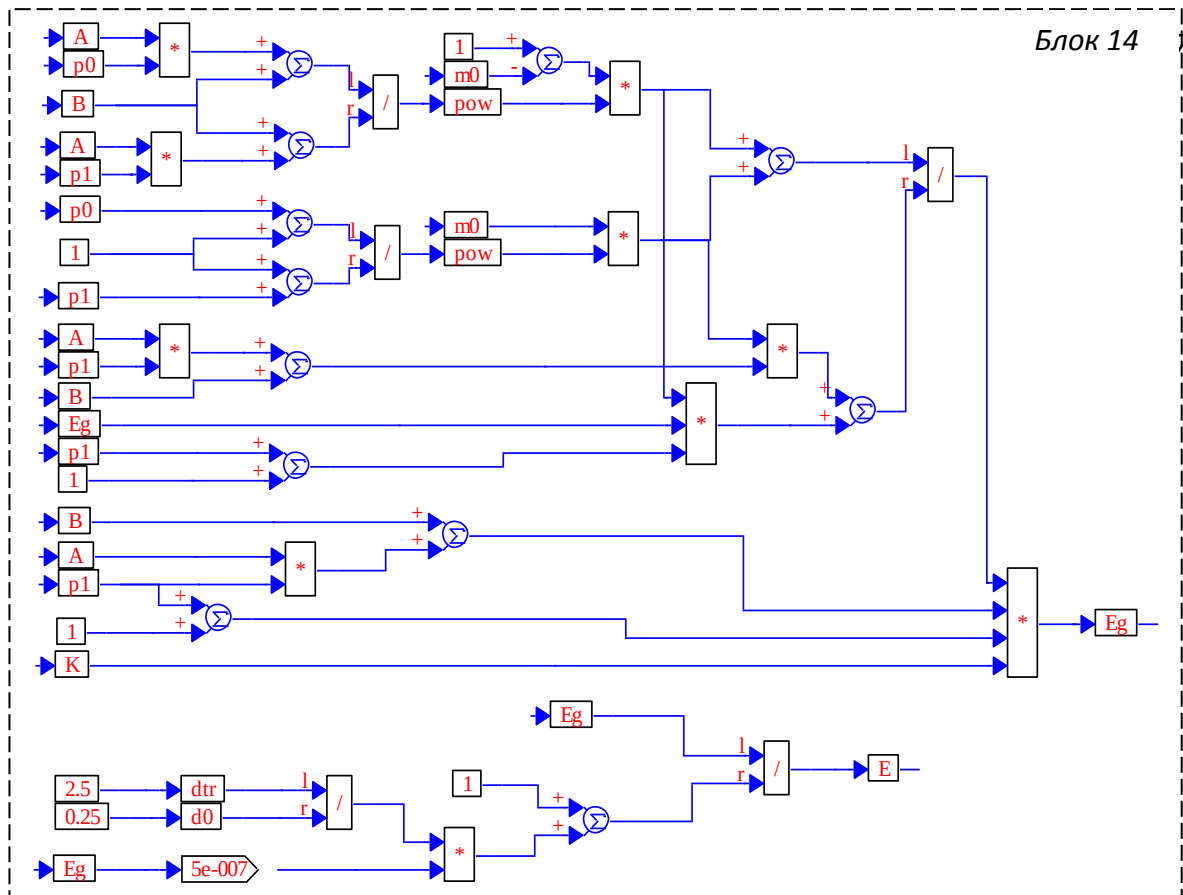


Рис. 14. Блок моделювання двофазної робочої рідини

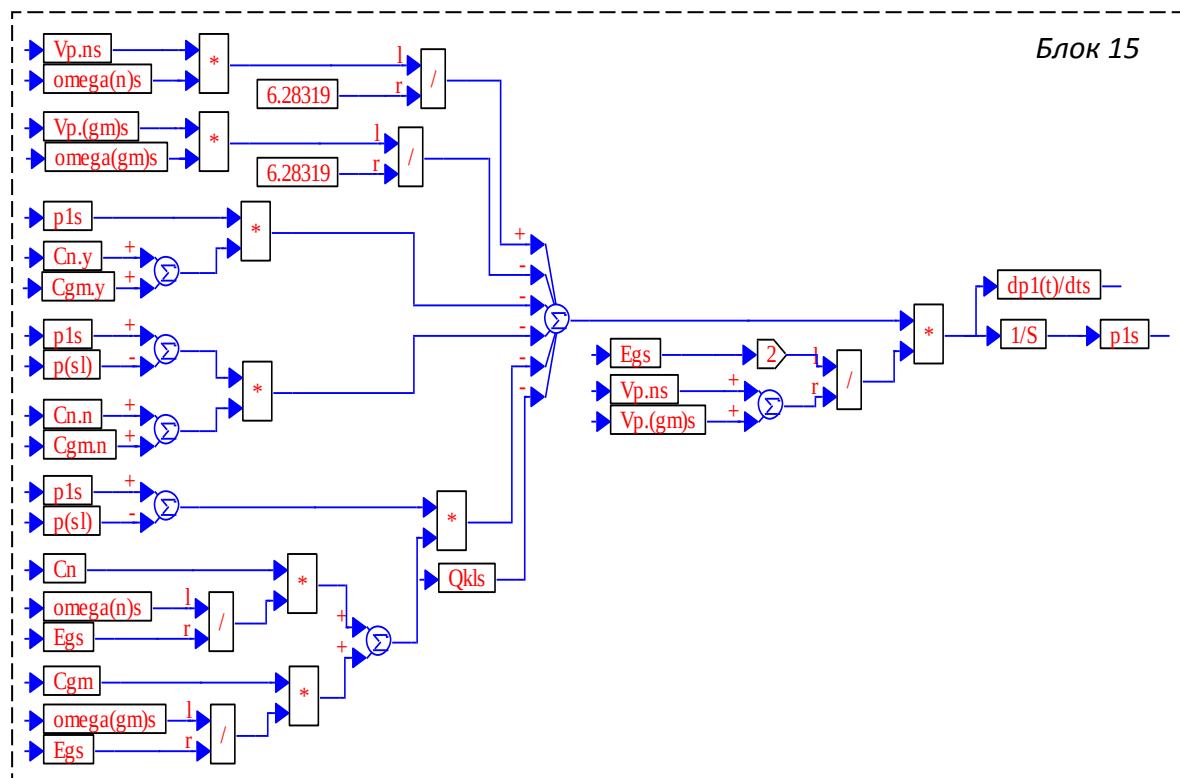


Рис. 15. Блок визначення тиску робочої рідини в гідроагрегаті з урахуванням конструктивних особливостей серійного гідрообертача

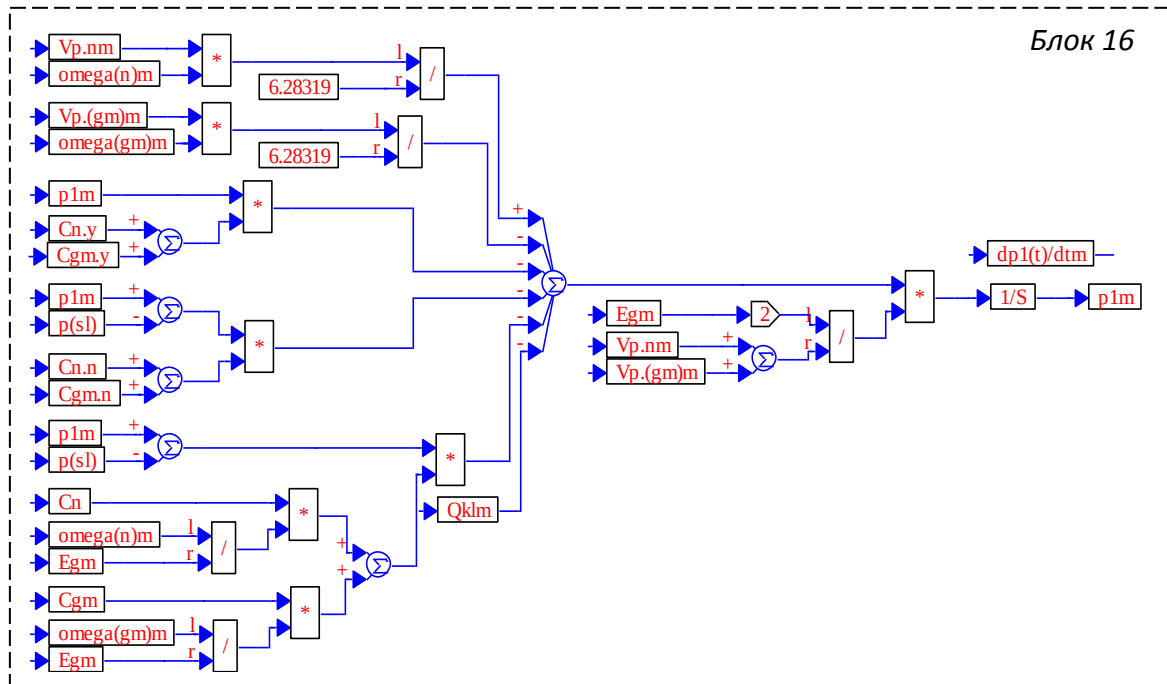


Рис. 16. Блок визначення тиску робочої рідини в гідроагрегаті з урахуванням конструктивних особливостей модернізованого гідрообертача

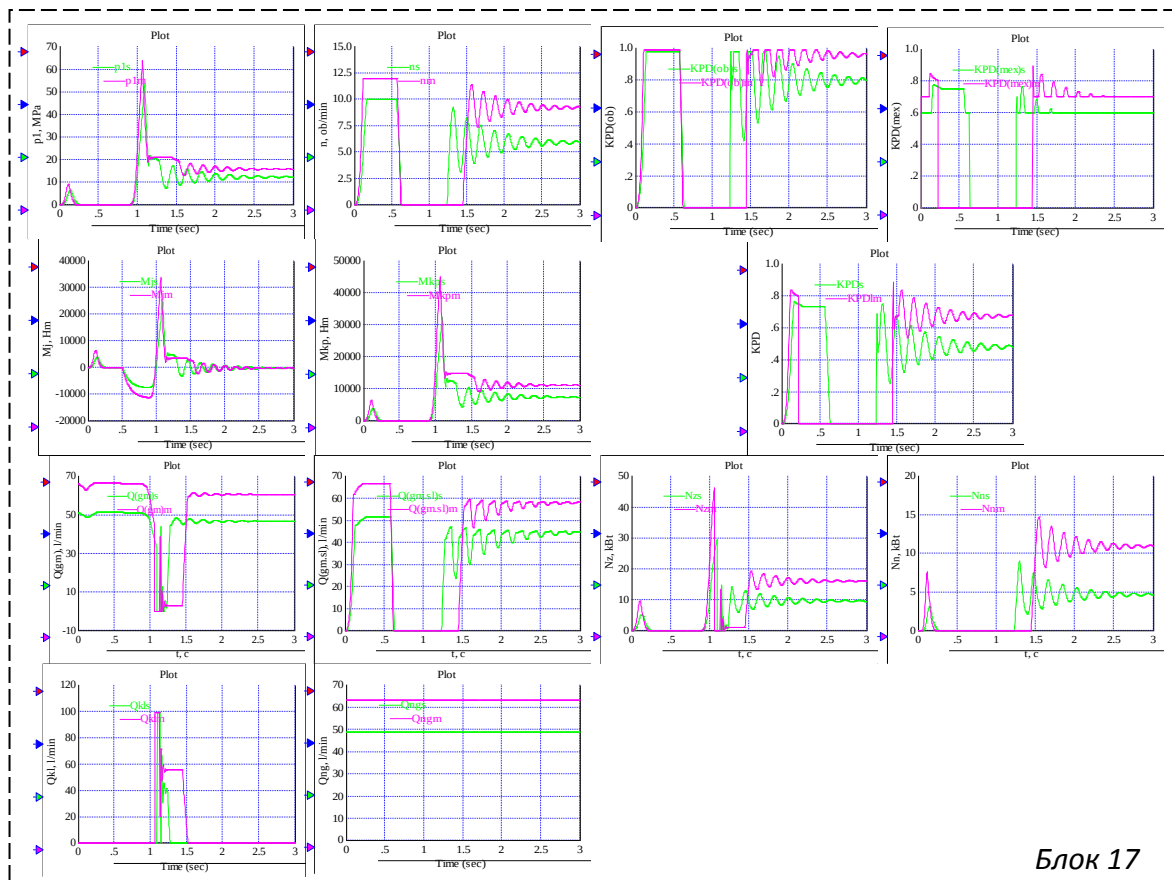


Рис. 17. Блок виведення графічних залежностей вихідних характеристик гідроагрегату з урахуванням конструктивних особливостей серійного і модернізованого гідрообертачів

Моделювання перехідних процесів, що відбуваються в гідроагрегаті з гідрообертачем планетарного типу, виконувалося як для серійного, так і для модернізованого гідрообертачів з робочим об'ємом $V_{\text{рв}} = 6300 \text{ см}^3$. З метою визначення впливу конструктивних особливостей витискувальної і розподільної систем серійного і модернізованого гідрообертачів на зміну динамічних характеристик досліджуваних гідроагрегатів, моделювання здійснювалося одночасно для серійного і модернізованого гідрообертачів.

Висновки. У результаті проведених досліджень обґрунтовано початкові умови і вихідні дані для моделювання роботи

- витискувальної і розподільної систем серійного і модернізованого гідравлічних обертачів планетарного типу, що дозволяє на базі розробленої математичної моделі їх роботи, реалізованої за допомогою пакету імітаційного моделювання Vissim, моделювати зміну зазору між зубами елементів витискувальної системи і зміну геометричних параметрів розподільної системи в залежності від конструктивних особливостей їх елементів у будь-який момент часу;

- серійного і модернізованого гідрообертачів планетарного типу, які працюють у складі гідроагрегату, що дозволяє на базі розробленої математичної моделі робочих процесів гідравлічного обертача планетарного типу у складі гідроагрегату, реалізованої за допомогою пакету імітаційного моделювання Vissim, моделювати перехідні процеси, що відбуваються в серійному і модернізованому гідрообертачах планетарного типу з урахуванням їх конструктивних особливостей, що працюють у складі гідроагрегату, який включає в себе насосну станцію мобільної машини з розімкнутої циркуляцією потоку, з приводним двигуном дизельного типу, нерегульованим шестеренним насосом і запобіжним клапаном непрямої дії, серійний і модернізований гідрообертачі планетарного типу і, діюче на «вал» гідрообертача, пружно-інерційне навантаження, з урахуванням взаємозв'язку всіх елементів гідроагрегату та їх взаємодії з робочою рідиною, з метою дослідження динаміки зміни їх вихідних характеристик в будь-який момент часу.

Література:

1. *Панченко А.И.* Основные направления гидрофикации мобильной техники / *А.И. Панченко, А.А. Волошина, Ю.П. Обернихин* // Праці ТДАТУ. – Мелітополь. – 2013. – Вип. 13. – т.6. – с. 3-19.
2. *Панченко А.И.* Тенденции гидрофикации сельскохозяйственной техники / *А.И. Панченко, В.Н. Кюрчев, А.А. Волошина, С.В. Кюрчев* // Праці ТДАТА. – Мелітополь, 2005. – Вип. 29. – С. 25-37.
3. *Панченко А.И.* Гідромашини для приводу активних робочих органів та ходових систем мобільної сільськогосподарської техніки / *А.И. Панченко* // Техніка АПК. – 2006. – №3. – С. 11-13.
4. *Волошина А.А.* Конструктивные особенности гидромашин планетарного типа, применяемых в гидроагрегатах мобильной техники / *А.А. Волошина* // Науковий вісник ТДАТУ [Електронний ресурс]. – Мелітополь: ТДАТУ, 2013. – Вип. 3. – Т. 1. – С. 65-86.
5. *Панченко А.И.* Разработка планетарных гидромоторов для силовых гидроприводов мобильной техники / *А.И. Панченко, А.А. Волошина, И.А. Панченко* // MOTROL. – Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. – 2015. – Vol. 17. – No 9. – P. 29-36.
6. *Панченко А.И.* Планетарно-роторные гидромоторы. Расчет и проектирование: монография / *А.И. Панченко, А.А. Волошина.* – Мелітополь: Издательско-полиграфический центр «Люкс», 2016. – 236 с.
7. Гидравлические вращатели РПГ [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://gidromash.lipetsk.ru>.
8. *Ерасов Ф.Н.* Новые планетарные машины гидравлического привода / *Ф.Н. Ерасов.* – Киев.: УкрНИИНТИ, 1969. – 55 с.
9. *Панченко А.И.* Математическая модель гидроагрегата с планетарным гидромотором // *А.И. Панченко* / Промислова гідравліка і пневматика, 2005. – №4(10). – С. 102-112.
10. *Панченко А.И.* Математическая модель гидромотора привода активных рабочих органов мобильной техники // *А.И. Панченко, А.А. Волошина, С.Д. Гуйва* / Праці ТДАТА. – Мелітополь, 2006. – Вип. 36. – С. 165-169.
11. *Панченко А.И.* Математическая модель гидропривода вращательного действия // *А.И. Панченко, А.А. Волошина* / Науковий вісник ТДАТУ. – Мелітополь, 2011. – Вип.1. – Т.1. – С. 10-21.
12. *Панченко А.И.* Гидромашины с циклоидальной формой вытеснителей, применяемые в силовых гидроприводах мобильной техники // *А.И. Панченко, А.А. Волошина* / Интердрайв – 2012: Официальный каталог IX форума и выставки (Москва, 27-30 марта 2012 года). – Москва, 2012. – С.179-194.
13. *Панченко А.И.* Способы распределения рабочей жидкости в планетарных гидромашинках / *А.И. Панченко, А.А. Волошина, И.А. Панченко* // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Гідравлічні машини та гідроаг-

регати. – Х.: НТУ «ХП», 2016. – № 20 (1192) – С. 46-52.

14. *Панченко А.И.* Исследование влияния геометрических параметров распределительных систем на функциональные параметры планетарных гидромоторов // *А.И. Панченко, А.А. Волошина, И.И. Милаева, Д.С. Титов* / Праці ТДАТА. – Мелітополь, 2006. – Вип. 38. – С. 45-55.

15. *Панченко А.И.* Конструктивные особенности и принцип работы гидровращателей планетарного типа // *А.И. Панченко, А.А. Волошина, В.П. Кувачев, И.А. Панченко* / Праці ТДАТУ. – Мелітополь, 2012. – Вип. 12. – Т.3. – С. 174-184.

16. *Панченко А.И.* Конструктивные особенности и принцип работы гидромашин с циклоидальной формой вытеснителей / *А.И. Панченко, А.А. Волошина* // Промислова гідроліка і пневматика, 2010. – №3(29). – С. 57–69.

17. *Панченко А.И.* Обоснование геометрических параметров вытеснителей, образованных циклоидальными кривыми // *А.И. Панченко, А.А. Волошина, С.В. Кюрчев, А.И. Засядько* / Праці ТДАТУ. – Мелітополь, 2009. – Вип. 9. – Т.5. – С. 61-67.

18. *Панченко А.И.* Обоснование путей улучшения выходных характеристик гидровращателей планетарного типа / *А.И. Панченко, А.А. Волошина, И.И. Милаева, Д.С. Титов* // Праці ТДАТУ. – Мелітополь, 2009. – Вип. 9. – Т.5. – С. 68-74.

19. *Панченко А.И.* Математическая модель рабочих процессов гидравлического вращателя планетарного типа в составе гидроагрегата // *А.И. Панченко, А.А. Волошина, И.А. Панченко* / Промислова гідроліка і пневматика. – 2014. – з №1 (43). – С. 29-41.

20. *Панченко А.И.* Методика проектирования элементов вытеснительных систем гидровращателей планетарного типа / *А.И. Панченко, А.А. Волошина, И.А. Панченко* // Вісник НТУ «ХП». Серія: Енергетичні та теплотехнічні процеси та устаткування. – Х.: НТУ «ХП». – 2014. – № 1(1044). – С. 136-145.

21. *Панченко А.И.* Методика проектирования элементов распределительных систем гидровращателей планетарного типа / *А.И. Панченко, А.А. Волошина, А.И. Засядько* // Праці ТДАТУ. – Мелітополь. – 2013. – Вип. 13. – т.6. – С. 82-101.

22. *Панченко А.И.* Математическая модель насосной станции с приводным двигателем / *А.И. Панченко, А.А. Волошина, И.А. Панченко* // Праці ТДАТУ. – Мелітополь. – 2013. – Вип. 13. – т.6. – С. 45-61.

23. *Волошина А.А.* Математическая модель предохранительного клапана непрямого действия / *А.А. Волошина* // Праці ТДАТУ. – Мелітополь, 2012. – Вип. 12. – Т.4. – С. 230-239.

24. *Волошина А.А.* Начальные условия моделирования работы гидравлического вращателя планетарного типа // *А.А. Волошина* /

Праці ТДАТУ. – Мелітополь. – 2014. – Вип. 14. – т.4. – С. 81-94.

25. *Волошина А.А.* Обоснование начальных условий моделирования работы гидровращателя планетарного типа в составе гидроагрегата // *А.А. Волошина* / Науковий вісник ТДАТУ [Електронний ресурс]. – Мелітополь: ТДАТУ, 2014. – Вип.4. – т.1.– с. 76-87.

26. *Панченко А.И.* Особенности моделирования рабочих процессов, происходящих в гидравлической системе насос-клапан-гидровращатель / *А.И. Панченко, А.А. Волошина, И.А. Панченко* // Науковий вісник ТДАТУ [Електронний ресурс]. – Мелітополь: ТДАТУ, 2016. – Вип. 6. – Т. 1. – С. 63-79.

ОБОСНОВАНИЕ НАЧАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАБОТЫ ГИДРОВРАЩАТЕЛЯ ПЛАНЕТАРНОГО ТИПА В СОСТАВЕ ГИДРОАГРЕГАТА

Панченко А.И., Волошина А.А., Костюк А.Н., Вишневский В.М.

Аннотация – обоснованы и приняты необходимые начальные условия, ограничения и допущения, позволяющие моделировать рабочие процессы, происходящие в серийном и модернизированном гидровращателях планетарного типа с большим рабочим объемом свыше 6000 см^3 , работающих в составе гидроагрегата, включающего насосную станцию мобильной машины с разомкнутой циркуляцией потока, с приводным двигателем дизельного типа, нерегулируемым шестеренным насосом и предохранительным клапаном с помощью пакета имитационного моделирования Vissim. Моделирование переходных процессов, происходящих в гидровращателях планетарного типа, работающих в составе гидроагрегата, позволит исследовать динамику изменения выходных характеристик серийного и модернизированного гидровращателей планетарного типа, работающих в составе гидроагрегата, с учетом их конструктивных особенностей, а также взаимосвязи всех элементов гидроагрегата и их взаимодействия с рабочей жидкостью.

SUBSTANTIATION OF THE INITIAL CONDITIONS SIMULATION OF THE PLANETARY HYDRAULIC ROTATOR OPERATION AS A PART OF THE HYDRAULIC UNIT

A. Panchenko, A. Voloshina, A. Kostyuk, V. Vishnevsky

Summary

The article presents some necessary starting conditions as well as limits and assumptions allowing to model the working processes which take place inside the serial and updated planetary hydraulic rotators with the large volumes over 6000 cm³. The rotators work as a part of the hydraulic unit which includes a pumping station of the mobile machine with an open flow circulation, a driving diesel engine, a nonadjustable gear pump and a relief valve. The starting conditions have been substantiated and accepted for the modeling with the help of Vis-sim simulation modeling software. The modeling covered transient processes which take place inside the planetary hydraulic rotators working as a part of the hydraulic unit. This enabled to study the dynamics of changes in the output characteristics for the serial and updated hydraulic rotators. The design features of the hydraulic rotators as well as the relationship between all the studied hydraulic system elements have been taken into account while research. The modeling describes the operation of the planetary rotator as a part of hydraulic unit. It consists of a pumping station of the mobile machine with an open flow circulation, a driving diesel engine, a nonadjustable gear pump and a relief valve.

УДК 621.521

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВИХРЕКАМЕРНЫХ НАГНЕТАТЕЛЕЙ С ДВУХСТОРОННИМ ВСАСЫВАНИЕМ

Сёмин Д.А., д.т.н.,

Левашов А.Н., инженер,

Левашов Я.Н., инженер,

Восточноукраинский национальный университет имени В. Даля

Роговой А.С., к.т.н.

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

Тел. (057) 707-37-30

Аннотация – приведены результаты экспериментальных исследований рабочих характеристик вихрекамерных нагнетателей со всасыванием перекачиваемого потока через оба осевых канала в вихревой камере. В них отсутствует сброс среды в дренажный канал. Характеристики нагнетателя сведены к универсальной характеристике. С ростом сопротивления в выходном канале, уменьшается относительный расход перекачиваемой среды. При увеличении полного давления активного потока во входном канале, увеличивается относительный расход перекачиваемой среды.

Ключевые слова – вихрекамерный нагнетатель, эксперимент, энергетические характеристики, струйные аппараты, бездренажный.

Постановка проблемы. Надежность и долговечность нагнетателей, хорошо зарекомендовавших себя при работе на однородных средах, значительно снижаются при перекачивании гетерогенных сред. Так, во многих отраслях промышленности, динамические насосы быстро выходят из строя, вследствие воздействия различных неблагоприятных факторов со стороны рабочих сред и особенностей технологического процесса. Особенно остро вопрос износа стоит в отраслях промышленности, где приходится перекачивать сыпучие материалы или рабочие среды сильно загрязнены. В этом случае подвижные рабочие органы нагнетателей быстро изнашиваются вследствие абразивного износа. Средняя наработка на отказ динамических

насосов на горно-обогатительных комбинатах составляет порядка 700-2000 ч [1]. Кроме того, перекачивание гетерогенных сред приводит к значительному снижению показателей эффективности нагнетателей [2].

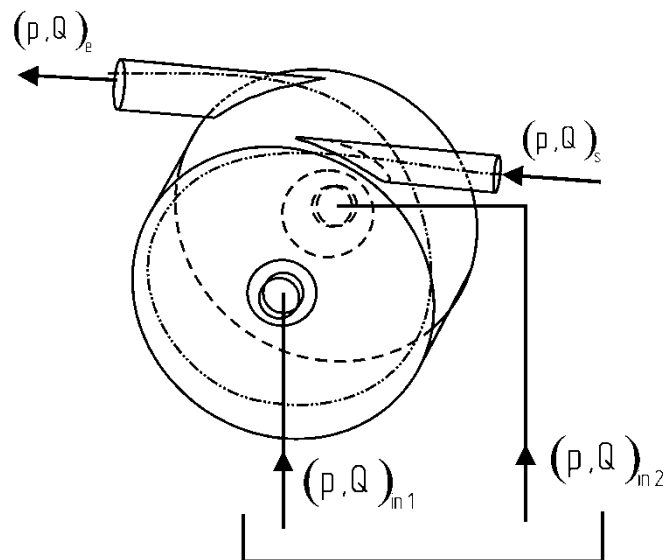
Износ и снижение эффективности работы нагнетателей с подвижными рабочими органами приводит к тому, что становится целесообразным использовать струйные аппараты во многих технологических процессах. Однако, струйные прямоточные нагнетатели, хотя и имеют сравнительно с другими струйными аппаратами, высокий КПД, достигающий 30 %, обладают значительными продольными размерами, что в некоторых технологических процессах усложняет их компоновку [3]. С другой стороны, использование свойств закрученных потоков, таких как снижение давления на оси, привело к созданию вихревых эжекторов, однако их энергетические показатели и КПД были снижены [4]. Таким образом, совершенствование энергетических характеристик струйных нагнетателей является актуальной проблемой, решением которой может быть использование более совершенных принципов передачи энергии и технических решений в конструировании струйных нагнетателей на основе вихревой камеры, которыми являются разработанные нами и исследованные в работе вихрекамерные нагнетатели [5], которые благодаря использованию центробежной силы, обладают лучшей, по сравнению с вихревыми эжекторами, энергетической эффективностью [6].

Анализ последних исследований. Первые публикации о струйных нагнетателях с вихревой камерой смешения опубликованы в [7], однако автором не было проведено каких-либо теоретических или экспериментальных исследований относительно энергетических характеристик. Кроме того, конструкция, предложенная в [7], имеет недостатки, связанные с наличием сброса среды в дренажный канал. Авторы работ [8, 9] обосновали эффективность применения вихрекамерных нагнетателей (ВКН) при перекачивании сыпучих сред и провели экспериментальные исследования, доказавшие их лучшие характеристики, по сравнению с другими струйными нагнетателями с вихревой камерой. Как показано в работе [10], в зависимости от соотношения геометрических параметров, в ВКН может быть реализовано два рабочих процесса: 1) с высокой напорностью, но сбросом среды в дренажный канал; 2) с высокой производительностью и всасыванием перекачиваемого потока через оба осевых канала в торцевых крышках вихревой камеры. Если первый рабочий процесс исследовался экспериментально в работах [8, 9] на однородных и гетерогенных средах, то второй обосновывался только теоретическими исследованиями. Экспериментальные исследования реализации вто-

рого рабочего процесса ВКН, т.е. с высокой производительностью и двухсторонним всасыванием представлены в данной работе.

Формулирование целей статьи (постановка задания). Целью работы является совершенствование путем экспериментальных исследований энергетических характеристик вихрекамерного нагнетателя в режиме двухстороннего всасывания.

Основная часть. Вихрекамерный нагнетатель с двухсторонним всасыванием перекачиваемой среды работает следующим образом (рис. 1): активный поток с объемным расходом Q_s и давлением p_s подается через тангенциальный канал входа в вихревую камеру смешения и выходит из нее через тангенциальный канал выхода. Рабочий поток, смешавшись с перекачиваемым потоком, поступающим через два осевых канала входа с объемными расходами Q_{in1} и Q_{in2} , с давлениями p_{in1} и p_{in2} , поступает в тангенциальный канал выхода с объемным расходом Q_e и давлением p_e . Весь основной поток выходит в выходной патрубок, передавая вращение ядру потока за счет сил турбулентного трения, подобно эжекторам. Этим объясняется разница в распределении параметров по радиусу вихревой камеры и различие в характеристиках вихрекамерных нагнетателей, описанных в работах [10, 11]. При наличии сходства с эжекторами в процессе передачи энергии ядру потока с помощью турбулентного обмена, различие заключается в использовании центробежной силы, что улучшает характеристики нагнетателя за счет снижения потерь при энергообмене между несущей и перекачиваемой средой.



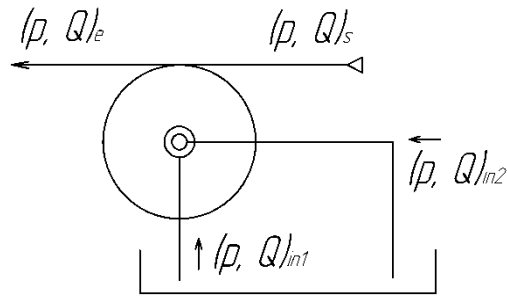
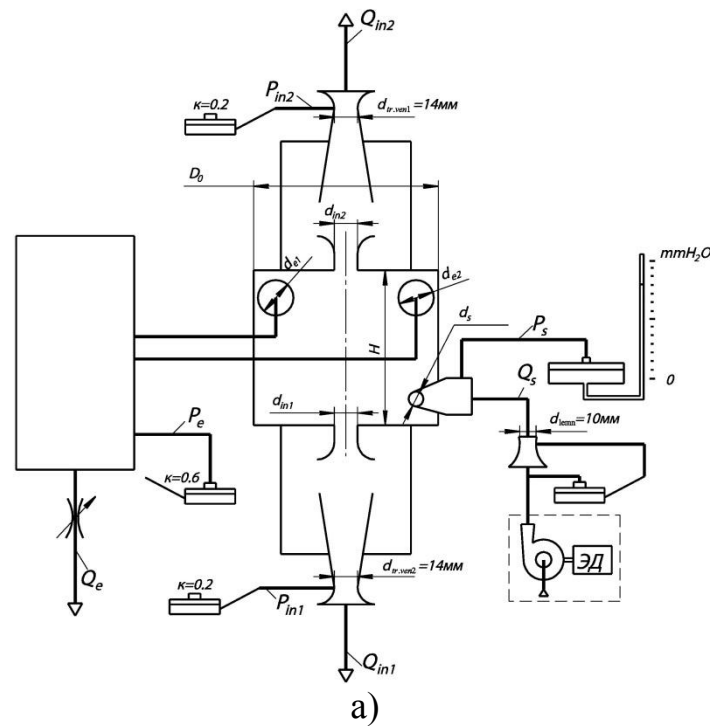


Рис.1. Исследуемый вихрекамерный нагнетатель

Для достижения поставленных целей была разработана специальная экспериментальная установка, схема и фотография которой приведены на рис. 2, а также прозрачная модель ВКН с диаметром вихревой камеры 60 мм.



6)



в)

Рис. 2. Схема экспериментальной установки:
а) схема; б) фотография ВКН; в) фотография установки

Экспериментальные исследования проводились на однородных рабочих средах, воздухе. Воздух от нагнетателя подводился через тангенциальный канал к ВКН через ресивер и расходомерное устройство. Давления и расходы определялись во всех каналах с помощью манометров и расходомеров согласно схеме, представленной на рис. 2. Давление измерялось пьезометрами, а перепад на расходомерах – микроманометрами типа ММН. С помощью общепринятых методик была проведена оценка погрешностей прямых и косвенных измерений. При этом оценены случайные, систематические погрешности, а также погрешности считывания.

При исследовании работы ВКН, объемные расходы рассчитывались по формулам:

$$Q_i = (\mu f)_{pi} \sqrt{\frac{2\Delta p_{pi}}{\rho}};$$

где Q_i – объемные расходы $Q_s, Q_{in1}, Q_{in2}, Q_e$; $(\mu f)_{pi} - (\mu f)_{ps}, (\mu f)_{pin1}, (\mu f)_{pin2}, (\mu f)_{pe}$ – эффективная площадь расходомеров в каналах питания, двух осевых каналов входа и канале выхода соответственно; $\Delta p_{pi} - \Delta p_{ps}, \Delta p_{pin1}, \Delta p_{pin2}, \Delta p_{pe}$ – перепад давления на расходомерах; ρ – плотность воздуха перед расходомерами. Скорость потока была таковой, чтобы можно было не учитывать сжимаемость воздуха, следовательно $\rho = const$,

проверка баланса расходов осуществлялась на основе формулы:

$$Q_e = Q_s + Q_{in1} + Q_{in2};$$

расчет коэффициента полезного действия ВКН производился по соотношению, известному из [12]:

$$\eta = \frac{p_e - p_{in} + \frac{\rho}{2}(V_e^2 - V_{in}^2)}{p_s - p_e + \frac{\rho}{2}(V_s^2 - V_e^2)} \left(\frac{Q_e}{Q_s} \right),$$

где V_e , V_s , V_{in} – скорости газа в тангенциальных каналах выхода, питания и всасывания соответственно.

На рис. 3 показана характеристика вихрекамерного нагнетателя с двухсторонним всасыванием перекачиваемого потока, полученная путем регулирования дросселем, стоящем в выходном канале.

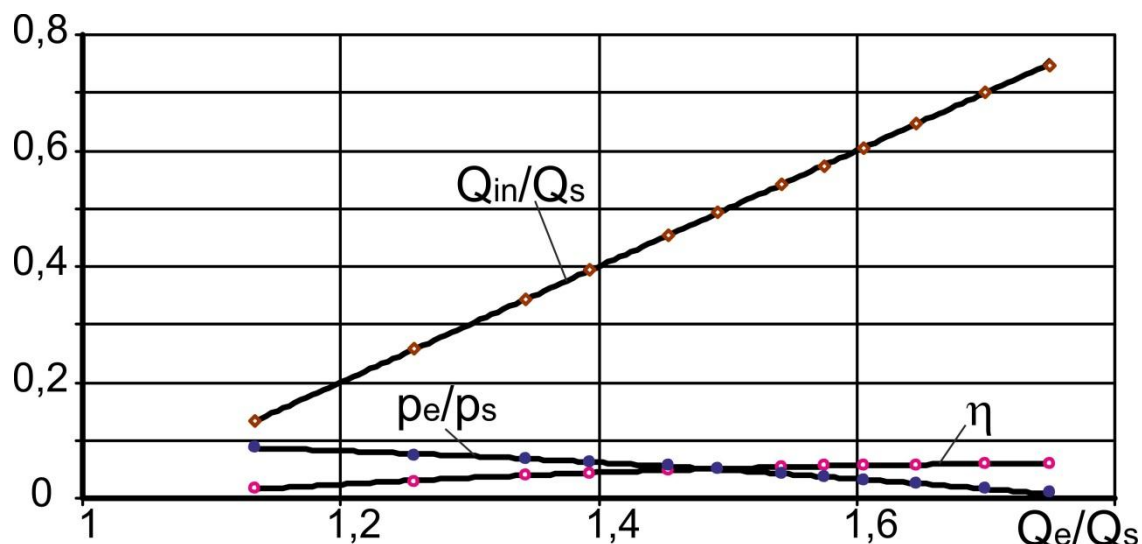


Рис. 3. Универсальная характеристика вихрекамерных нагнетателей со всасыванием перекачиваемого потока через оба осевых канала в торцевых крышках вихревой камеры (бездренажный вариант работы)

Характеристика представляет собой зависимости относительно-го давления на выходе из устройства, КПД и относительного расхода всасывания в устройство (так называемый коэффициент эжекции) от относительного объемного расхода на выходе из устройства. Все характеристики ВКН могут быть сведены к одной универсальной характеристике $p = f(Q)$, как и для нагнетателей других типов.

Как видно из рис.3, при работе устройства на несжимаемой рабочей среде имеется максимум коэффициента полезного действия в зоне $1,7 Q_e/Q_s$. При увеличении отношения давления выхода p_e ко

входу p_s отношения расходов на выходе и всасывания в устройство к расходу активного потока падает. Здесь $Q_{in} = Q_{in1} + Q_{in2}$.

На рис.4 представлена зависимость относительного перепада давлений в ВКН для разных значений отношения расхода, всасываемого в устройство к расходу активного потока. Характер зависимости подобный характеристике прямооточных струйных аппаратов и вихревых эжекторов. На рис. 4 использованы обозначения: $\Delta p_e = p_e - p_{in}$, $\Delta p_s = p_s - p_{in}$.

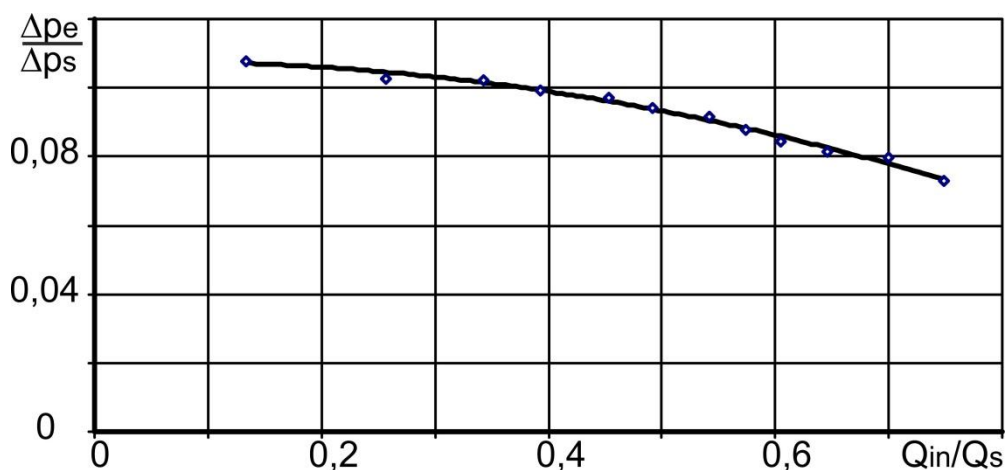
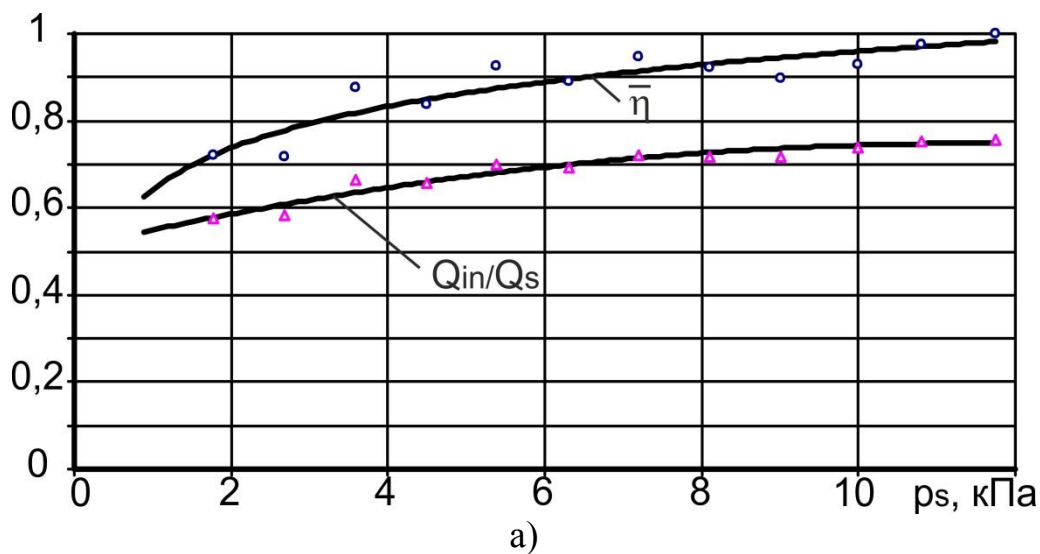


Рис. 4. Относительный перепад давлений в ВКН для разных значений коэффициента эжекции



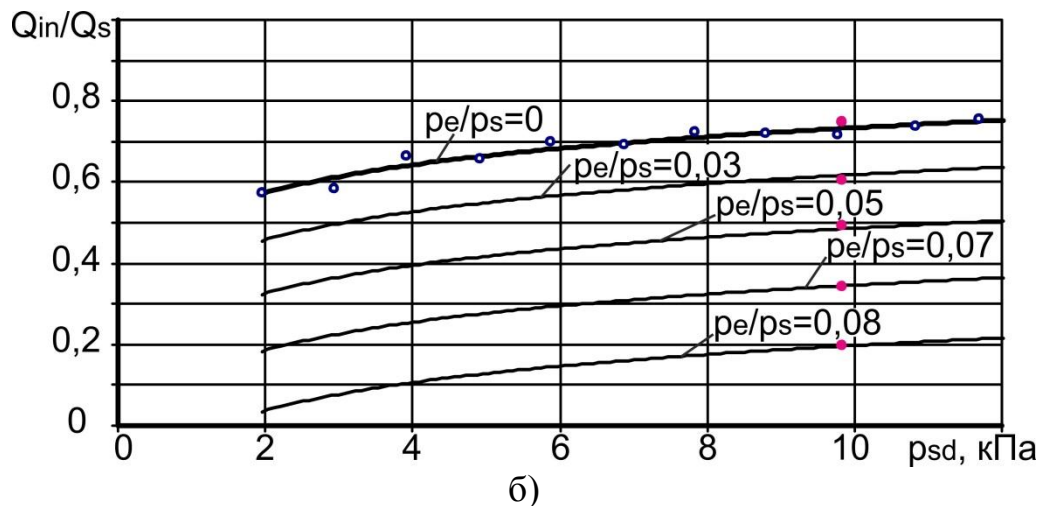


Рис. 5. Залежність відносного КПД (а) і коефіцієнта ежекції від тиску живлення (б)

На рис.5а представлено изменение відносного КПД (отношен к КПД при максимальном давлении питания) и коэффициент эжекции (отношение всасываемой в нагнетатель жидкости через осевые каналы входа к расходу жидкости, поступающей через канал питания) от давления питания. КПД растет с ростом давления питания, т.е. с ростом энергии активного потока, подводимого к нагнетателю. Можно видеть, что отношение Q_{in}/Q_s данной конструкции нагнетателя стремится к 0,75.

Как видно из рис.5б с ростом сопротивления в выходном канале, что иллюстрируется соотношением p_e/p_s , уменьшается относительный расход перекачиваемой среды. При увеличении полного давления активного потока во входном канале, увеличивается коэффициент эжекции (относительный расход перекачиваемой среды).

Выводы. Проведены экспериментальные исследования рабочих характеристик вихрекамерных нагнетателей в режиме двухстороннего всасывания перекачиваемого потока:

1. Характеристики вихрекамерного нагнетателя с двухсторонним всасыванием перекачиваемой среды (так называемый бездренажный режим работы) могут быть сведены к универсальной характеристике $Q = f(p)$.
2. При работе устройства на несжимаемой рабочей среде имеется максимум коэффициента полезного действия в зоне $1,7 Q_e/Q_s$. При увеличении отношения давления выхода p_e к входу p_s отношения расходов на выходе и всасывания в устройство к расходу активного потока падает.

3. С ростом сопротивления в выходном канале, т.е. с ростом соотношения p_e / p_s , уменьшается относительный расход перекачиваемой среды. При увеличении полного давления активного потока во входном канале, увеличивается коэффициент эжекции.

Литература:

1. Ванев С.М. Повышение энергоэффективности насосного оборудования горно-обогатительных комбинатов / Ванев, С. М., Евтушенко, А. А., Сапожников, С. В., Соляник, В. А. // Вісник СумДУ. – 2008. – №2. – С. 126-134.
2. Євтушенко А.О. Гідродинамічні машини і передачі: Навч. посібник для студ. вищих навч. закл. / Євтушенко А.О. – Суми : Видавництво СумДУ, 2005. — 256с.
3. Соколов Е.Я. Струйные аппараты. / Соколов Е.Я., Зингер Н.М. – 3-е изд., перераб. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 352 с.
4. Вихревые аппараты / [А.Д. Суслов, С.В. Иванов, А.В. Мурашкин, Ю.В. Чижилов]. – М.: Машиностроение, 1985. – 256 с.
5. Сьомін Д.О. Вплив закручення потоку, що перекачується, на енергетичні характеристики вихрекамерних насосів / Д.О. Сьомін, А.С. Роговий, А.М. Левашов. // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Серія: Гідравлічні машини та гідроагрегати. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2016. – № 20 (1192) – С. 68-71.
6. Rogovyi A.S. Comparative Analysis Of Performance Characteristics Of Jet Vortex Type Superchargers / A.S. Rogovyi, Ye. Voronova // Автомобильный транспорт. – 2016.– Вып. 38. С. 93–98.
7. Jeffrey L. Beck. Vortex injection method and apparatus. Патент США № 4449862, 1980.
8. Роговий А.С. Удосконалювання енергетичних характеристик струминних нагнітачів. Дис...канд. техн. наук: 05.05.17 / Східноукраїнський національний ун-т ім. Володимира Даля. — Луганськ, 2007. — 193 с.
9. Сёмин Д.А. Экспериментальные исследования характеристик струйно-вихревого насоса. /Сёмин Д.А., Роговой А.С.// Вісник СумДУ. – 2005. – 12(84). – С. 64-70.
10. Syomin D. Features of a working process and characteristics of irrotational centrifugal pumps. /Syomin D., Rogovyi A.// Procedia Engineering, Volume 39, 2012, Pages 231–237. <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2012.07.029>.
11. Роговий А.С. Особливості режимів роботи вихорокамерних нагнітачів / А.С. Роговий // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета: сб. науч. тр. – 2016. – Вып. 75. – С. 120-128.

12. Башта Т.М. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы./ Башта Т.М., Руднев С.С., Некрасов Б.Б. – М.: Машиностроение, 1982.– 423 с.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВИХОРОКАМЕРНИХ НАГНІТАЧІВ ІЗ ДВОСТОРОННІМ ВСМОКТУВАННЯМ

Сьомін Д.О., Левашов А.М., Левашов Я.М., Роговий А.С.

Анотація – наведені результати експериментальних досліджень робочих характеристик вихорокамерних нагнітачів із всмоктуванням середовища, що перекачується через обидва осьові канали у вихровій камері. В них відсутнє скидання середовища через дренажний канал. Характеристики нагнітача зведені до універсальної характеристики. Із зростанням опору в вихідному каналі, відносна витрата середовища, яке перекачується зменшується. При збільшенні повного тиску активного потоку у вхідному каналі, збільшується коефіцієнт ежекції.

EXPERIMENTAL RESEARCHES OF WORKING CHARACTERISTICS OF VORTEX CHAMBER SUPERCHARGERS WITH TWO-SIDED SUCKING

D. Syomin, A. Levashov, Ya. Levashov, A. Rogovyi

Summary

Results of experimental researches of working characteristics of vortex chamber superchargers with sucking a pumped over flow through both axial channels in the vortex chamber are resulted. In them there are no losses of mediums in drainage the channel, unlike vortex chamber superchargers with the drainage channel. Characteristics of a supercharger are shown to the universal characteristic. With resistance growth in the exit channel, the fluid flow rate of the pumped over flow decreases. At increase in a total pressure of an active flow in the entrance channel, the injector factor increases.

УДК 664.72

АНАЛИЗ ПРОЦЕССА СЕПАРАЦИИ ОЧЕСАННОГО ВОРОХА ЗЕРНОВЫХ

Пастушенко С.И., д.т.н.

ОП Национального университета биоресурсов и природопользования Украины «Бережанский агротехнический институт»

Тел. (067) 75-07-972

Аннотация – изложены результаты анализа процесса сепарации очесанного вороха зерновых и поставлены задачи решение которых повысит эффективность данного процесса.

Ключевые слова – очес зерновых, очесанных ворох, сепарация, случайные процессы, фракционный состав вороха.

Постановка проблемы. На сегодняшний день основным способом уборки зерновых культур является комбайновая уборка. Однако несмотря на широкое практическое внедрение данный способ имеет ряд существенных недостатков, главным из которых является высокая стоимость комбайнов, значительные энергозатраты на уборочный процесс, потери зерна при уборке, существенное уплотняющее воздействие ходовых систем комбайнов на почву и другие. Устранить данные недостатки позволит технология, основанная на принципе очесывания растений на корню.

Очесывание растений на корню можно выполнять двумя способами, либо в комбайновом варианте, путем повышения очесывающего устройства на комбайны, либо в стационарном.

Стационарный вариант уборки зерновых предполагает очесывание растений уборочной машиной, сбор очесанного вороха в прицепную тележку и транспортировку наполненной ворохом тележки на стационарный пункт, где происходит обработка очесанного вороха [1, 2, 3].

На наш взгляд стационарный вариант более предпочтительный, чем комбайновый, по многим причинам, во-первых, не требуется наличия самого комбайна, во-вторых, затраты энергии на самопередвижение уборочной машины, значительно меньше, чем комбайна с навешенным очесывающим устройством, в-третьих стационарный вариант позволяет перевести ряд операций уборочного процесса на электропривод, тем самым существенно снизить затраты жидкого

осветленного топлива.

По данным [4, 5] стационарный способ уборки зерновых культур с применением метода очесывания растений на корню позволит снизить общие энергозатраты на уборку 1 га на 66%, энергозатраты приходящиеся на уборку и транспортировку на зерноток 1 кг зерна – на 45%, а энергозатраты на уборку, транспортировку и скирдование 1 кг соломы – на 35%.

Однако данная технология несмотря на свое явное преимущество не находит пока широкого практического применения, это связано в первую очередь с отсутствием технических средств реализации данной технологии. Если первая операция – очесывание растений на корню достаточно полно рассмотрены в работах Шабанова П. А. [6], Гончарова Б. И. [7], Данченко Н. Н. [8], Голубева И. К. [9] то остальные операции уборочного процесса обоснованы частично. Поэтому возникает проблема обоснования процесса доработки очесанного вороха. И в этой технологической цепи несомненно первоочередной задачей является сепарация очесанного вороха, при этом сепарация здесь рассматривается, как часть уборочного процесса.

Анализ последних исследований. Научные основы стационарной технологии уборки заложены в работе Леженкина А. Н. [10], где рассматриваются операции уборочного процесса с использованием теории массового обслуживания. Однако технологический процесс сепарации очесанного вороха там не рассматривается. Разработкой рабочих органов для сепарации очесанного вороха риса занимались Шкиндер В. Н. [10] и Аблогин Н. Н. [11].

Шкиндер В. Н. [10] обосновал технологическую схему ротационного сепаратора для сепарации очесанного вороха риса. Ротационный аппарат представлял собою комбинацию штифтового и молотильного барабанов, работающих совместно с сепарирующими решетками.

Недостатком данного рабочего органа является повышенный уровень травмирования зерна, в результате ударного воздействия штифтов на зерновки. Устранить данный недостаток можно за счет использования для сепарации очесанного вороха риса скальператорных рабочих органов. Эта идея была использована Аблогиным Н. Н. Однако данный рабочий орган, непригоден для сепарации очесанного вороха зерновых колосовых, по причине различия фракционного состава очесанного вороха риса и фракционного состава очесанного вороха зерновых колосовых.

Формулировка целей статьи (постановка задания). Проанализировать процесс сепарации очесанного вороха и поставить задачи исследований направленных на разработку универсального ворохоочистителя.

Основная часть. При воздействии очесывающих рабочих органов на соцветие зерновых культур получается очесанный ворох. Данный ворох включает в себя свободное зерно, грубые солоmistые примеси, оборванные колоски (метелки) и полову. У различных сельскохозяйственных культур получается различный фракционный состав. Коренным образом отличается очесанный ворох метелочных культур от колосовых. Так в очесанном ворохе сорго содержится свободного зерна 72...83% [12], в очесанном ворохе риса – 78% [8], а по данным [13] даже 80...92%, в очесанном ворохе проса 87,3% [14], в тоже время согласно результатов исследований [15] свободного зерна в очесанном ворохе озимой пшеницы содержится 35...43%, по данным [15] – 60...61%.

Таким образом при разработке технологической схемы ворохоочистителя необходимо учитывать ворох каких культур он будет обрабатывать – метелочных или колосовых.

Второй фактор, который необходимо учитывать при обосновании процесса сепарации – это вероятностная природа, условий его функционирования, т.е. входные воздействия являются случайными в вероятностно-статистическом смысле. Рассмотрим модель функционирования ворохоочистителя с позиций статистической динамики [17] (рис. 1).

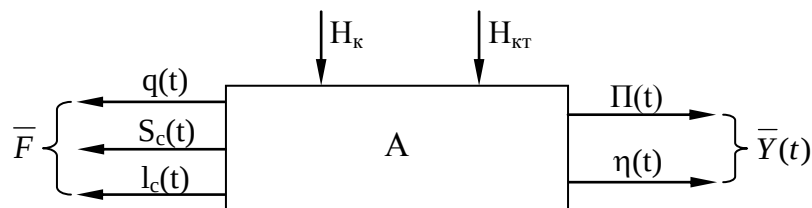


Рис. 1. Модель функционирования

На входе ворохоочистителя действует вектор-функция $\bar{F}$ внешних воздействий, компонентами которой являются подача очесанного вороха $q(t)$, процентное содержание крупных солоmistых примесей и оборванных колосков $S_c(t)$, а также размерные характеристики сходовой фракции $l_c(t)$ (главным образом длина соломин).

Выходные параметры описываются вектор-функцией $\bar{Y}$, составляющими которой являются производительность $P(t)$ и качество функционирования ворохоочистителя $\eta(t)$, которое определяется количеством соломенных примесей в проходовой фракции.

Рассмотрим более подробно модель функционирования ворохоочистителя (рис. 1).

Полагая некоррелированными входные воздействия модель можно представить в виде двух подсистем, каждая из которых имеет

один выход $\Pi(t)$ и $\eta(t)$ и три входа $q(t)$, $S_c(t)$ и $l_c(t)$. Свойства каждой из этих подсистем определяются оператором ($A_i (i = \Pi, \eta)$), характеризующим преобразование входных воздействий $q(t)$, $S_c(t)$ и $l_c(t)$ в выходные. Оператор $A(i)$ преобразует входной процесс ворохоочистителя $F(t)$ в выходной $Y(t)$ [16] так что:

$$Y(t) = A_i[F(t)]. \quad (1)$$

Процессы $F(t)$ и $Y(t)$ являются случайными и задаются множеством их реализаций, т.е. $F(t) = \{q(t), S_c(t), l_c(t)\}$ и $Y(t) = \{\Pi(t), \eta(t)\}$.

ГОСТ 21878-76 определяет оператор системы как правило, по которому каждой реализации входного сигнала ставится в однозначное или взаимно-однозначное соответствии реализации выходного сигнала. При таком определении оператора для каждой модели на рис. 1 можно записать следующие соотношения

$$\begin{aligned} \Pi(t) &= A_{\Pi}^q[q(t)] + A_{\Pi}^{S_c}[S_c(t)] + A_{\Pi}^{l_c}[l_c(t)] \\ \eta(t) &= A_{\eta}^q[q(t)] + A_{\eta}^{S_c}[S_c(t)] + A_{\eta}^{l_c}[l_c(t)] \end{aligned} \quad (2)$$

Из выражения (2) видно, что операторы A_{Π}^i и A_{η}^i устанавливают соответствие между входными воздействиями $q(t)$, $S_c(t)$, $l_c(t)$ и выходными переменными $\Pi(t)$, $\eta(t)$.

Управляющими воздействиями в модели являются настроечные конструктивно-технологические параметры $H_{КТ}$ и кинематические параметры H_K .

Третьим фактором, который необходимо учитывать при разработке конструктивно-технологической схемы ворохоочистителя очесанного вороха является механико-технологические свойства очесанного вороха. Очесанный ворох представляет собой многокомпонентную несипучую смесь (свободное зерно, крупные солоmistые примеси, оборванные колоски, полова, мелкие сорные примеси, легкие примеси и т.д.). В классическом смысле просепарировать такую смесь и получить зерно требуемой чистоты невозможно. В данном случае процесс сепарации очесанного вороха можно рассматривать как разделение его на две фракции крупный ворох, включающий в себя солоmistые примеси и оборванные колоски и мелкий ворох, состоящий из свободного зерна, половы, мелких примесей, легкий примесей и т.д. Мелкий ворох подлежит дальнейшей обработке на ветрорешетных зерноочистительных машинах, а крупный ворох должен поступать на домолот, с целью выделения зерна из оборванных колосков (метелок).

Выводы: В результате анализа установлено, что на процесс сепарации очесанного вороха влияют фракционный состав очесанного вороха, который зависит от вида убираемой культуры (метелочная или колосовая), случайная в вероятностно-статистическом смысле

природа внешних воздействий, механико-технологические свойства очесанного вороха (многокомпонентность его состава, несыпучесть и т.д.). Исходя из изложенного на первом этапе очесанный ворох можно разделить на две фракции крупный ворох и мелкий ворох (зерно с примесями).

Литература:

1. *Леженкин А. Н.* Перспективная технология уборки зерновых для фермерских и крестьянских хозяйств Юга Украины / *А. Н. Леженкин* // Актуальные проблемы инженерного обеспечения АПК: международ. науч. конф. – Ярославль, 2003. – Ч. III. – С. 28-29.

2. *Кушнарев А. С.* Энергосберегающая технология уборки зерновых для фермерских и крестьянских хозяйств / *А. С. Кушнарев, А. Н. Леженкин* // Перспективные технологии уборки зерновых культур, риса и семян трав: сб. докл. междунар. научн.-технич. конф.: сб. докл. междунар. науч.-техн. конф. / ТГАТА. – Мелитополь, 2003. – С. 17-21.

3. Пат. 20841 Україна, МПК А 01 D 41/08. Спосіб збирання зернових культур / *О. М. Леженкін* (Україна) №U200609091; под. 16.08.2006; надр. 15.02.2007, бюл. №2.

4. *Леженкин А. Н.* Энергетическая оценка стационарной технологии уборки зерновой части урожая / *А. Н. Леженкин* // Механизация и электриф. сел. х-ва. – 2007. – №2. – С. 5-7.

5. *Леженкин А. Н.* Технологии уборки зерновых культур методом очеса на корню: состояние и перспективы / *А. Н. Леженкин, В. И. Кравчук, А. С. Кушнарев.* – Дослідницькое, 2010. – 400 с.

6. *Шабанов П. А.* Механико-технологические основы обмолота зерновых культур на корню: дис... докт. техн. наук / *П. А. Шабанов.* – Мелитополь – 1988. – 336 с.

7. *Гончаров Б. И.* Исследование рабочего процесса очесывающего устройства для обмолота риса на корню с целью уменьшения потерь зерна: дис... канд. техн. наук / *Б. И. Гончаров.* – М, 1982. – 217 с.

8. *Данченко Н. Н.* Обоснование параметров щеточного устройства для очесывания метелок риса на корню: автореф. дис... канд. техн. наук / *Н. Н. Данченко.* – Челябинск, 1983. – 15 с.

9. *Голубев И. К.* Обоснование основных параметров и режимов работы двухбарабанного устройства для очеса риса на корню: дис... канд. техн. наук / *И. К. Голубев.* – М., 1989. – 201 с.

10. *Леженкин А. Н.* Методология формирования энерго- и ресурсосберегающей технологии уборки зерновых культур в условиях фермерских хозяйств (на примере Украины): дис. ... докт. техн. наук / *А. Н. Леженкин.* – Санкт-Петербург – Пушкин – Мелитополь, 2008. – 394 с.

11. *Шкиндер В. Н.* Обоснование параметров и разработка моло-

тильно-сепарирующего устройства перспективных рисоуборочных комбайнов: дис... канд. техн. наук / *В. Н. Шкиндер*. – Мелитополь, 1991. – 226 с.

12. *Аблогин Н. Н.* Обоснование технологической схемы и параметров устройства для сепарации очесанного вороха риса: дис... канд. техн. наук / *Н. Н. Аблогин*. – Мелитополь, 1997. – 215 с.

13. Исследование технологии уборки риса методом очеса его на корню: отчет по НИР / МИМСХ; Рук. *П. А. Шабанов*. – тема 32В. – Мелитополь, 1975. – 98 с.

14. *Леженкін О. М.* Аналіз виробничої перевірки збиральної машини для фермерських господарств / *О. М. Леженкін, С. М. Григоренко* // Праці ТДАТУ. – Мелітополь, 2007. – Вип. 7, т. 2. – С. 194-202.

15. Разработать и внедрить перспективную технологию уборки зерновых культур в хозяйствах Приазовского района, обеспечивающую повышение производительности в 1,5...2,0 раза, снижение потерь зерна в 2...3 раза; отчет о НИР / МИМСХ; Рук. *В. Н. Цыбульников*. – Мелитополь, 1986. – 67 с.

16. *Цыбульников В. Н.* Результаты исследований уборочной машины / *В. Н. Цыбульников, А. Н. Леженкин, В. В. Масленников* // Совершенствование рабочих органов машин и повышение эффективности их технологических процессов в растениеводстве / ЛСХИ. – Л., 1991. – С. 34-37.

17. *Лурье А. Б.* Статистическая динамика сельскохозяйственных агрегатов / *А. Б. Лурье*. – Л.: Колос, 1970. – 370 с.

АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ СЕПАРАЦІЇ ОБЧІСАНОГО ВОРОХУ ЗЕРНОВИХ

Пастушенко С. І.

Анотація – викладені результати аналізу процесу сепарації обчісаного вороху зернових та поставлені завдання вирішення яких підвищить ефективність даного процесу.

ANALYSIS OF SEPARATION COMB HEAP OF GRAIN

S. Pastushenko

Summary

The results of the analysis of process of separation of grain ochesannogo heap and set the tasks the solution of which will increase the efficiency of the process.

УДК 681.5

АПАРАТНИЙ СПОСІБ ОЦІНКИ ВПЛИВУ ЕЛЕКТРИЧНОГО ПОЛЯ НА ОБРОБКУ НАСІННЯ ЗЕРНОВИХ АЕРОЗОЛЕМ РОБОЧОГО РОЗЧИНУ

Діордієв В.Т., д.т.н.,

Новіков Г.В., інженер

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 42-11-74

Анотація – в роботі представлено результати експериментальних досліджень взаємодії електризованого аерозолі і електризованого зерна. Описана методика експерименту. Обґрунтовано критерій оцінки взаємодії. Наведені результати повно факторного експерименту впливу подачі зерна, різниці потенціалу та вмісту маркеру.

Ключові слова – аерозоль, електроаерозоль, зерно, однофакторний експеримент, багатофакторний експеримент.

Постановка проблеми. На практиці зустрічається глибоке бактеріальне та грибкове зараження насіннєвого матеріалу, яке перевищує 50% [7]. На сьогоднішній день основним методом боротьби з грибовими та бактеріальними інфекціями зерна та насіння сільськогосподарських культур залишається хімічне протруювання. Необхідність використання отрутохімікатів обумовлена тим, що фітопатогенні інфекції у насіннєвому зерні призводять до погіршення посівних якостей, гальмуванню росту та розвитку рослин, зниженню врожаю [8]

Для досягнення високих врожаїв розповсюджений технологічний процес (ТП) інкрустації насіннєвого матеріалу робочими розчинами, які містять речовини, що сприяють росту, розвитку та стійкості до хвороб і шкідників у перші дні росту. Дослідження СКНІМЕСХ показали, що при протруюванні лабораторна схожість насіння може знижуватись на 10% та більше [8]. Саме тому провідні вчені рекомендують обов'язкову хімічну передпосівну обробку насіння з метою захисту від хвороб, шкідників фунгіцидами й інсектицидами, дозволеними до використання в Україні [2]

Мінімальна ступінь протруювання може становити 85%, однак при оптимально проведену роботу вона може збільшитися до 90-95% (табл. 1) [9].

Таблиця 1 - Максимально допустимі відхилення від заданого ступеня протруювання посівного матеріалу і їх причини

Показник	Припустимі відхилення від заданого значення, %
Дозировка протруйника та його розприскування	± 10
Здатність прилипати та утримуватись	± 3
Втрати діючої речовини в устаткування для протруювання	± 1
Помилки вимірювання в лабораторії	± 1
Максимальна сума відхилень	± 15

Якість обробки такого насіння контролюється лабораторними методами, що не дозволяє виконувати систематичний контроль та корегувати настроювання автоматичної системи керування (АСК) ТП.

Аналіз останніх досліджень. Відомі методики контролю якості нанесення робочого розчину на поверхню насіння, за допомогою лабораторних дослідів. Вони включають послідовність хімічних дослідів, виконаних у заданій кількості матеріалу, який відібрано за певними правилами, з метою мінімізації похибки вимірювань [3, 9]. Такі способи є тривалими у часі, вимагають спеціальної лабораторії, кваліфікованого персоналу та мають вагомий вплив людського фактору. Контроль здійснюється після завершення ТП, що унеможлиблює корегування параметрів АСК.

Відоме технологічне обладнання для протруювання насіння сприяє його надмірному зволоженню та травмуванню, що призводить до зниження посівних показників зерна та підвищенню енергетичних витрат на додаткове підсушування.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Обґрунтувати інформаційний показник для оцінювання якості роботи технологічного обладнання для протруювання насіннєвого матеріалу.

Основна частина. Відповідно до раніше виконаних досліджень було запропоновано електротехнічний комплекс для протруювання насіннєвого матеріалу з використанням електромагнітних полів [5]. Запропонований комплекс дозволяє знизити травмування зерна та енергетичні витрати на додаткове підсушування. Заявлені показники досягаються за рахунок падіння зерна через заряджену аерозольну хмару.

Для удосконалення оцінки якості обробки насіння нами запропоновано використовувати люмінесцентний маркер, збудником якого є ультрафіолетове опромінення, пристрій візуального контролю та ро-

зроблене програмне забезпечення для визначення параметрів зернового вороху [1]. При застосуванні комп'ютерної техніки можливо використати апаратний спосіб оцінки насіннєвого матеріалу, з мінімізацією впливу людського фактору, виявити.

Вхідними даними є фотографія вороху насіння під час обробки, або після неї, при однакових умовах зовнішнього освітлення. Результат зберігається у файлі графічного формату без зміни його змісту при побудованому відкритті. Визначається частота відтінків кольорів (при розбитті кожного пікселя за RGB-складовими). Отримані частоти використовують як інформаційний показник.

Для проведення дослідів насіннєвий матеріал був отриманий у ПП «АСКОН» (с.м.т. Якимівка, Запорізька обл.). Проби поділені на групи за величиною заряду аерозолі робочого розчину, який подається з однаковою витратою. Подача насіннєвого матеріалу дорівнювала 0,1 кг/с. Концентрація маркеру – 40 мл/л (робоча рідина – вода). Подача робочого розчину – 6 л/год. Напруга заряду аерозолі – 0 – 10 кВ.

Зерно насипом опромінювали ультрафіолетовою лампою і фотографували у темному приміщенні (розсіяне освітлення на рівні проби – 2 лк) фотоапаратом з однаковими налаштуваннями. Результат зберігали у файлі графічного формату BMP, як рисунок з 24-х розрядним кольором, з якого визначали частоту відтінків кольорів RGB-моделі. Для надання висновків використовували данні частот відтінків кольорів.

Розроблено програмне забезпечення (рис. 1). Зовнішньою оболонкою для створення програми служив Borland Delphi6.0. При розробці програми використовувалася мова четвертого рівня Pascal Object. Основними задачами в процесі програмної реалізації є: одержання параметрів кольорового зображення; отримання графіків дискретного ряду розподілу відтінків кожного кольору; експорт даних.

Основна задача полягає у тому, щоб на основі даних про розподіл відтінків основних кольорів RGB-моделі, котрі отримані із зображень зернового насипу, зробити достатньо надійні висновки про режим роботи оприскувача, які б повною мірою характеризували загальну сукупність.

Теоретичне рішення цього питання перш за все ґрунтується на загальній теоремі великих чисел» [4].

Згідно неї, із збільшенням кількості досліджень (у нашому випадку кількість зерен, які фотографуються) різниця між частотою та ймовірністю події буде мало відрізнятися від дійсності. Відповідно до мети досліджень, цей закон можна використати для того, щоб визначити розмір зображення або необхідну кількість зерен, достатньої для достовірного представлення дослідної партії.

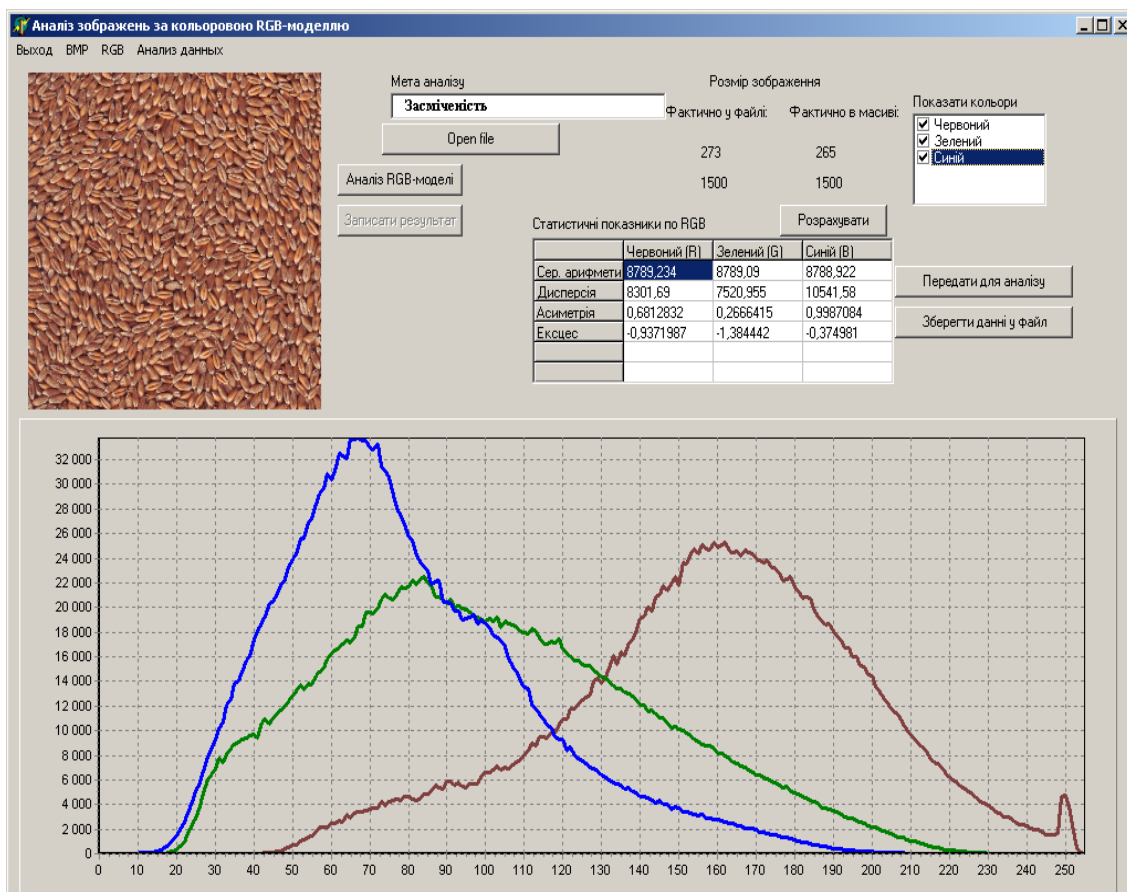


Рис.1. Вікно діалогу з користувачем

За допомогою критерію Стьюдента було доведено, що при роботі з зображенням 750×750 px середні значення частот відтінків відрізняються статистично не значуще. Тому, керуючись теорією великих чисел, за якою, для ймовірності події $P=0,95$ та припустимої помилки $\varepsilon=0,05$, рекомендована кількість сканованих зерен дорівнюватиме 384 [4]. Найближчою до такої кількості зерен містить зображення 1000×1000 px (табл. 2).

Таблиця 2 – Середня кількість зерен у зображеннях

Розмір, px	400×400	800×800	1000×1000	1500×1500	2000×2000
Кількість зерен, шт	39	192	312	673	1128

З графічного представлення емпіричних даних (рис. 2) можна побачити, що характер зв'язку є складним. Крім того, важко виявити кореляційний зв'язок між графікою та умовами обробки. Отримані розподіли можна характеризувати як за статистичними показниками, які характеризують весь розподіл (табл. 3), так і за окремими ділянками.

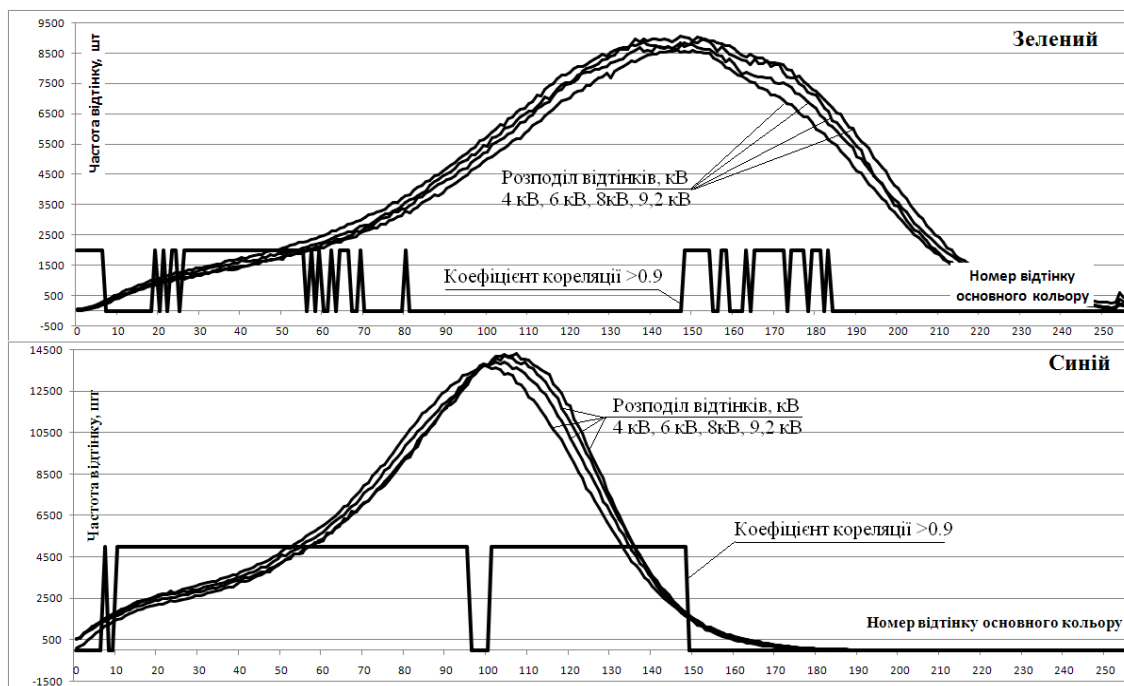


Рис. 2. Розподіл відтінків основних кольорів фотографій насіннєвого матеріалу в ультрафіолетовому опроміненні, при обробці аерозолію напругою 4, 6, 8 та 9,2 кВ

Таблиця 3 – Статистична оцінка розподілів відтінків основних кольорів RGB-моделі, обробленого насіння в ультрафіолетовому опроміненні.

Напруга, кВ	0	2	4	6	8	9,2	
Показник							r_{xy}
Червоний							
$\bar{x}$	3914	3914	3914	3914	3914	3914	-
Дисперсія	5039	5080	4977	5010	5038	4961	-0,56
Асиметрія	1,01	1,08	0,96	1,00	1,02	0,97	-0,41
Ексцес	-0,41	-0,26	-0,56	-0,47	-0,42	-0,51	-0,44
Зелений							
$\bar{x}$	3914	3914	3914	3914	3914	3914	-
Дисперсія	2997	2987	2991	2988	2989	3101	0,56
Асиметрія	0,36	0,37	0,36	0,32	0,37	0,38	0,08
Ексцес	-1,39	-1,40	-1,34	-1,40	-1,38	-1,39	0,06
Синій							
$\bar{x}$	3929	3914	3914	3914	3914	3929	-
Дисперсія	4560	4490	4473	4510	4543	4619	0,44
Асиметрія	1,00	1,02	0,96	0,96	1,00	1,01	-0,01
Ексцес	-0,34	-0,30	-0,40	-0,42	-0,33	-0,32	-0,03

Примітка: $\bar{x}$ - середє арифметичне; Γ_{xy} - коефіцієнт лінійної кореляції

Аналіз статистичних показників розподілів (табл. 4) не дозволяє виокремити основний колір та відзначити його як основний інформативний показник. У зв'язку з чим, прийнято рішення проаналізувати кожний відтінок, та за допомогою коефіцієнту лінійної кореляції [6] прийняти рішення про його інформативність (рис. 2). В результаті розрахунків червоний колір не мав відтінків, які мають коефіцієнт кореляції більше $|0,8|$. В свою чергу, зелений та синій кольори, мають достатньо велику кількість ділянок відтінків коефіцієнт кореляції, яких більше $|0,9|$. Очевидно, що для подальшого аналізу доцільно використовувати відтінки синього кольору у діапазоні від 10 до 150 (рис. 4).

Таблиця 4 – Значення коефіцієнтів рівнянь регресії та коефіцієнту лінійної кореляції

Напруга, кВ Відтінок	4	6	8	9,2	Коефіцієнт лінійної кореляції
a_2	-8	-8	-8	-8	0,94
a_1	458	480	507	510	0,987
a_0	6617	5869	5154	5014	-0,989
вершина x	29	31	33	34	0,997
вершина y	13300	13404	13544	13681	0,987

З візуального аналізу експериментальних даних можна припустити наявність параболічної залежності між розподілами. Враховуючи, що відтінки 70 та 130 мають максимальний приріст по частоті, то даний діапазон буде проаналізовано інструментами регресійного аналізу. Апроксимуємо експериментальні дані параболічною функцією [6]:

$$y_{x2} = a_0 + a_1 \cdot x + a_2 \cdot x^2 \quad (1)$$

Коефіцієнти рівняння регресії визначаємо за методом найменших квадратів, для цього використовується відповідна система нормованих рівнянь [6]:

$$\begin{cases} a_0 \cdot n + a_1 \cdot \sum_{i=1}^n x_i + a_2 \cdot \sum_{i=1}^n x_i^2 = \sum_{i=1}^n y_i \\ a_0 \cdot \sum_{i=1}^n x_i + a_1 \cdot \sum_{i=1}^n x_i^2 + a_2 \cdot \sum_{i=1}^n x_i^3 = \sum_{i=1}^n x_i \cdot y_i \\ a_0 \cdot \sum_{i=1}^n x_i^2 + a_1 \cdot \sum_{i=1}^n x_i^3 + a_2 \cdot \sum_{i=1}^n x_i^4 = \sum_{i=1}^n x_i^2 \cdot y_i \end{cases} \quad (2)$$

Для аналізу використовуються середньоарифметичні значення відтінків за 4 пробами кожного досліджу. Проби не мають статистично

значущих помилок за кожним відтинком, що визначалось за стандартною методикою по критерію Стьюдента

Для практичного використання необхідно визначити котрий з параметрів рівнянь регресії має найбільший коефіцієнт кореляції, що буде відповідати лінійній залежності між засміченністю та отриманим коефіцієнтом рівняння регресії. Необхідність лінійної кореляції обумовлена простотою отримання коефіцієнтів – розрахунок коефіцієнтів лінійної моделі потребує менше апаратних ресурсів ніж розрахунок коефіцієнтів нелінійної моделі.

В якості інформаційного показника використовуємо координати вершини параболі:

$$\left(-\frac{a_1}{2a_2}; -\frac{4a_2 \cdot a_0 - a_1^2}{4a_2} \right). \quad (3)$$

Для дослідження технологічного процесу обробки насіння у хмарі електризованого аерозолі використано багатофакторний експеримент [6] з трьома факторами за повнофакторним планом (табл. 5):

- x_1 – напруга заряду аерозолі та зерна, кВ;
- x_2 – концентрація маркеру, мл/л;
- x_3 – подача зернового матеріалу, кг/с.

Зміну факторів приймаємо у діапазоні:

- $x_{1в}=9,2$ кВ; $x_{1н}=7,6$ кВ;
- $x_{2в}=80$ мл/л; $x_{2н}=40$ мл/л;
- $x_{3в}=0,2$ кг/с; $x_{3н}=0,1$ кг/с.

В якості відклику y_u представлено номер відтинку, який відповідає координаті вершини апроксимуючої параболі на вісі абсцис

Розглянемо взаємодію факторів:

$$X_4=X_1 \cdot X_2, \quad X_5=X_1 \cdot X_3, \quad X_6=X_2 \cdot X_3, \quad X_7=X_1 \cdot X_2 \cdot X_3. \quad (4)$$

Таблиця 5 - Матриця БФЕ по результатам досліджень обробки зерна електроаерозолем розчину маркеру

№ u	Кодовані рівні змінних								Відклики				$\bar{y}_u$	$\tilde{y}_u$
	X_0	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	y_{u1}	y_{u2}	y_{u3}	y_{u4}		
1	+1	-1	-1	-1	+1	+1	+1	-1	101	106	107	109	105,75	105,76
2	+1	-1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	98	99	93	98	97	96,37
3	+1	-1	+1	-1	-1	+1	-1	+1	106	105	109	110	107,5	107,49
4	+1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	-1	101	102	104	103	102,5	103,12
5	+1	+1	-1	-1	-1	-1	+1	+1	109	106	105	104	106	105,99
6	+1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	-1	104	102	106	100	103	103,62
7	+1	+1	+1	-1	+1	-1	-1	-1	105	110	109	107	107,7	107,71
8	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	109	110	113	112	111	110,37

Відповідно до плану експерименту (табл. 5), модель об'єкту будемо шукати у вигляді:

$$y = \beta_0 + \beta_1 \cdot X_1 + \beta_2 \cdot X_2 + \beta_3 \cdot X_3 + \beta_4 \cdot X_4 + \beta_5 \cdot X_5 + \beta_6 \cdot X_6 + \beta_7 \cdot X_7 \quad (5)$$

Визначення статистичної значущості оцінок. У цьому випадку також використовується критерій Стюдента, розрахункове значення якого визначається за формулою:

$$t_p = \frac{|b_i|}{S_{bi}}, \quad (6)$$

де S_{bi} – похибка оцінки b_i :

$$S_{bi} = \frac{S_y}{\sqrt{N \cdot n}}. \quad (7)$$

$$t_p = \frac{|b_i| \cdot \sqrt{N \cdot n}}{S_y}, \quad (8)$$

$$t_{p0} = \frac{|105,0563| \cdot \sqrt{8 \cdot 4}}{2,393} = 248,3; \quad t_{p1} = \frac{|1,86875| \cdot \sqrt{8 \cdot 4}}{2,393} = 4,42;$$

$$t_{p2} = \frac{|2,11875| \cdot \sqrt{8 \cdot 4}}{2,393} = 5; \quad t_{p3} = \frac{|-1,681| \cdot \sqrt{8 \cdot 4}}{2,393} = 3,97;$$

$$t_{p4} = \frac{|0,306| \cdot \sqrt{8 \cdot 4}}{2,393} = 0,723; \quad t_{p5} = \frac{|1,756| \cdot \sqrt{8 \cdot 4}}{2,393} = 4,15;$$

$$t_{p6} = \frac{|1,256| \cdot \sqrt{8 \cdot 4}}{2,393} = 2,96; \quad t_{p7} = \frac{|0,319| \cdot \sqrt{8 \cdot 4}}{2,393} = 0,754.$$

Згідно табличних значень критерію Стюдента [6] маємо значення теоретичного критерію $t_T(0,95; 8 \cdot (4-1))_T = 2,06$.

Виходячи з умови $t_p > t_T$, то оцінка β_4 та β_7 є статистично незначущою. Тому остаточне рівняння регресії (5) у кодованих факторах із урахуванням їх статистичної значущості

$$\tilde{y} = 105,0563 + 1,86875 \cdot X_1 + 2,11875 \cdot X_2 - 1,68125 \cdot X_3 + 1,75625 \cdot X_5 + 1,25625 \cdot X_6 \quad (9)$$

Перехід до фізичних факторів:

$$\begin{aligned} X_1 &= \frac{x_1 - x_{1_0}}{I_1} = \frac{x_1 - 8,4}{0,8} = 1,25x_1 - 10,5; \\ X_2 &= \frac{x_1 - x_{2_0}}{I_2} = \frac{x_2 - 60}{20} = 0,05x_2 - 3; \\ X_3 &= \frac{x_3 - x_{3_0}}{I_3} = \frac{x_3 - 0,15}{0,05} = 20x_3 - 3. \end{aligned} \quad (10)$$

Рівняння регресії у фізичних факторах із урахування статистично значущих факторів, які взаємодіють

$$\begin{aligned} y &= 150,7501 - 4,25 \cdot x_1 - 0,0825 \cdot x_2 - \\ &- 477,813 \cdot x_3 + 43,90625 \cdot x_1 \cdot x_3 + 1,25625 \cdot x_2 \cdot x_3. \end{aligned} \quad (11)$$

Побудований графік функції за трьома змінними вказує на складний нелінійний зв'язок між параметрами, що обумовлено взаємодією між електричними зарядами часток різної форми.

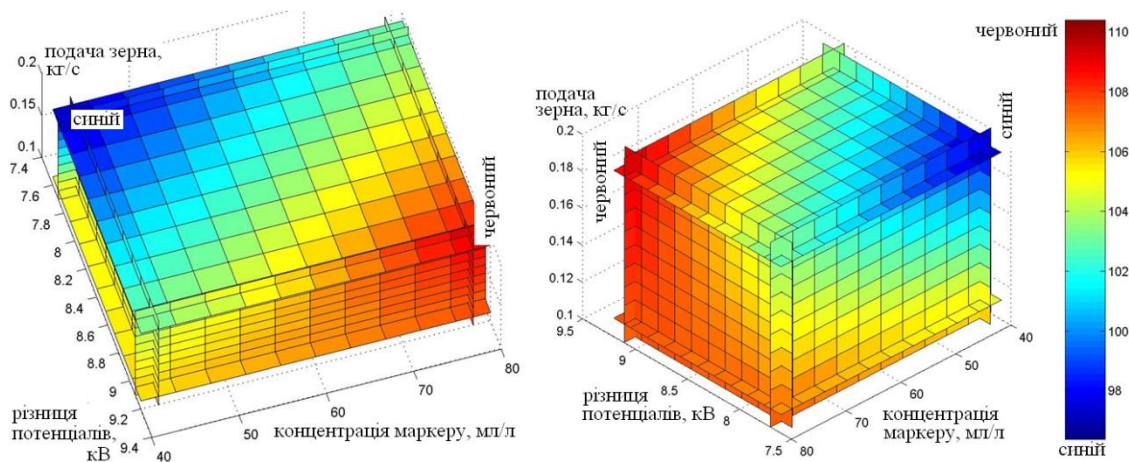


Рис. 3. Залежність вершини параболі відтінку синього кольору від x_1 , x_2 та x_3

У діапазоні продуктивності 0,1...0,2 кг/с насіння та зміни напруги заряду аерозолю та насіння від 7,5 кВ до 9,5 кВ доцільно використовувати концентрацію маркеру до 70 мл/л

Сталий режим роботи технологічного процесу обробки електризованого насіння зернових у хмарі електризованого аерозолю та стійку роботи системи керування можливо забезпечити при загальній різниці потенціалів 7-8 кВ, що буде найменш чутливим при коливанні продуктивності подачі насіння

Висновки. Аналізуючи дані отримані при вирішенні рівнянь регресії, які складені для різної напруги зарядження аерозолі та зерна, можна стверджувати про наявність стабільного жорсткого зв'язку між величиною заряду аерозолі та наплення робочого розчину на насіння, оскільки їх значення наближені до 1. Для отримання більш достовірної інформації про стан зв'язку доцільно використовувати координати вершини параболі лінійні рівняння регресії, оскільки коефіцієнти даних рівнянь мають значення майже 1 (0,987; 0,997).

Розроблена методика у перше дозволяє впровадити апаратний спосіб контролю режимів роботи оприскувачів як при заряджанні аерозолі робочого розчину так і без заряду.

Сталий режим роботи технологічного процесу обробки електризованого насіння зернових у хмарі електризованого аерозолі та стійку роботи системи керування можливо забезпечити при загальній різниці потенціалів 7-8 кВ, що буде найменш чутливим при коливанні продуктивності подачі насіння.

Розроблена методика у перше дозволяє впровадити апаратний спосіб контролю режимів роботи оприскувачів як при заряджанні аерозолі робочого розчину так і без заряду.

Література:

1. *Діордієв В. Т.* Математичний апарат для аналізу графічного зображення пшениці / *В. Т. Діордієв, А. О. Каишарьов, Л. Г. Шляхова* // Праці Таврійського державного агротехнічного університету. - Вип. 8, том 5. – Мелітополь: ТДАТУ, 2008. – С. 119-124.
2. *Кирпа М.Я.* Якість та особливості підготовки насіння до сіви для отримання врожаю 2015 / *М.Я. Кирпа* // Хранение и переработка зерна. – 2016. – Вип. №2 (191). – С. 25-27
3. Методические указания по определению качества протравливания семян зерновых и технических культур пестицидами. - М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2015. - 92 с.
4. *Митропольский А.К.* Техника статистических вычислений. – М.: Физматгиз, 1961. – 480 с.
5. *Новіков Г. В.* Обґрунтування конструкції електротехнічного комплексу передпосівної обробки зернових з використанням електроаерозолів / *Діордієв В. Т., Новіков Г. В.* // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Технічні науки. Випуск 165 "Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України". – Харків: ХНТУСГ, 2015. – С. 89-90.
6. *Опря А. Т.* Математична статистика / *А. Т. Опря*. - К.: Урожай, 1994 – 208 с.

7. *Пахомов А. И.* Комбинированная технология обеззараживания зерна / *А.И. Пахомов* // Хранение и переработка зерна. – 2016. Вып. №2 (199). – С. 27-29

8. *Пахомов А. И.* Есть альтернатива химическому протравливанию? / *А.И. Пахомов* // Хранение и переработка зерна. – 2016. Вып. №1 (198). – С. 48-50

9. *Шпаар Д. и др.* Зерновые культуры (Выращивание, уборка, доработка и использование)/ Под общей редакцией Д. Шпаара. – М.: ИД ООО «DLV АГРОДЕЛО», 2008 – 656 с.

АПАРАТНЫЙ СПОСОБ АНАЛИЗА ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ НА ОБРАБОТКУ СЕМЯН ЗЕРНОВЫХ АЭРОЗОЛЕМ РАБОЧЕГО РАСТВОРА

Диордиев В.Т., Новиков Г.В.

Аннотация - в работе представлены результаты экспериментальных исследований взаимодействия электризованного аэрозоля и электризованного зерна. Описана методика эксперимента. Обоснованно критерий оценки взаимодействия. Приведенные результаты полно-факторного эксперимента влияния подачи зерна, разности потенциала и содержания маркера.

A METHOD FOR DETERMINING THE INFLUENCE OF ELECTRIC FIELD ON SEED TREATMENTS OF GRAIN AEROSOL OF A LIQUID SOLUTION

V. Diordiev, G. Novikov

Summary

We present the results of experimental studies of the interaction of electrified aerosol and electrified grain. Described the experimental procedure. Proved criteria evaluation of the interaction. The results of full-factorial experiment the effect of filing grains, the difference between the potential and the content marker

УДК 631.3:636.085

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ КОМБІКОРМОВОГО ВИРОБНИЦТВА МЕТОДОМ СИСТЕМНОГО ПІДХОДУ

Скляр О.Г., к.т.н.,

Болтянський Б.В., к.т.н.,

Таврійський державний агротехнологічний університет

Гвоздєв О.В., к.т.н.

ПП Науково-виробнича компанія «Роста»

Тел. (0619) 42-05-70

Анотація – робота присвячена розробці структури системоутворюючих факторів технологічної системи комбікормового виробництва, які на підставі системного підходу підвищують ефективність використання технічних засобів.

Ключові слова – системний підхід, системо утворюючі фактори, комбікормове виробництво, ефективність, технічні засоби.

Постановка проблеми. У комбікормовому виробництві використовують велику кількість технічних засобів (ТЗ) механізації. Це засоби механізації для прийому сировини; очищення сировини від сторонніх домішок (сепарації); подрібнення зернової сировини; дозування окремих компонентів у відповідності з заданим рецептом; змішування компонентів комбікормів; зволоження комбікормів; облік і видача комбікормів, а також велика кількість техніки для підготовки комбікормів до згодовування та роздачі кормів [1, 2].

Щоб підвищити ефективність використання ТЗ механізації комбікормового виробництва необхідний системний підхід у рішенні даного питання, при якому дослідження доцільно проводити по відповідних взаємозалежних підсистемах. Насамперед, необхідно визначити системоутворюючі фактори ведення комбікормового виробництва і на їхній основі класифікувати ТЗ по рівнях їхнього використання. Головне при цьому полягає в їхньому науковому обґрунтуванні відповідно до критеріїв оптимальності, які в комплексі забезпечують реалізацію принципів енергозбереження [3, 4, 5].

Аналіз останніх досліджень. Удосконаленням систем ведення, розвитку теорії і практики комбікормового виробництва, а також вдо-

сконалення процесів та апаратів для його здійснення займалися багато вчених у різних країнах і в різний час [6, 7, 8].

Комбікормове виробництво, як складова частина АПК – система складна, динамічна, відкрита та ймовірнісна. Тут ми маємо справу і з рослинами, і з тваринами, і з технічними засобами і головне – з людиною. Усі ці різноманітні компоненти знаходяться в єдності й у взаємозв'язку, у цьому складність і ймовірність системи, тобто система ефективного ведення комбікормового виробництва залежить від багатьох системоутворюючих факторів [9]. Сукупність цих факторів на основі системного підходу дозволять при правильному їхньому використанні підвищити ефективність комбікормового виробництва з урахуванням ефективного використання технічних засобів.

Технологічна система (ТхС) виробництва комбікормів складається з послідовних механізованих технічних операцій (ТО), які виконують ТЗ механізації. Дані ТО складають основу потоково-технологічної лінії (ПТЛ) ТхС виробництва комбікормів. Як бачимо ТхС виробництва комбікормів є складним процесом, який залежить від багатьох системоутворюючих факторів, виявлення яких можливе за допомогою системного підходу.

Системний підхід – комплексне вивчення явища чи процесу як єдиного цілого з позицій системного аналізу, тобто уточнення складної проблеми та її структуризація в серію завдань, розв'язуваних з допомогою економіко-математичних методів, знаходження критеріїв їх вирішення, деталізація цілей, конструювання ефективної організації для досягнення цілей [9].

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Метою даної роботи є розробка структури системоутворюючих факторів ведення комбікормового виробництва, які на підставі системного підходу підвищують ефективність використання технічних засобів.

Основна частина. Системний підхід вимагає розглядати ТхС виробництва комбікормів з урахуванням цінності і динамічності її структури, зв'язків, функцій, ієрархічності, доцільності, адекватності об'єктивним умовам і керування нею.

Розвиток сучасного сільськогосподарського виробництва, у тому числі і комбікормового виробництва, характеризується високою динамічністю, швидкістю, мінливістю організаційно-економічних і науково-технологічних факторів.

Розглянемо загалом системоутворюючі фактори у світлі останніх змін в агропромисловому комплексі України, щоб виявити їхній вплив на системи бачення комбікормового виробництва з метою підвищення використання ТЗ. У такий спосіб система ведення комбікормового виробництва являє собою сукупність наукових принципів, що відповідають вимогам системного підходу і мають цільову спрямова-

ність не на проміжні показники, наприклад, виробити якісні комбікори, а на кінцевий результат – задоволення потреби людини в продукції тваринництва (м'ясо, молоко тощо). Система ведення комбікорного виробництва повинна максимально враховувати всю конкретність об'єктивних умов (факторів), давати інтегральну оцінку і забезпечувати ефективне використання всього ресурсного потенціалу, у тому числі і технічного.

Для виявлення факторів підвищення ефективності використання **ТЗ** комбікормового виробництва збудуємо ієрархічну схему використання **ТЗ** (рис. 1). Ієрархічна, тому що вона має над системне ведення комбікормового виробництва і кожному рівню використання **ТЗ** відповідає ряд підсистем, що забезпечують ефективність їхнього використання [9].

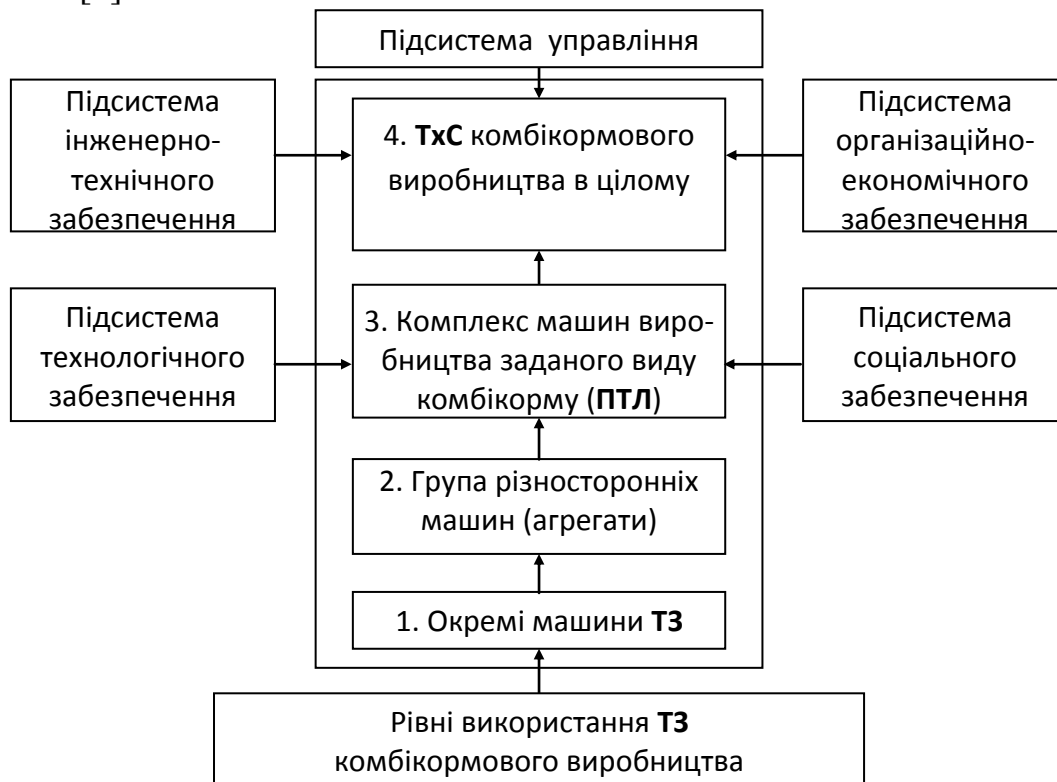


Рис. 1. Схема систем підходу використання ТЗ комбікормового виробництва

У загальному виді схема являє собою послідовну сукупність рівнів керування окремими ТЗ (машинами) – перший рівень. До них відносяться окремі машини та обладнання з переробки зерна, наприклад, обладнання для очищення сировини від сторонніх домішок (сепарація), подрібнення зернової сировини та інші. До другого рівня відносяться групи різнопланових машин (агрегатів), що входять у перший рівень (за умови достатньої комплектації господарства даними машинами). Третій рівень містить у собі комплекс машин для вироб-

ництва заданого виду комбікорму, що входять у **ПТЛ**. Наприклад, **ПТЛ** для виробництва комбікорму для свиней. Четвертий, верхній рівень, це **ТхС** комбікормового виробництва в цілому, або повний комплекс машин, які необхідні господарству для виробництва повного набору комбікормів.

Основна мета кожного ієрархічного рівня цієї системи – забезпечення високої ефективності використання, як окремих машин (агрегатів), так і всієї їхньої сукупності з метою виконання заданого обсягу роботи в короткий термін, з мінімальними втратами продукції і максимальною продуктивністю праці та мінімальною енергоємністю процесу.

Відповідно до рис. 1 визначимо фактори, кожної підсистеми які впливають на рівень використання **ТЗ** комбікормового виробництва.

Підсистема керування. Її фактори впливають на досягнення поставленої мети через забезпечення загального погодження дії всіх підсистем використання **ТЗ**.

Підсистема інженерно-технічного забезпечення. Дана підсистема забезпечує високий ступінь технічної готовності **ТЗ** господарства, що залежить від наступних факторів. Рівень 1 – надійність машин: якість підготовки і ремонту машин до виконання **ТО**; удосконалення техніко-експлуатаційних характеристик машин. Рівень 2 – крім факторів рівня 1 додатково: вибір форм інженерного обслуговування машин і агрегатів; забезпечення високого коефіцієнта технічної готовності машин і агрегатів. Рівень 3 – інженерна служба підрозділів (**ПТЛ**) господарства. Рівень 4 – інженерна служба господарства; форми матеріально-технічного обслуговування **ТЗ** комбікормового виробництва. На всіх рівнях підсистема інженерно-технічного забезпечення забезпечує високий рівень інженерно-технічного обслуговування **ТЗ ТхС** комбікормового виробництва господарства.

Підсистема технологічного забезпечення. Підсистема забезпечує ритмічність, безперервність, синхронність і послідовність виконання процесів і операцій при виробництві того або іншого виду комбікорму.

Підсистема організаційно-економічного забезпечення – це сукупність факторів, що впливають на досягнення поставленої мети через найбільш раціональне й економічне з'єднання, сполучення і використання в часі і просторі суб'єктивних (робоча сила) речовинних (засіб праці і предмети праці) елементів виробництва, напрямок на максимальну економію живої праці, оптимальне сполучення в часі і просторі діяльності всіх структурних підрозділів господарства. Для даної підсистеми діє наступний набір факторів. Рівень 1 – досвід і кваліфікація операторів, економічна характеристика машин. Рівень 2 – крім перерахованих факторів, рівня 1 додатково: форми використання агрегатів

і операторів. Рівень 3 – визначення оптимального складу **ПТЛ**, вибір методу виконання механізованих робіт (потоківий, потоково-цикловий і т.д.). Рівень 4 – визначення повного складу технічного парку **ТхС** комбікормового виробництва господарства у відповідності зі структурою господарської діяльності, видів і складу комбікормів.

Підсистема соціального забезпечення – здійснює вплив на рівень використання **ТЗ** за допомогою наступних факторів (на всіх рівнях): розмір і форма оплати праці, умови праці, побутові умови операторів, підвищення загальноосвітнього і професійного рівнів, зміцнення трудової дисципліни.

Висновки. Технологічна система комбікормового виробництва є складним процесом, який залежить від багатьох системоутворюючих факторів, виявлення яких можливо за допомогою системного підходу.

Значення системного підходу полягає в тому, що використання технічних засобів розглядається з урахуванням впливу усіх функціональних елементів системи, а також у вивченні впливу цих елементів на різних рівнях використання технічних засобів. Відповідно до цього можна одразу визначити те коло задач, рішення яких необхідно на тому або іншому рівні використання технічних засобів.

Література:

1. *Соколов А.Я.* Технологическое оборудование предприятий по хранению и переработке зерна / *А.Я. Соколов, В.Ф. Журавлев, В.Н. Душин и др.* ; Под ред. А.Я. Соколова. - М.: Колос, 1984. - 445 с.
2. *Сыроватка В.И.* Машинные технологии приготовления комбикормов в хозяйствах. / *В.И. Сыроватка* – М.: ГНУ ВНИИМЖ, 2010. - 248 с.
3. *Сыроватка В.И.* Технические, технологические и организационно - экономические особенности разработки системы машин для производства комбикормов в хозяйствах на период 2015 - 2020 годы / *В.И. Сыроватка, А.С. Комарчук.* // Вестник ВНИИМЖ. Серия: Механизация, автоматизация и машинные технологии в животноводстве. №3 - 2012. С.15 – 23.
4. *Панфилов В.А.* Концепция системности в перерабатывающих отраслях АПК / *В.А. Панфилов* // Техника в сельском хозяйстве. - 1991. - №5. - С.3-4.
5. *Ермичев В.А.* Энергосбережение в технологиях кормопроизводства / *В.А. Ермичев, А.И. Купреенко.* МЭСХ. 2005. №4. С.11 – 13.
6. *Сыроватка В.И.* Научно-технические основы и методы технологического расчета производственных линий приготовления комбикормов в колхозах и совхозах : автореф. дис... на соискание уч. степени докт. техн. наук: спец. 05.20.01 «Механизация сельскохозяйственного производства» / *В.И. Сыроватка.* – М., 1976. – 44 с.

7. *Хлыстунов В.Ф.* Механико-технологическое обоснование технического оснащения системы жизнеобеспечения свиноводства: дис... доктора техн. наук: спец. 05.20.01 «Механизация сельскохозяйственного производства» / *В.Ф. Хлыстунов*. – Зерноград, 2000. – 480 с.

8. *Кукта Г.М.* Технологические и технические основы механизированных процессов приготовления кормов в условиях интенсификации животноводства: автореф. дис... на соискание уч. степени докт. техн. наук: спец. 05.20.01 «Механизация сельскохозяйственного производства» / *Г.М. Кукта*. – К., 1980. – 40 с.

9. *Садовский В.Н.* Системный подход и общая теория систем: статус, основные проблемы и перспективы развития / *В.Н. Садовский*. – М.: Наука, 1980. – 235 с.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ КОМБИКОРМОВОГО ПРОИЗВОДСТВА МЕТОДОМ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА

Скляр А.Г., Болтянский Б.В., Гвоздев А.В.

Аннотация - работа посвящена разработке структуры системообразующих факторов технологической системы комбикормового производства, которые на основании системного подхода повышают эффективность использования технических средств.

IMPROVING THE EFFICIENCY IN THE USE OF TECHNOLOGY FEED PRODUCTION METHOD OF A SYSTEMATIC APPROACH

A. Sklyar, B. Boltianskyi, A. Gvozdev

Summary

The work is dedicated to the development of patterns of strategic factors technological systems feed production, which on the basis of a systematic approach to increase the efficiency of the use of technical means.

УДК 66.086.2

ДОСЛІДЖЕННЯ КОРОННОГО ГЕНЕРАТОРА АЕРОІОНІВ

Волошина А.А., д.т.н.,

Лобода О. І., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 42-11-74

Анотація - в роботі представлені результати досліджень коронного розряду в генераторі аероіонів для фруктосховищ, а також інженерні розрахунки закономірностей розподілу коронного розряду для подальшого моделювання поля коронного розряду.

Ключеві слова – іони, коронний розряд, напруга, струм, електрод, електричне поле.

Постановка проблеми. Найважливіше значення для забезпечення схоронності біологічної продукції має підтримка оптимального мікроклімату у приміщеннях зберігання. Варто мати на увазі, що в ряді сховищ підтримуються не тільки необхідні температуро - вологісні параметри середовища, але і зміна його хімічного та іонного складу. Забезпечити підтримку необхідних технологічних параметрів повітряного середовища в приміщеннях для зберігання й у масі біологічної продукції можна тільки за рахунок спільного функціонування систем вентиляції, обігріву (охолодження), зволоження (сушіння), озонування та іонізації. Одним з шляхів вирішення проблеми зниження втрат плодів при збереженні є вдосконалення технологій створення мікроклімату, зокрема, використання електротехнологічних методів для створення озонно-іонного середовища [1].

Аналіз останніх досліджень. Необхідні рівні щільності об'ємного заряду іонів обох знаків в зоні зберігання рослинної сировини створюється генераторами іонів. Джерелами атмосферних іонів є радіоактивне випромінювання, коронний розряд і баллелектричний ефект. Основними вимогами, що висуваються до джерел штучної іонізації (генераторів аероіонів) є висока іонізаційна здатність, можливість її зміни в широких межах, генерування іонів одного або обох знаків і ін. Іонізація виявляє бактерицидну дію, тобто здатність знищувати мікроби. У роботі [2] розроблена установка для обробки продуктів іонами. Установка складається з високовольтного трансформатора 11 кв, випрямляча і подвоювача напруги, а також обмежувального опору,

встановленого в колі електроду, який створює корону. У дослідженнях обробкою іонами піддавалися свіжозібрані без попередньої обробки плоди абрикосу, малини і сливи.

Були отримані залежності, які показали, що попередня іонізація плодів, що закладається на зберігання в холодильні камери, уповільнює ферментативні процеси в плодах і овочах і, відповідно, приводить до збільшення терміну їх зберігання.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Завданням дослідження є отримання придатних для інженерних розрахунків закономірностей коронного розряду. Вирішення цього завдання можливе шляхом моделювання поля коронного розряду та експериментальних досліджень.

Основна частина. Для дослідження обрана система електродів, що являє собою зовнішній циліндр діаметром 50 мм та внутрішні вісьосиметричні коронуючі електроди діаметром 0,5 мм. Досліджено системи з одним, двома, трьома та чотирма коронуючими електродами. Лабораторна установка (рис.1) вміщує металевий циліндр 2 на торцях якого закріплені діелектричні накладки з отворами для коронуючих електродів 1. Живлення на циліндр та коронуючі електроди подається від джерела регульованої напруги. Джерело являє собою ЛАТР та підвищувальний трансформатор ТГМ 1200 з діючою вторинною напругою до 10 кВ та струмом короткого замикання 26 мА. Застосування випрямляча на високовольтних діодних стовпах Д1010 (VD1, VD2) та високовольтних конденсаторів К75-25 (C1, C2) дозволило отримати постійну напругу до 28 кВ.

З метою отримання даних для побудови вольт - амперних характеристик коронних розрядів в коло підключено електростатичний вольтметр С-96 (pV) та мікроамперметр М265 (pA).

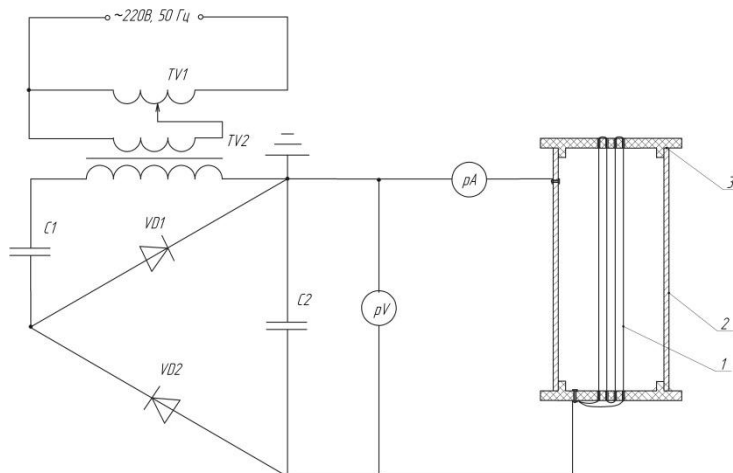


Рис.1. Схема лабораторної установки: 1 - коронуючі електроди; 2 - металевий циліндр; 3 - діелектрична накладка

Попередньо були визначені критичні напруги коронного розряду для 4 випадків (1, 2, 3 та 4 коронуючих електроди). Для цього було проведено імітаційне моделювання електричного поля вказаних чотирьох варіантів електродних систем за допомогою програмних засобів ELCUT [3]. При моделюванні напруга на електродах приймалась 1 В.

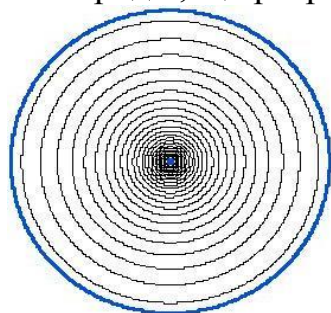
Отримані топології електричного поля та розподіли напруженості електричного поля вздовж радіусів циліндрів (рис. 2...5) дозволили розрахувати критичні напруги коронного розряду за формулою:

$$U_{0i} = E_0 \cdot \frac{U_i}{E_i}, \quad (1)$$

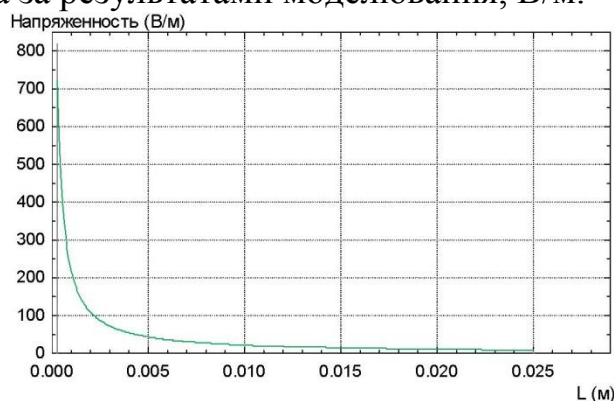
де U_{0i} - критична напруга коронного розряду для i коронуючих електродів, В;

U_i - напруга на електродах, що прийнята при моделюванні поля ($U_i = 1$ В);

E_i - напруженість електричного поля на поверхні коронуючих електродів, що розрахована за результатами моделювання, В/м.

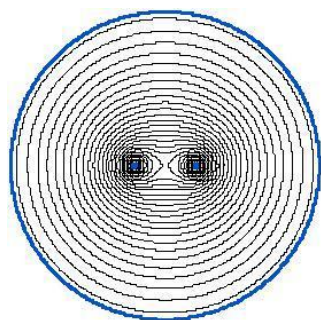


а)

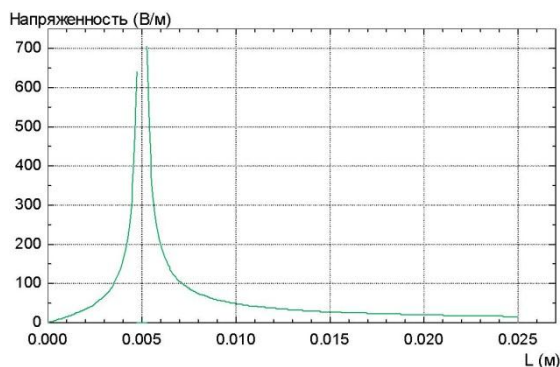


б)

Рис. 2. Топології електричного поля (а) та розподіли напруженості електричного поля вздовж радіусу циліндру (б) системи з одним коронуючим електродом



а)



б)

Рис. 3. Топології електричного поля (а) та розподіли напруженості електричного поля вздовж радіусу циліндру (б) системи з двома коронуючими електродами

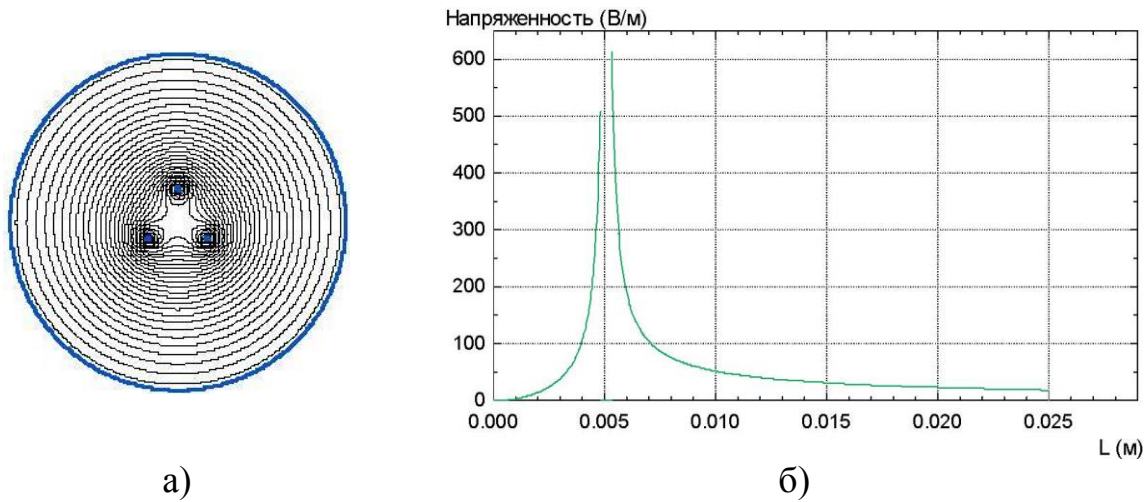


Рис. 4. Топології електричного поля (а) та розподіли напруженості електричного поля вздовж радіусу циліндру (б) системи з трьома коронуючими електродами

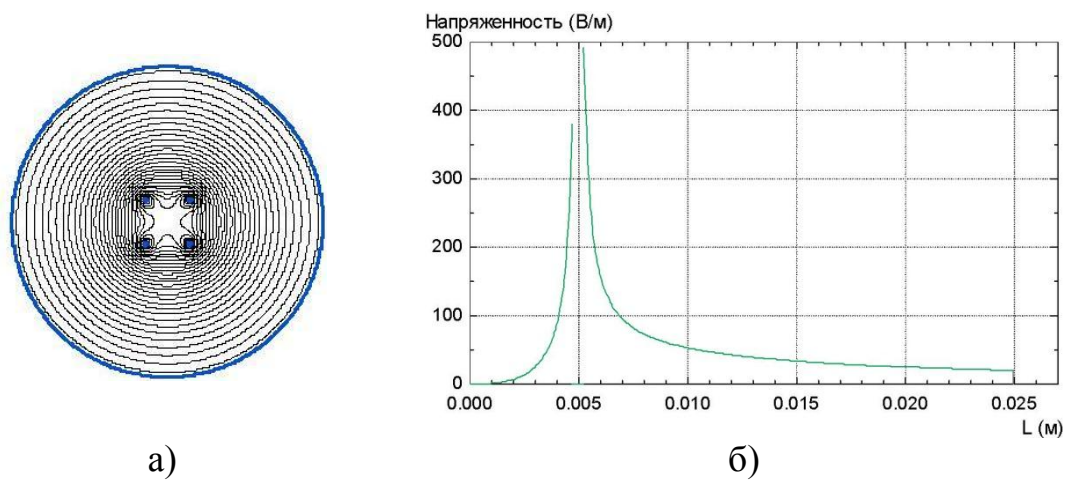


Рис. 5. Топології електричного поля (а) та розподіли напруженості електричного поля вздовж радіусу циліндру (б) системи з чотирма коронуючими електродами

Критична напруженість коронного розряду визначається емпіричною формулою Піка [4,5]:

$$E_0 = 30,3 \cdot \rho \cdot \left(1 + \frac{0,0298}{\sqrt{\rho \cdot r_0}} \right) \cdot 10^5, \quad (2)$$

де E_0 – критична напруженість коронного розряду, В/м;
 ρ – відносна щільність газу, кг/м³ (по відношенню до щільності повітря при нормальних умовах $\rho_0 = 1,29$ кг/м³);

r_0 – радіус коронуючого електроду, м.

Для коронуючих електродів у вигляді ніхромового дроту радіусом 0,25 мм та циліндричного електроду радіусом 25 мм критична напруженість поля коронного розряду за формулою (2):

$$E_0 = 30,3 \cdot 1 \cdot \left(1 + \frac{0,0298}{\sqrt{1 \cdot 0,00025}} \right) \cdot 10^5 = 8,8 \cdot 10^6 \text{ В/м.}$$

Відповідно до графічних залежностей рис. 2...5 напруженість електричного поля на поверхні коронуючих електродів складає: 820 В/м - для одноелектродної системи; 700 В/м - для двоелектродної системи; 620 В/м - для трьохелектродної системи; 490 В/м - для чотирьохелектродної системи. Враховуючі ці результати за формулою (1) була отримані значення критичних напруг поля коронного розряду (рис.6).

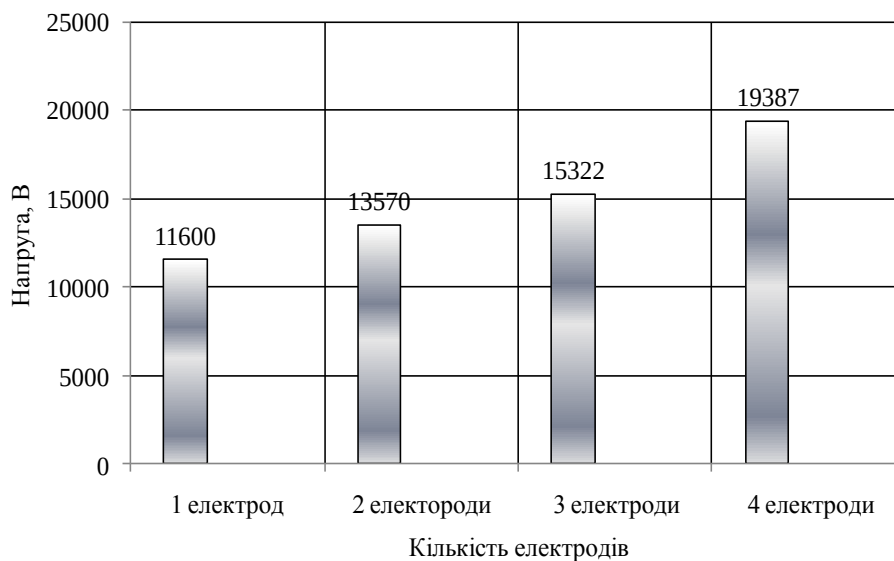


Рис. 6. Критична напруга коронного розряду

Для побудови ділянок вольт - амперних характеристик від визначених критичних напруг до напруг пробою були проведені експериментальні дослідження на лабораторній установці (рис. 1). Схема дозволила плавно змінювати напругу на електродах лабораторним автотрансформатором TV1. Максимальна амплітудна напруга високовольтного трансформатора TV2 складає 14000 В, тому в схемі передбачений помножувач напруги на діодах VD1, VD2 та конденсаторах C1, C2.

Вольт - амперні характеристики рис. 7 побудовані на інтервалах

від критичної напруги до напруги пробую.

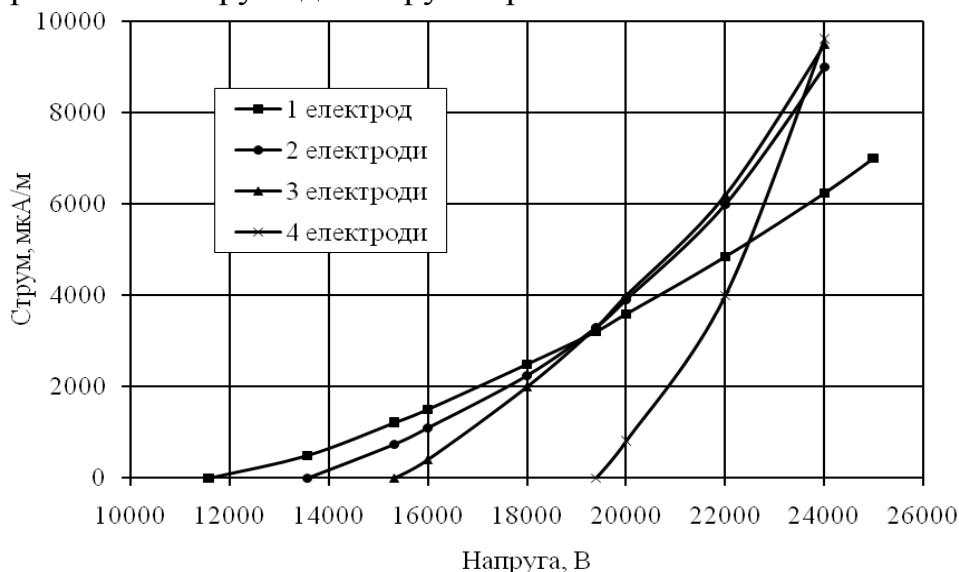


Рис. 7. Вольт-амперні характеристики коронного розряду

Висновки. В результаті виконаної роботи запропонована принципова електрична схема джерело живлення коронного розряду, а також топології електричного поля та розподіли напруженості електричного поля вздовж радіусу циліндру систем з різною кількістю коронуючих електродів. На підставі отриманих характеристик можна зробити висновок, що збільшення кількості коронуючих електродів понад 2, не приводить до суттєвого збільшення результуючого струму, що обумовлено виникненням пробую між електродного проміжку. Отримані залежності дозволяють розрахувати електродну систему генератору іонів.

Література:

1. Мартыненко И. И. Исследование режимов работы генератора для озонно-аэроионной обработки воздуха в овощехранилище.- В кн.; Тез. докл. Всесоюз. конф. "Применение электронно-ионной технологии в народном хозяйстве" 25-27 ноября 1981 г. Тбилиси / И. И. Мартыненко, Н. Н. Будько, 1981, с. С. 89-190.
2. Буденко С. В. Разработка ионизирующего устройства для предварительной обработки плодов и овощей при длительном хранении / С. В. Буденко, В. Ф. Ялпачик // Научно-теоретический фаховий журнал "Вісник аграрної науки Причорномор'я" Миколаївського державного аграрного університету. – Миколаїв, 203 . – 264 с. с. 230-234
3. ELCUT. Комплекс программ моделирование двумерных полей методом конечных элементов. Версия 3.4. Руководство пользователя. - СПб.: НПКК «ТОР», 1995. - 212с.
4. Басов А. М. Электротехнология/ А. М. Басов, В. Г. Быков, А. В.

Лантев. – М.: Агропромиздат, 1985. – 256 с.

5. Поляков В. Физика аэроионизации / В. Поляков // Радио. - 2002. - №3. - С. 36-38.

ИССЛЕДОВАНИЕ КОРОННОГО ГЕНЕРАТОРА АЭРОИОНОВ

Волошина А.А., Лобода А.И.

Аннотация - в работе представлены результаты исследований коронного разряда в генераторе аэроионов для фруктохранилищ, а также инженерные расчеты закономерностей распределения коронного разряда для дальнейшего моделирования поля коронного разряда.

STUDY CORONA GENERATOR OF AIR ION

A. Voloshina, O. Loboda

Summary

The paper presents the results of studies of corona discharge in the generator of air ions for storage facilities, as well as engineering calculations of the distribution of corona discharge to further model the field of a corona discharge.

УДК 637.531.45

КУТТЕРНЫЕ НОЖИ С РЕЖУЩЕЙ КРОМКОЙ В ВИДЕ ЛОМАНОЙ ЛИНИИ

Бренч А.А., к.т.н.,

Груданов В.Я., д.т.н.

Белорусский государственный аграрный технический университет

Тел. (+375 17) 369 77 58

Аннотация – в работе проанализировано влияние геометрических параметров куттерного ножа на процесс куттирования. Определены основные пути совершенствования конструкций рабочих органов машин для тонкого измельчения мясного сырья, что позволяет повысить качество измельчаемого продукта и уменьшает затраты энергии на процесс куттирования.

Ключевые слова – куттерный нож, тонкое измельчение, угол скольжения, режущая кромка, мясное сырье.

Постановка проблемы. В мясной отрасли при производстве колбасных изделий широко применяется операция измельчения, которая оказывают существенное влияние на качество фарша и выход готового продукта. При конструировании мясорезущих машин и механизмов необходимо учитывать биологическое происхождение измельчаемого сырья, вид и количество добавок, а также особенности процесса куттирования. Качество колбасных изделий и их выход зависят от ряда факторов. Среди них решающее место принадлежит тонкому измельчению мяса в куттере и температурному режиму процесса. Причем на качество измельчения в значительной мере влияет форма ножей. Процесс резания при тонком измельчении мясного сырья осуществляют на высоких скоростях режущих рабочих органов куттеров. Он сопровождается выделением большого количества теплоты, что вызывает значительное повышение температуры сырья и приводит к денатурации белков, снижению водосвязывающей способности полуфабриката и изменению структурно-механических свойств продукта, что существенно снижает качество готовых мясных изделий. Эти обстоятельства обуславливают необходимость точного расчета и контроля при производстве режущих инструментов с оптимальными геометрическими и механическими характеристиками.

Анализ последних исследований. В качестве рабочих органов куттеров на предприятиях мясоперерабатывающей промышленности применяют ножи, имеющие различную конструкцию и форму. Геометрические параметры режущего органа, как показали исследования Бакунца Г.В., Василевского О. М., Жаринова А.И. [1], оказывают существенное влияние на величину сил резания.

Клименко М.Н. проводил исследования по определению наиболее эффективных форм лезвия. Эффективность работы ножей определялась по величине мощности на ножовом валу, длительности измельчения и качеству фарша. Исследования показали, что минимальная величина мощности на ножовом валу получена при использовании ножей в виде логарифмической спирали и спирали Архимеда. По данным Клименко М.Н. [2], минимальная работа на перерезание продукта затрачивается при использовании лезвия с углом резания $30^{\circ} \dots 65^{\circ}$.

Изучению влияния угла заточки лезвия ножа на параметры резания посвящены работы многих ученых [3], таких как Пелеев А.И., Чижикова Т.В., Резник Н.Е. и др. Следует отметить, что степень влияния остроты режущей кромки на усилия резания в этих работах несколько отличается друг от друга. А природа возникновения эффекта разрушения и величина контактных напряжений в зоне резания определена в настоящее время еще в недостаточной мере.

В своих исследованиях Даурский А.Н. [4] изучал влияние угла заточки на величину силы резания. Резание проводили ножом толщиной 1,2 мм с углами заточки 5° , 15° , 35° , 45° , 60° и 90° . Скорость резания изменялась в пределах от 0,01 до 0,2 м/с. Анализ полученных данных показал, что при изменении угла заточки усилие резания изменяется на 12%...20 %. При увеличении угла заточки ножа усилие резания растет. Это объясняется тем, что деформации подвергается большая зона разрезаемого материала. При дальнейшем увеличении угла заточки наблюдалось увеличение усилий резания. При этих углах заточки ножа разрезаемый материал прилипает к граням ножа, образуя постоянную застойную зону, за границей которой происходят упругие и пластические деформации разрезаемого материала.

При анализе работы режущих органов В.П. Горячкин [5] показал, что с увеличением радиуса вращения прямых плоскоповоротных ножей величина давления режущей кромки на продукт постепенно уменьшается. К тому же соединительнотканые волокна, вырванные из продукта, висят на режущей кромке и сползают по ней к периферии, снижая режущую способность ножей. При резании волокнистых материалов необходимо, чтобы давление в зоне контакта режущей кромки и продукта не уменьшалось с увеличением расстояния от оси вращения, а наоборот, увеличивалось.

Формулирование цели статьи (постановка задания). Целью исследований является повышения эффективности тонкого измельчения мясного сырья на основе разработки новых конструкции куттерных ножей.

Основная часть. Процесс резания в куттерах отечественного и зарубежного производств осуществляется серповидными ножами, режущая кромка которых выполнена в виде кривой, построенной по определенной спирали, при этом были исследованы: спираль Архимеда с уравнением $R = a \cdot \varphi$ и логарифмическая спираль с уравнением $R = a^{\varphi}$. Для произвольной кривой лезвия [3], описываемой в полярной системе координат уравнением $R = R(\varphi)$, и ножа, вращающегося вокруг ее полюса, общее выражение коэффициента скольжения, известное из дифференциальной геометрии, будет иметь вид

$$K_{\beta} = R \cdot \frac{d\varphi}{dR}, \quad (1)$$

где, φ – полярный угол;

R – радиус–вектор точки лезвия.

Чтобы коэффициент скольжения не уменьшался по мере поворота лезвия, производная $\cdot \frac{d\varphi}{dR}$ должна уменьшаться не быстрее, чем растёт радиус-вектор. Выпуклое лезвие ножа, выполненное по Архимедовой спирали с уравнением $R = a\varphi$, не обеспечивает этого требования. При анализе вышеприведенных спиралей [2], было выявлено, что постоянство коэффициента скольжения K_{β} можно достичь, очертив лезвие только логарифмической спиралью с уравнением

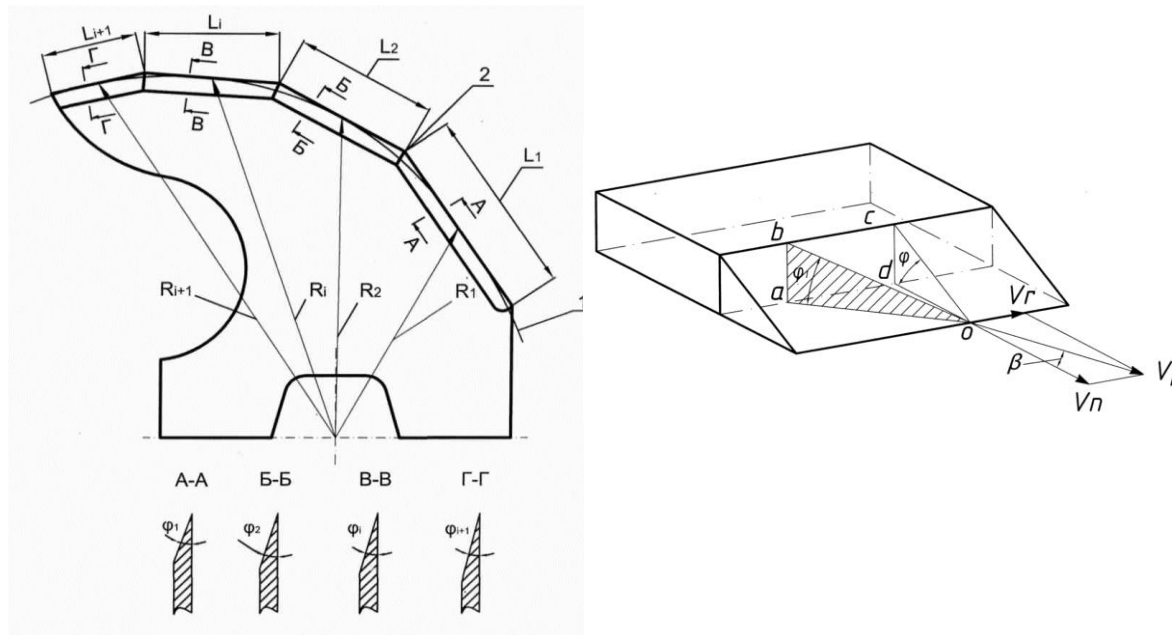
$$R = a^{\varphi}, \quad (2)$$

где, R – радиус-вектор спирали;

a – постоянный коэффициент;

φ – полярный угол.

Основным недостатком ножей выполненных по логарифмической спирали является трудность выполнения заточки. Эта проблема решается путем выполнения режущей кромки ножа в виде ломаной линии с i -ым количеством прямолинейных участков по закону логарифмической спирали (рис. 1а).



а) Схема куттерного ножа:
1 – логарифмическая спираль
2 – режущая кромка

б) Схема к определению
трансформации угла затоки

Рис. 1. Схема куттерного ножа с режущей кромкой в виде ломаной линии, построенной по закону логарифмической спирали

Благодаря очертанию лезвия ножа куттера логарифмической спиралью с уравнением $R = a^{\varphi}$, достигается постоянство угла резания β по всей длине режущей кромки. Но из-за сложности выполнения ножей такой конструкции предлагается выполнить режущую кромку в виде ломаной линии, выполненной касательно к логарифмической спирали. Это дает возможность получить постоянство угла резания в середине каждой режущей кромки, что, в свою очередь, обеспечивает равномерность измельчения продукта по всей длине режущей кромки, что позволяет повысить качество готового продукта, и, тем самым, повышает эффективность работы ножа куттера. При этом целесообразно, чтобы длина L_i каждой режущей кромки определялась из выражения

$$L_i = L_{i-1} \frac{R_{i-1}}{R_i}, \quad (3)$$

где, R_{i-1} – расстояние от оси вращения ножа до середины $i-1$ -ой режущей кромки;

R_i – расстояние от оси вращения ножа до середины следующей режущей кромки.

Выполнение формулы (3) позволяет соотнести геометрические размеры куттерного ножа, и тем самым уменьшает длину каждого следующего прямолинейного участка режущей кромки, что снижает гидравлическое сопротивление, а также затраты энергии на процесс куттирования. Это дополнительно улучшает качество готового продукта и повышает эффективность работы куттера.

Кроме того, при резании волокнистых материалов необходимо, чтобы давление в зоне контакта режущей кромки и продукта не уменьшалось с увеличением расстояния от оси вращения, а наоборот, увеличивалось. Этот эффект может быть достигнут за счет уменьшения угла заточки лезвия по мере увеличения расстояния от оси вращения до режущей кромки, либо путем увеличения угла встречи режущей кромки с продуктом. При использовании ножа с серповидной режущей кромкой второй путь более практичен и осуществляется путем увеличения угла встречи по мере роста расстояния от оси вращения до режущей кромки. Однако это ведет к увеличению боковой поверхности ножа, что приводит к более интенсивному повышению температуры фарша во время процесса куттирования.

В тоже время использование ножей с ломаной режущей кромкой позволяет уменьшать угол заточки лезвия по мере увеличения расстояния от оси вращения до режущей кромки (рис 1а). При движении лезвия нормально относительно соей режущей кромки определение величины угла заточки производится исходя из обычного представления о геометрии лезвия в статическом состоянии. Нетрудно убедиться, что в процессе резания со скольжением угол заточки в направлении резания меняет свое значение – уменьшается в зависимости от угла скольжения β . Иными словами переходя от представления о статической геометрии лезвия к представлению о его кинематической геометрии, мы сталкиваемся с явлением трансформации угла заточки.

На рисунке 1б представлена схема лезвия с углом заточки ϕ_0 , равным ϕ . При проникновении лезвия в материал нормально, т. е. по направлению V_n , указанный угол будет равен замеренному статически. В случае, когда лезвие станет проникать в материал под некоторым углом β к нормали, т. е. в направлении V_p , угол заточки должен быть замерен, а плоскости, проходящей через это направление, т.е. будет равен углу ϕ_1 , равным ϕ . Закономерность изменения угла заточки ϕ_1 в зависимости от изменения угла β может быть определена следующим образом:

$$\operatorname{tg} \varphi_1 = \frac{ab}{ao}; \operatorname{tg} \varphi = \frac{dc}{do} = \frac{ab}{do}; \operatorname{tg} \varphi_1 \cdot ao = \operatorname{tg} \varphi \cdot do; \frac{do}{ao} = \cos \beta.$$

Выражаем $\operatorname{tg} \varphi_1$

$$\operatorname{tg} \varphi_1 = \operatorname{tg} \varphi \cdot \cos \beta. \quad (4)$$

Выражение 4 показывает закономерность изменения угла заточки φ_1 , в зависимости от изменения угла встречи β . Поэтому для уменьшения лобового сопротивления внедрения лезвия ножа в продукт необходимо выполнять режущую кромку с углом заточки, проходящим через плоскость aob . Новая конструкция куттерного ножа обладает рядом конструктивных преимуществ по сравнению с серийно выпускаемыми ножами:

- обеспечивается равномерность измельчения продукта по длине режущей кромки;
- за счет трансформации угла заточки снижается лобовое сопротивление внедрения лезвия ножа в продукт;
- уменьшение угла заточки лезвия по мере увеличения расстояния от оси вращения ножа до режущей позволяет уменьшить длину режущей кромки, что приводит к уменьшению боковой поверхности ножа и снижению темпа роста температуры обрабатываемого продукта.

В апреле 2015 года в условиях колбасного цеха ОАО «Минский мясокомбинат» проведены промышленные испытания опытных образцов куттерных ножей новой конструкции для куттера Nowicki KN 330, разработанного в Учреждении образования «Белорусский государственный аграрный технический университет» [6–9] при выполнении государственной комплексной программы научных исследований «Механика» по заданию «Развитие теории измельчения животного сырья и оптимизации конструктивных параметров рабочих органов мясоизмельчительных машин». При проведении сравнительных испытаний новых куттерных ножей с серийными были получены следующие результаты:

- снижение прироста температуры фарша на 3..5°C;
- уменьшение энергоемкости процесса измельчения до 4–6%;
- повышение производительности на 3–5%.

Годовой экономический эффект от внедрения куттерных ножей составил 104,2 млн. руб.

Выводы. Проанализировано влияние геометрических параметров куттерного ножа на процесс куттирования. Определены основные пути совершенствования конструкций рабочих органов машин для тонкого измельчения мясного сырья, что позволят повысить качество измельчаемого продукта и уменьшает затраты энергии на процесс куттирования.

Литература:

1. Груданов, В.Я. «Золотая» пропорция в инженерных задачах: монография / В.Я. Груданов. – Могилев.: МГУ им. А.А. Кулешова, 2006. – 288 с.
2. Бренч, А.А. Исследование конструктивных особенностей куттерного ножа с режущей кромкой в виде ломаной линии / А.А. Бренч, А.Л. Желудков, М.В. Бренч // Научно–технический рецензируемый журнал «Инженерный вестник», Минск, 1(25) 2008. – С. 16 – 18.
3. Пелеев, А.И. Технологическое оборудование предприятий мясной промышленности / А.И. Пелеев. – М.: Пищевая пром–сть, 1971. – 520с.
4. Даурский, А.Н., Мачихин, Ю.А. Резание пищевых материалов. – М.: Пищевая промышленность, 1980. – 240 с.
5. Груданов, В.Я. Влияние угла резания куттерного ножа на прирост температуры сырья и удельную энергоемкость процесса куттерования / В.Я. Груданов, А.А. Бренч, Л.Т. Ткачева, А.Л. Желудков. // Агропанорама. – 2012. – № 6 – С. 21 – 24.
6. Нож куттера серповидный: пат. № 11597 Респ. Беларусь, МПК (2006) В 02С 18/20 / В.Я. Груданов, А.А. Бренч, А.Л. Желудков; заявитель Могилевский гос. ун-т продовольствия. – № а20061055; заявл. 27.10.06; опубл. 30.04.07 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2009. – №1. – С. 62.
7. Нож куттера: пат. № 11793 Респ. Беларусь, МПК (2006) В 02С 18/20, В 02С 18/20 / В.Я. Груданов, А.А. Бренч, А.Л. Желудков; заявитель Могилевский гос. ун-т продовольствия. – № а20070507; заявл. 04.05.07; опубл. 30.10.07 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2009. – №2. – С. 59-60.
8. Куттер: пат. № 12028 Респ. Беларусь, МПК (2006) В 02С 18/00 / В.Я. Груданов, А.А. Бренч, А.Л. Желудков; заявитель Могилевский

гос. ун-т продовольствия. – № а20070044; заявл. 18.01.07; опубл. 30.08.07 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2009. – №3. – С. 63–64.

9. Нож куттера: пат. № 12967 Респ. Беларусь, МПК (2009) В 02С 18/00 / А.Л. Желудков, В.Я. Груданов, А.А. Бренч; заявитель Могилевский гос. ун-т продовольствия. – № а20080459; заявл. 10.04.08; опубл. 30.10.08 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2010. – №1. – С. 71.

КУТЕРНІ НОЖІ З РІЖУЧОЮ КРОМКОЮ У ВИГЛЯДІ ЛОМАНОЇ ЛІНІЇ

Анотація – в даній роботі проаналізовано вплив геометричних параметрів кутерного ножа на процес кутерування. Виявлені основні напрямки вдосконалення конструкції робочих органів машин для тонкого помолу м'ясної сировини, що дозволяє підвищити якість здрібненого продукту і зменшує витрати енергії на процес кутерування.

ANALYSIS OF A NEW DESIGN CUTTING A KNIFE WITH A BROKEN CUTTING EDGE.

A. Brench, V. Grudanov

Summary

In work influence of geometrical parameters of cutting knife on the process of cutting is analysed. The basic ways of perfection of designs of working bodies of machines for thin crushing meat raw material that will allow to raise quality of a crushed product are certain and reduces expenses of energy for process. Theoretical and experimental researches comparison of a knife provide basis for exact estimation of the cutting tool tense-deforming conditions. It confirms that these knives are in equal in strength conditions.

УДК 620.9(477)

СУЧАСНА ЕНЕРГЕТИКА: СТАН, ПРОБЛЕМИ, ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ

Дідур В.А., д.т.н.,

Лисенко О.В., к.т.н.,

Адамова С.В., інженер

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 42-11-74

Анотація – дану роботу присвячено аналізу стану енергетичної галузі та визначенню перспективних шляхів створення надійної системи електропостачання.

Ключові слова – виробництво електроенергії, навантаження, традиційні енергоносії, поновлювані джерела енергії, безперебійність електропостачання, показники надійності.

Постановка проблеми. Електроенергетика є базовою галуззю економіки України, від надійного і сталого функціонування якої значною мірою залежать темпи виходу України із скрутного економічного становища та енергетична безпека держави.

Ключовими проблемами впродовж останніх років залишається високий рівень зношення електроенергетичного обладнання, пов'язаний з виробництвом, передачею та розподілом електричної енергії. Основне обладнання на більшості електричних станцій та мереж введено в експлуатацію в 1960-70 роках минулого століття, а спроектоване за нормами 1950-х років. Суттєва зношеність обладнання приводить до збільшення питомих витрат палива на виробництво електроенергії, неефективного використання паливно-енергетичних ресурсів та, відповідно, збільшення ціни виробленої електроенергії. На переважній більшості станцій проектний ресурс обладнання вже вичерпано і воно експлуатується понад парковий термін експлуатації відповідно до рис. 1. Зношеність основних фондів складає 70-80%, розрахунковий рівень амортизації є низьким, що ускладнює виконання робіт з модернізації, реконструкції та придбання нового обладнання. Аналогічна ситуація спостерігається і з мережевим обладнанням системи передачі та систем розподілу електричної енергії.

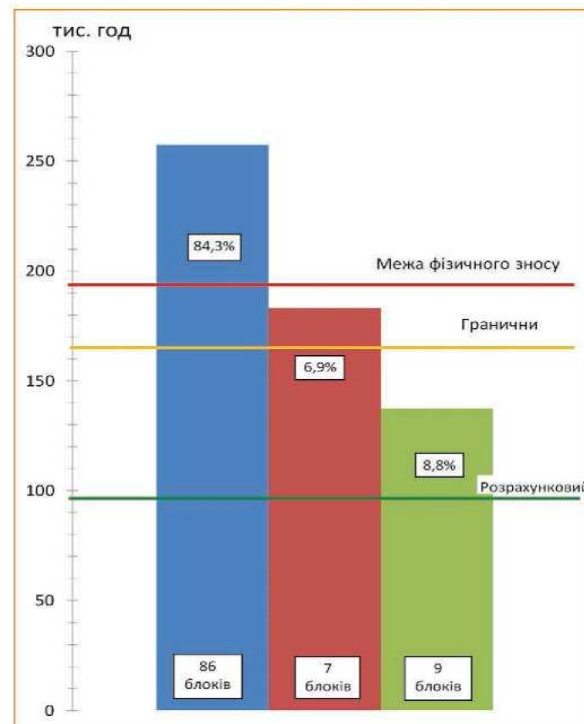


Рис. 1. Технічний стан енергоблоків ТЕС та ТЕЦ по ресурсу роботи (кількості годин напрацювання)

Аналіз останніх досліджень. Відсутність належного рівня інвестицій в галузь зумовлена у тому числі і недосконалою та застарілою нормативно-правовою базою та методами регулювання, що не відповідають викликам сьогодення та не створюють необхідних стимулів для інвестування.

Електроенергетична галузь функціонує в особливих умовах. Процес постійного і безперервного в часі збалансування виробництва і споживання електроенергії забезпечується єдиним диспетчерським управлінням об'єднаної енергетичної системи України [1].

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Аналіз стану енергетики та визначення перспективних шляхів вирішення проблеми виходу України з енергетичної кризи, в тому числі, із впровадженням нової моделі електроенергетичної галузі із залученням нетрадиційних поновлюваних джерел енергії (енергія сонця, вітру та ін.).

Основна частина. На теперішній час у першу чергу до графіка навантаження включаються генеруюче обладнання виробників з відновлювальних джерел енергії, ГЕС та ГАЕС (за нормативами вимог до роботи каскадів), АЕС, ТЕЦ. При цьому, базова частина графіка навантаження формується потужністю виробників електроенергії з ВДЕ, АЕС, ТЕЦ (в об'ємі теплофікаційного графіка) відповідно до

рис. 2. «Змінна» частина графіка навантаження покривається потужністю ГЕС, ГАЕС, а також генеруючих компаній ТЕС (які працюють в ОРЕ (оптового ринку електричної енергії України) за ціновими заявками)

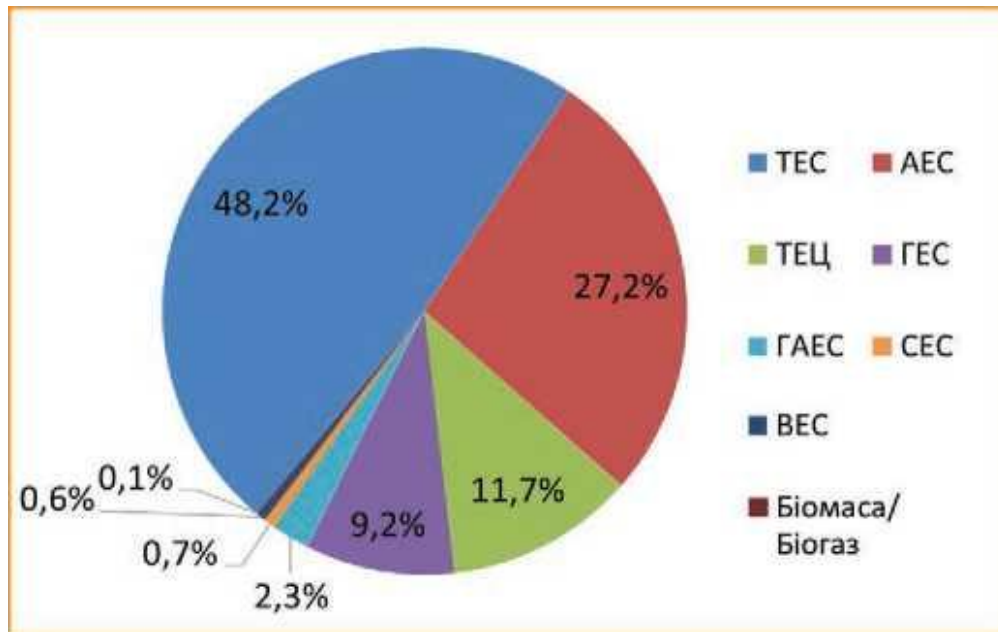


Рис. 2. Структура встановленої потужності у секторі виробництва електроенергії ОЕС України у 2015 році

Найбільше (за обсягами надвиробництва) для балансування ОЕС (об'єднаної енергетичної системи) України застосовувались блоки Запорізької ТЕС, Ладижинської ТЕС та Луганської ТЕС. Для розвантаження найбільше використовувались (за обсягами недовиробництва) для балансування ОЕС України блоки Старобешівської ТЕС, Вуглегірської ТЕС та Курахівської ТЕС.

З метою стабілізації функціонування ринку електричної енергії в умовах військових дій та перебоїв з постачанням вугілля на електричні станції України Кабінетом Міністрів України, відповідно до Закону України «Про засади функціонування ринку електричної енергії України», впродовж 2015 року тричі приймалися рішення про запровадження тимчасових надзвичайних заходів на ринку електричної енергії [1].

У січні 2015 року Комісія знизила на період дії надзвичайного стану «зелені» тарифи на електричну енергію, що виробляється з енергії сонячного випромінювання наземними об'єктами електроенергетики, введеними в експлуатацію до 31.03.2013 р. включно, на 20%, всі інші - на 10%; пізніше «зелені» тарифи були додатково знижені, зокрема на електричну енергію, що виробляється з використанням альте-

рнативних джерел енергії, на 50%, на електричну енергію, що виробляється з енергії сонячного випромінювання наземними об'єктами електроенергетики, введеними в експлуатацію по 31.03.2013 р. включно, - на 55%.

Балансування попиту та пропозиції електричної енергії в ОЕС України відбувається шляхом планування за добу до доби постачання Розпорядником системи розрахунків (ДП «Енергоринок») обсягів споживання та виробництва електричної енергії на добу постачання та корегування диспетчером Системного оператора навантаження впродовж доби постачання.

ДП «Енергоринок» готує погодинний прогноз споживання електричної енергії в ОЕС України на наступну добу на підставі даних про споживання електричної енергії у попередні періоди, прогнозів споживання, наданих постачальниками, а також з урахуванням метеорологічних умов (поточних, ретроспективних та на наступну добу) та, згідно з Правилами ОРЕ (оптового ринку електричної енергії України), формує на наступну добу погодинний графік навантаження ОЕС України в цілому та для кожного блока (станції) окремо з урахуванням прогнозу зовнішнього перетоку електричної енергії (імпорт, експорт), вимог щодо наявності необхідного резерву потужності, визначеного диспетчерським центром, та заявок потужності всіх виробників. Даний графік погоджується з диспетчерським центром Системного оператора.

Виходячи із стану «традиційної» енергетики залучення до паливно-енергетичного балансу України нетрадиційних поновлюваних джерел енергії (енергія сонця, вітру та ін.) є одним з перспективних шляхів виходу із кризи.

Оцінка потенційних можливостей використання цих видів енергії на території України свідчить, що їх запаси досить значні. Широке впровадження і використання енергії нетрадиційних джерел може дати до 1800 млрд. кВт • год. електроенергії на рік. Використання нетрадиційних джерел енергії дає змогу покращити екологічну обстановку в регіонах, замінити і зекономити дефіцитне паливо, вирішити певні соціально-економічні проблеми сільської місцевості, які не мають централізованого енергопостачання, тощо. Географічне положення України дозволяє розвивати усі напрями нетрадиційної енергетики, і особливо використання енергії вітру, сонця, геотермальної, біомаси [2].

Саме тому, прийняття закону, який відповідатиме вимогам Третього енергетичного пакету законодавства ЄС, стане необхідною передумовою структурних змін в галузі електроенергетики України, підґрунтям для модернізації сектору та інтеграції ринку електричної ене-

ргії України до регіональних енергетичних ринків, з наступним входженням до загальноєвропейського енергетичного ринку.

В умовах постійного зростання цін на традиційні енергоносії перед Україною постає відповідальне і дуже складне завдання – забезпечити якнайширше залучення нетрадиційних і відновлювальних джерел енергії (НДВЕ) до паливно-енергетичного балансу України.

На даний момент стану енергетики тенденції в розвитку деяких відновлювальних джерел енергії (ВДЕ) у світі, а також стратегія розвитку ВДЕ в Україні стають актуальними як ніколи. Ця стратегія, розроблена Національною академією наук і міністерством палива та енергетики України, базується на проекті «Енергетична стратегія України» на період до 2030 р.

До особливостей застосування електричних станцій на відновлювальних джерелах енергії, першу чергу такі:

1. Паралельна робота з мережею. У цьому випадку електрична енергія, яку виробляє електрична станція, має відповідати вимогам якості електричної енергії у мережі. Мережа, у свою чергу, повинна мати можливість прийняти потужність від неї (пропускна здатність ЛЕП, наявність відповідних лічильників електроенергії тощо) та вчасно реагувати на зміну її кількості.

2. Автономна робота. Для такої роботи необхідне встановлення акумуляторних батарей, які накопичуватимуть електричну енергію, що виробляється за сприятливих погодних умов. Наявність акумуляторів значно збільшує загальну вартість системи. Тому для прийняття остаточного рішення необхідно проводити техніко-економічні розрахунки.

3. Пряме перетворення електричної енергії в теплову. Електрична енергія, що виробляється, перетворюється в теплову шляхом нагрівання об'єму води електричними ТЕНами. Тобто акумулятором тепла є вода. Таку схему можна використовувати для попереднього нагрівання води в системі гарячого водопостачання.

Основним недоліком відновлювальної енергетики є несталість та нерегульованість носія енергії. Важливим є також питання економічної ефективності.

Відповідно до стандарту EN 50160-2007 про якість електроенергії під якість електроенергії розуміється не тільки традиційне відхилення і коливання напруги і частоти, гармонійний склад, несинусоїдальність і несиметрія напруги, питання перенапруження, але і якість безперебійності постачання електроенергії. У Європейський стандарт EN 50160-2007 включений пункт 3.18 «Відключення електропоса-

чання». Мова йде про якість не тільки електроенергії яка поставляється, але й про надійність електропостачання, відповідно до якого відключення електропостачання може бути розцінена як:

- передбачене, коли споживачі мережі поінформовані заздалегідь про проведення запланованих робіт на розподільчій мережі;
- випадкові, коли вони спровоковані неусувними або самоусуваються ушкодженнями, у більшості випадків пов'язаними з зовнішніми подіями, з аваріями або зовнішніми причинами. Випадкове відключення постачання електроенергії може бути розцінена як:
- тривале відключення що перевищує 3 хвилини;
- короткочасне відключення до 3 хвилин [3].

На сьогодні Національною комісією, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг (НКРЕКП) визначено основні показники надійності електропостачання для електророзподільних компаній: індекс середньої тривалості довгих перерв в електропостачанні в системі (SAIDI), індекс середньої частоти довгих перерв в електропостачанні в системі (SAIFI) та розрахунковий обсяг недовідпущеної електроенергії (ENS) відповідно до таблиці 1.

Таблиця 1 – Середнє значення показника SAIFI для різних країн

Країна	Значення SAIFI, хв./ споживача
США	0,9
Великобританія	0,77
Бельгія	0,94
Швеція	1,2
Італія	3,8
Нідерланди	0,14
Франція	1,26
Україна	6,3

У 2015 році загальний показник SAIDI по Україні зріс на 15,5%. Зокрема, порівняно з попереднім роком показники SAIDI у 2015 році зросли у 19 електророзподільних компаній.

Висновки. Зношений стан енергетичної системи та несталість і імовірнісний характер вітрової та сонячної енергії на сьогодні не можуть забезпечити необхідної якості та надійності електричної енергії для споживача. Вирішення всіх цих існуючих проблем в електроенергетичній галузі України потребує необхідності її переходу на концептуально новий якісний рівень шляхом формування цілісної багаторівневої системи управління зі збільшенням обсягів автоматизації і підвищенням надійності всієї системи. Цьому сприяє інтелектуальна ене-

енергетична система з активно-адаптивної мережею та джерелами розосередженої генерації.

Література:

1. Звіт про результати діяльності Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг, у 2015 році. – Київ. – 2016. – 274 с.

2. *Письменна У. Є.* Економічний механізм реалізації політики енергоефективності в Україні: [Підручник] / *У. Є. Письменна, В. Е. Лір.* – К.: НАН України; Ін-т екон. та прогнозув., 2010. – 208 с.

3. *Сердюк В.М.* Використання показників SAIDI, SAIFI для економічної оцінки надійності електропостачання промислових підприємств / *В.М. Сердюк, А.А. Ліщук* // Ефективна економіка. Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет. – 2012. - № 2 – Режим доступу: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=957>

СОВРЕМЕННАЯ ЭНЕРГЕТИКА: СОСТОЯНИЕ, ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Дидур В.А., Лисенко О.В., Адамова С.В.

Аннотация - данная работа посвящена анализу состояния энергетической отрасли и определению перспективных путей создания надежной системы энергоснабжения.

MODERN POWER ENGINEERING: CONDITION, PROBLEMS AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT

V. Didur, O. Lysenko, S. Adamova

Summary

This work is devoted to the analysis of condition of the energy sector and identify promising approaches to creating a reliable power supply system.

УДК 636.085.34

ОСОБЛИВОСТІ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІЖЕНЬ МІКРОБІОЛОГІЧНОЇ ЗАБРУДНЕНОСТІ КОМБІКОРМУ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДУ ГАЗОРОЗРЯДНОЇ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ

Тарасенко В.В., д.т.н.,

Гомонець О.П., інженер

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 42-57-97

Анотація – в статті розглянуто особливості організації проведення досліджень мікробіологічної забрудненості комбікорму з використанням методу газорозрядної візуалізації та обробки отриманих експериментальних даних.

Ключові слова – мікробіологічна забрудненість, газорозрядна візуалізація, параметри зображення, комбікорм.

Постановка проблеми. У сучасній медицині, психофізіології й біофізиці усе більш широке застосування знаходить новий метод газорозрядної візуалізації [1,2]. Експериментально доведена чутливість цього методу до слабких змін властивостей досліджуваного об'єкта, що дозволяє здійснювати складні дослідження з меншими витратами часу й засобів у порівнянні з використанням традиційних методів. Так, у біофізиці за допомогою ГРВ вдається виявити слабкі зміни фізико-хімічних властивостей біологічних об'єктів, у психофізіології - оцінювати психоемоційний статус, психофізичний потенціал і рівень саморегуляції випробуваного, у медицині - здійснювати моніторинг загального функціонального стану пацієнта або оцінювати реакцію його організму на ті або інші види терапії без проведення складних медичних обстежень.

В основі методу лежить вивчення властивостей індукованого світіння розряду поблизу поверхні об'єкта, поміщеного в електромагнітне поле високої напруженості.

Метод ГРВ відкриває широкі перспективи для проведення досліджень впливу різноманітних факторів на стан біологічних об'єктів.

Аналіз останніх досліджень. На цей час розроблено декілька десятків різноманітних ГРВ-параметрів, які застосовуються для оцінки специфічних змін зображень досліджуваних об'єктів [2]. До основних параметрів відносяться загальна площа газорозрядного зображення,

інтегральна яскравість зображення, кількість фрагментів та середня площа фрагмента.

Загальна площа зображення (розраховується в пікселях) [2]

$$S = \sum_x \sum_y p_{ij}, \quad (1)$$

де $p_{ij}=1$, якщо $b(i,j) \geq m$, $p_{ij}=0$, якщо $b(i,j) < m$; $b(i,j)$ – значення яскравості елемента зображення, m – граничне значення яскравості.

Інтегральна яскравість зображення (у відносних одиницях від 0 – абсолютно чорне, до 250 – абсолютно біле):

$$PJ = \frac{\sum_{i=0}^n d[i]i}{\sum_{i=0}^n d[i]}, \quad (2)$$

де $d[i]$ – кількість пікселів зображення, для яких $b(x,y)=i$, $i \in (0, 250)$.

Крім означених вище параметрів, для аналізу використовуються також інші параметри, які можливо розрахувати при перетворенні вихідного зображення із сферичної системи координат у декартову систему одномірних кривих-векторів [2]. Для розрахунку будується функція $R(\alpha)$, значення якої дорівнюють відстані між першою та останньою точками ненульової інтенсивності, що знаходяться на промені, який виходить з центра світіння під кутом $\alpha \in [0; 2\pi)$ до вертикалі (рис. 1).

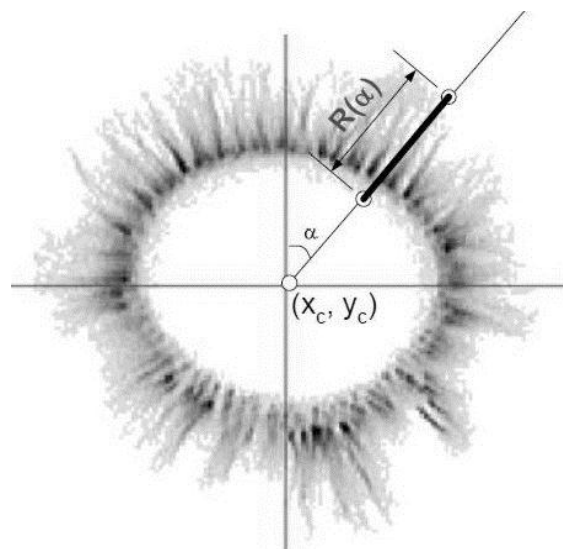


Рис. 1. Функція $R(\alpha)$.

Дана функція розглядається як послідовність реалізацій випадкових величин. Застосувавши апарат опису статистичних залежностей, розраховують наступні параметри.

Середній радіус світіння $\bar{R}$ - є математичним очікуванням значень функції $R(\alpha)$.

Нормалізоване відхилення:

$$\sigma_{\bar{R}} = \frac{\sigma_R}{\bar{R}}, \quad (3)$$

де $\sigma_{\bar{R}}$ - середньоквадратичне відхилення функції $R(\alpha)$.

Коефіцієнт форми:

$$K = \frac{L}{2\pi \cdot \bar{R}}, \quad (4)$$

де L - довжина кривої функції $R(\alpha)$.

Коефіцієнт форми є мірою розривності зображення. Мінімальне значення 1 – світіння у формі кола, більші значення свідчать про наявність розривів у контурі.

Ентропія розраховується на підставі ймовірності p_j досягнення функцією $R(\alpha)$ значення X_j за формулою

$$H(R(\alpha)) = - \sum_{j=1}^M p_j(R(\alpha_j)) \ln[p_j(R(\alpha_j))], \quad (5)$$

де $p_j(R(\alpha_j)) = \frac{N(R(\alpha_j))}{N_{\Sigma}}$, $N(R(\alpha_j))$ - загальна кількість значень величини $R(\alpha_j)$, а N_{Σ} - повна кількість значень $R(\alpha)$.

Формулювання цілей статті (постановка задач). Ціль даної роботи розробка методики визначення мікробіологічної забрудненості та виокремлення інформативних параметрів газорозрядного зображення досліджуваного зразка комбікорму.

Основна частина. Сутність експресного визначення мікробіологічної забрудненості комбікорму полягає у залежності між мікробіологічною забрудненістю та параметрами отриманого газорозрядного зображення.

При сталості параметрів пристрою для візуалізації вид ГРВ-грам визначається характером розподілу електричного поля над поверхнею досліджуваного об'єкту. У випадку ізотропного об'єкту сталої товщини електричне поле буде однорідним на всій площі зазору, що дає рівномірне світіння зображення. Наявність на поверхні або у об'ємі не-

однорідності призводить до викривлення електричного поля у зазорі поблизу поверхні об'єкту, що відбивається на вигляді зображення.

Проведення досліджень мікробіологічної забрудненості комбікорму включає в себе наступні етапи.

Підготовка обладнання. Перед початком досліджень обладнання підлягає обов'язковій перевірці та калібруванню. Електроди, оптична частина приладу та лабораторний посуд повинні бути очищеними від забруднень.

Підготовка досліджуваного зразка. Для дослідження комбікорму у пристрої газорозрядної візуалізації використовується скляна ємність циліндричної форми. Ємність заповнюється комбікормом по вінця. При цьому необхідно слідкувати за ступенем ущільнення зразка, який повинен бути однаковим для серії експериментів.

Особлива увага повинна бути приділена дестабілізуючим факторам при дослідженнях методом газорозрядної візуалізації. Як відомо, на розвиток розряду суттєвий вплив мають параметри зовнішнього середовища, насамперед вологість та газовий склад повітря. Ці параметри повинні знаходитись в межах встановлених норм і не змінюватись під час проведення досліджень.

Проведені нами дослідження зразків комбікорму показали, що різниця між отриманими газорозрядними зображеннями якісного та штучно забрудненого мікроорганізмами комбікорму найбільш суттєво проявляється у формі контуру світіння, а саме у наявності та кількості розривів зображення.

Висновки. Аналіз результатів дослідження зразків комбікорму на ураження мікроорганізмами вказує на те, що найбільш інформативними параметрами отриманого газорозрядного зображення є коефіцієнт форми, тобто посіченість контуру зображення вказує на наявність мікробіологічної забрудненості.

Література:

1. *Коротков К. Г.* Принципы анализа в ГРВ биоэлектрографии / К.Г. Коротков // СПб.: «Реноме» – 2007. – 286 с.
2. *Коротков К.Г.* Основы ГРВ биоэлектрографии. – СПб: СПбГИТМО (ТУ), 2001. – 360 с.
3. Application of Electrophoton Capture (EPC) Analysis Based on Gas Discharge Visualization (GDV) Technique in Medicine: A Systematic Review / K.G. Korotkov, P. Matravers, D.V. Orlov [et al.] // J of Alternative and Complementary Medicine. – 2010. – Vol. 16. – № 1. – P. 13–25.
4. *Діордієв В.Т., Лобода О.І., Гомонець О.П.* Аналіз розподілу електричного поля у розрядному проміжку пристрою газорозрядної візуалізації // Праці ТДАТА. – Мелітополь, 2006. – Вип. 38. – С. 59 – 65.

**ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ
МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЙ ЗАРАЖЕННОСТИ КОМБИКОРМА
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ГАЗОРАЗРЯДНОЙ
ВИЗУАЛИЗАЦИИ**

Тарасенко В.В., Гомонец А.П.

Аннотация – в статье рассмотрены особенности организации и проведения исследований микробиологической загрязненности комбикорма с использованием метода газоразрядной визуализации и обработки полученных экспериментальных данных.

**THE FEED-MIX MICROBIOLOGICAL CONTAMINATION
STUDY FEATURES UNDER USAGE OF THE GAS DISCHARGE
VISUALIZATION METHOD**

V. Tarasenko, A. Homonets

Summary

The specific features of the feed-mix microbiological contamination study under the gas discharge visualization method usage and the experimental data processing are under consideration in the article.

УДК 628.35

ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВОЛОГОТЕПЛОВОЇ І ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ КОНЦЕНТРОВАНИХ КОРМІВ

Тарасенко В.В., д.т.н.,

Болтянський Б.В., к.т.н.,

Дереза С.В., ст. викл.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 42-05-70

Анотація – у статті наведено конструктивну схему, розрахунки тепловтрат та результати проведених досліджень експериментального зразка термореактора для вологотеплової і термічної обробки концентрованих кормів.

Ключові слова – концентровані корми, знезараження, тепловтрати, термореактор, металоємність.

Постановка проблеми. Без організації товарного виробництва на базі енерго- і ресурсозберігання не може бути нормального вітчизняного ринку продовольства, зорієнтованого на масового споживача. Напрями використання енергетичних ресурсів в тваринництві включають: кормовиробництво; приготування і роздачу кормів; мікроклімат тваринницьких приміщень ферм і комплексів; водопостачання ферм; видалення і переробку гною; процеси доїння корів і первинної обробки молока [1].

У структурі повних енерговитрат для різних видів тварин і птиці на долю кормів припадає 58...92%. В грошовому виразі доля витрат на них також складає більше половини вартості тваринницької продукції.

У напрямі формування енергозберігаючих технологій виробництва і приготування кормів, що дозволяють підвищити енергетичну ефективність тваринницької галузі в цілому, можна виділити наступні шляхи: застосування економічних машин і агрегатів, а також енергоефективних прийомів для механізації технологічних процесів при виробництві і приготуванні кормів; приготування повноцінних кормових раціонів на основі найменш енерговитратних кормів, тобто зменшення витрат кормів на одиницю продукції.

При цьому висувають особливі вимоги до отримання екологічно чистих компонентів для введення їх в повнораціонні комбікорми. Годівля тварин такими комбікормами дозволяє підвищити продуктивність тварин на 8-10% і збільшити засвоєність крохмалю в 1,5-2 рази [2].

Аналіз останніх досліджень. З метою інтенсифікації процесу теплової обробки концентрованих кормів в процесі їх змішування були проведені попередні дослідження по обґрунтуванню режимів і параметрів знезараження кормів при обробці перегрітою парою, їх сушінні і охолодженні в змішувачі [3, 4].

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Метою роботи є подальше вивчення процесу вологотеплової обробки високобілкового фуражного зерна за допомогою енергоефективного термореактора для обробки концентрованих кормів.

Основна частина. Для досягнення поставленої мети нами була розроблена конструктивна схема термореактора, в якому забезпечується нагрів корпусу від спеціального нагрівача і подача теплоносія від електричного пароутворювача закритого виконання (рис. 1).

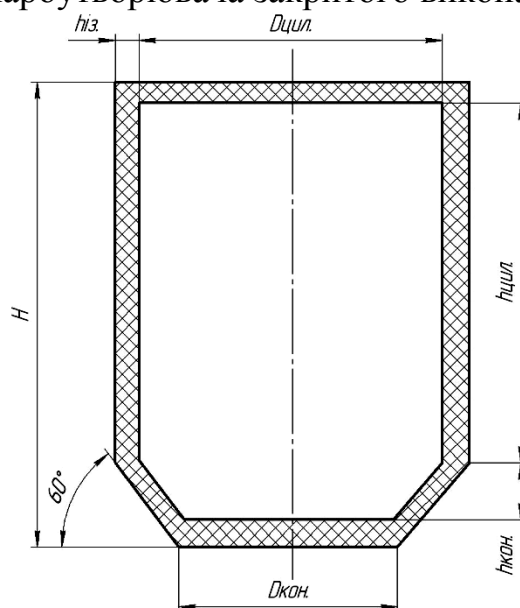


Рис. 1. Конструктивна схема корпусу термореактора

При розробці експериментального зразка термореактора необхідно було провести розрахунки тепловтрат і розігрівання корпусу термореактора.

Розрахунок теплових втрат (варіант термоізоляції – мінеральна вата) включає:

1. Теплові втрати з бічної поверхні резервуару термореактора ($P_{\text{біч.цпл.}}$)

$$P_{\text{біч.цил.}} = \frac{t_3 - t_{\text{нав.}}}{\frac{R_{\text{із.}}}{S_{\text{біч.цил.к}}} + \frac{R_{\text{к}}}{S_{\text{біч.цил.т}}}}, \quad \text{Вт}, \quad (1)$$

де t_3 - задана необхідна температура, °С;

$t_{\text{нав.}}$ - температура навколишнього середовища, °С;

$R_{\text{із.}}$ - тепловий опір термоізоляції на 1м² поверхні, °К м²/Вт;

$R_{\text{к}}$ - тепловий опір конвективного теплообміну з навколишнім середовищем на 1м² поверхні, °К м²/Вт (де °К - температура в Кельвінах);

$S_{\text{біч.цил.к}}$ - площа бічної поверхні циліндричної частини резервуару по конусу, м²;

$S_{\text{біч.цил.т}}$ - площа бічної поверхні по теплоізоляції резервуару, м².

2. Теплові втрати через бічну конічну стінку поверхні резервуару ($P_{\text{біч.кон.}}$)

$$P_{\text{біч.кон.}} = \frac{t_3 - t_{\text{нав.}}}{\frac{R_{\text{із.}}}{S_{\text{біч.кон.к}}} + \frac{R_{\text{к}}}{S_{\text{біч.кон.т}}}}, \quad \text{Вт}, \quad (2)$$

де $S_{\text{біч.кон.к}}$ - площа бічної поверхні конусу резервуару по корпусу, м²;

$S_{\text{біч.кон.т}}$ - площа бічної поверхні по теплоізоляції конусу, м².

3. Теплові втрати через верхню кришку резервуару термореактора ($P_{\text{кр1}}$)

$$P_{\text{кр1}} = \frac{t_3 - t_{\text{нав.}}}{\frac{R_{\text{із.}}}{S_{\text{h1}}} + \frac{R_{\text{к}}}{S_{\text{кр1т}}}}, \quad \text{Вт}, \quad (3)$$

де S_{h1} - площа поверхні по теплоізоляції резервуару, м²;

$S_{\text{кр1т}}$ - площа поверхні кришки корпусу резервуару, м².

4. Теплові втрати через нижню поверхню дна резервуару ($P_{\text{кр2}}$)

$$P_{\text{кр2}} = \frac{t_3 - t_{\text{нав.}}}{\frac{R_{\text{із.}}}{S_{\text{кр2}}} + \frac{R_{\text{к}}}{S_{\text{кр2т}}}}, \quad \text{Вт}, \quad (4)$$

де $S_{\text{кр2т}}$ - площа поверхні дна по корпусу резервуару, м²;

$S_{кр2}$ - площа поверхні дна по теплоізоляції резервуару, m^2 .

5. Сумарні теплові втрати резервуару термореактора ($P_{втр.}$)

$$P_{втр.} = P_{бiч.цил.} + P_{бiч.кон.} + P_{кр1} + P_{кр2}, \text{ Вт.} \quad (5)$$

Розрахунок розігрівання термореактора ($P_{роз.}$)

$$P_{роз.} = \frac{Cm_{кор.} \cdot m_{кор.} (t_3 - t_{min}) + Cm_{из.} \cdot \frac{m_{из.}}{2} (t_3 - t_{min}) + Cm_{пр.} \cdot m_{пр.} (t_3 - t_{min})}{\tau_{роз.}} + P_{втр.}, \quad (6)$$

де $Cm_{кор.}$ - теплоємність корпусу реактора, Дж/кгК;

$m_{кор.}$ - маса корпусу термореактора, кг;

$Cm_{из.}$ - теплоємність ізоляції, Дж/кгК;

$m_{из.}$ - маса ізоляції, кг;

$Cm_{пр.}$ - теплоємність продукту (корму), Дж/кгК;

$m_{пр.}$ - маса продукту (корму), кг;

$\tau_{роз.}$ - час розігрівання реактора, хв.

З урахуванням коефіцієнта запасу потужності

$$P_{розк} = P_{роз.} \cdot k, \text{ Вт,} \quad (7)$$

де k - коефіцієнт запасу потужності, $k=1,36$ [5].

За розробленою конструктивною схемою та результатами розрахунку був виготовлений і випробуваний дослідний зразок термореактора.

Технічна характеристика термореактора:

Місткість термореактора по продукту, кг до 20

Тривалість обробки, хв. не більше 40

Встановлена потужність / в т.ч. електронагрівача

і приводу мішалки, кВт 4,7/1,5

Габаритні розміри, мм:

довжина 760

ширина 550

висота 1050

Маса реактора, кг 45,3

Термореактор складається з корпусу, який встановлений на спеціальній рамі. Корпус має поворотний пристрій для висипання готового продукту і пристрій для подачі перегрітої пари. На корпусі термореактора намотаний спеціальний дріт або встановлені ТЕНи, як електронагрівні пояси, які з зовні закриті теплоізолюючим утеплювачем. У корпус вбудовано дві термопари, а на його кришці змонтовано пристрій введення для охолодження продукту. Управління роботою термореактора здійснюється з використанням мікропроцесорного пристрою.

В результаті проведених дослідів встановлено, що нагрів, пропарювання, охолодження і гомогенізацію сипких концормів необхідно проводити в дві стадії теплової обробки. У першій стадії термостійкі компоненти спочатку піддаються нагріву до 85-110°C і зволоженню парою, а в другій стадії гарячу масу охолоджують повітрям до температури оточуючого середовища 50°C. В змішувач додають термо- і біологічноактивні компоненти, а також вітаміни та ферменти. При цьому одночасно з продовженням охолодження всю масу ретельно перемішують з рештою комбікорму.

Висновки. За результатами проведених досліджень можна зробити наступні висновки:

1. Перевірена втрата використання вологотеплової і термічної обробки зерна (на прикладі обробки бобових культур) у псевдозрізженому і активно перемішуваному шарі корму. При цьому забезпечується інтенсивний режим і висока рівномірність при обдуванні зерна.
2. Досягається зниження вологості при обробці в три рази (в середньому на 20% проти 6% в порівнянні із традиційними способами).
3. Забезпечується активне знезараження зерна.
4. Виявлена можливість зниження більш ніж на 50% металоємності обладнання (модуль приготування збагачувальних добавок) в порівнянні з традиційно вживаними для цих цілей технічними засобами.

Література:

1. *Пестис В.К.* Основы энергосбережения в сельскохозяйственном производстве: учеб. пособие для студентов учреждений, обеспечивающих получение высш. образования по с.-х. специальностям / В.К. Пестис, П.Ф. Богданович, Д.А. Григорьев – 2-е изд. – Минск: ИВЦ Минфина, 2008. – 200 с.
2. *Соколов В.В.* Ветеринарное состояние сырья комбикормов комбикормовых предприятий и разработка мероприятий по его улучшению: Автореф. дис... д-ра вет. наук. М., 2002.

3. Иванов В.Г., Клычев Е.М., Ромалийский В.С., Карташов С.Г. Способы обеззараживания комбикормов // Сб. науч. трудов ВНИИЖ. Т.16, Ч.3. Подольск, 2006. – С.64-66.

4. Карташов С.Г., Клычев Е.М., Резник Е.И., Лебедев Д.П. Энергоэффективный терморектор для обработки фуражного зерна и комбикормов // Труды 8-й Международной научно-технической конференции. Ч.3. Энергосберегающие технологии в животноводстве и стационарной энергетике. – М.: ГНУ ВИЭСХ, 2012. – С.85-88.

5. Ворогів А.П. Теплообмінні процеси і устаткування хімічних та нафтопереробних виробництв / А.П. Ворогів. – Суми: СУМГУ, 2005. – 222 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ВЛАГОТЕПЛОВОЙ И ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ КОРМОВ

Тарасенко В.В., Болтянский Б.В., Дереза С.В.

Аннотация - в статье приведены конструктивная схема, расчеты теплотерь и результаты проведенных исследований экспериментального образца терморектора для влаготепловой и термической обработки концентрированных кормов.

THE USE OF ENERGY-SAVING EQUIPMENT TO MOISTURE-HEAT AND HEAT TREATMENT OF CONCENTRATED FEED

V. Tarasenko, B. Boltianskyi, S. Dereza

Summary

The article presents the design scheme, the heat loss calculations and the results of the thermal reactor of experimental research sample for moisture-heat and heat treatment of concentrated feed.

УДК 631.171.075.3

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ТЕОРІЙ РУЙНУВАННЯ КРИХКИХ МАТЕРІАЛІВ

Тарасенко В.В., д.т.н.,

Сушко О.В., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 42-13-54

Анотація – в статті проаналізовані існуючі теорії руйнування крихких матеріалів з метою їх застосування при встановленні фізичних аспектів механізму руйнування надтвердих матеріалів при абразивній обробці алмазними кругами на металевих зв'язках.

Ключові слова – синтетичні надтверді матеріали, абразивний інструмент, шліфувальні круги, алмазні зерна, концепції теорії руйнування, алмазно-металеві композиції.

Постановка проблеми. Визначальним фактором вдосконалення вже існуючих та створення нових інструментів та інструментальних матеріалів є застосування синтетичних надтвердих матеріалів (НТМ) у різноманітних галузях народного господарства. Так як алмазне шліфування як традиційний процес обробки НТМ є дорогим, низькопродуктивним, який часто характеризується нестабільною якістю оброблюваних виробів, проблема ефективності обробки цих матеріалів залишається актуальною. Інструмент, який застосовується при цьому, відрізняється високою витратою дорогих алмазних зерен в процесі експлуатації.

Методологія вибору оптимального поєднання властивостей міцності алмазних зерен та металевої зв'язки стосовно обробки конкретного оброблюваного матеріалу практично відсутня. Існуючі рекомендації щодо застосування тих чи інших алмазних зерен та металевих зв'язок носять загальний характер. Такі рекомендації, з урахуванням високої вартості алмазних зерен, призводять до низької ефективності їх використання та високої собівартості процесу алмазного шліфування. До нераціонального використання алмазних зерен приводить також не завжди обґрунтоване призначення рівня їх концентрації в алмазних кругах, яке

потребує суттєвого уточнення. При цьому повинна вирішуватися задача оптимального поєднання властивостей міцності металевої зв'язки та алмазних зерен з точки зору збереження їх цілісності в процесі спікання кругів.

Тому з метою підвищення роботоздатності алмазних кругів у даній роботі проаналізовані основні існуючі теорії руйнування крихких матеріалів для подальшого дослідження процесу їх спікання (з точки зору визначення умов максимального збереження цілісності зерен) та можливості виявлення оптимального поєднання марок, зернистостей, концентрацій алмазних порошків з типом металевої зв'язки, які забезпечують мінімальну дефектність спечених шліфувальних кругів.

Аналіз останніх досліджень. При виготовленні деталей з крихких неметалевих матеріалів основними процесами для отримання якісних поверхонь є шліфування та полірування за допомогою абразивних порошків у вільному та зв'язаному стані. Забезпечення ефективності процесу формоутворення виробів в кожному конкретному випадку можливе, якщо з'ясовані фізичні аспекти процесу руйнування крихких матеріалів при абразивній обробці.

Існуючі теорії руйнування твердих тіл засновані на вченні про її міцність. Більшість досліджень для крихких неметалевих матеріалів виконані для скла, як найбільш давно і широко поширеному у цій категорії матеріалів. Дослідженням міцності та механізму руйнування матеріалів на основі скла присвячено велика кількість робіт [1, 2, 3]. Під міцністю твердих крихких тіл розуміють опір розриву, завдяки тому, що саме розтягуючі напруги або максимальні нормальні напруги є тими, що обмежують міцність крихких матеріалів і можуть служити критерієм руйнування [4]. Руйнування тіла є складним процесом, розвиток якого залежить від температури, швидкості навантаження, характеру напруженого стану, структури тіла, навколишнього середовища і т. ін. [5, 6].

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Проаналізувати існуючі теорії руйнування крихких матеріалів з метою їх застосування при встановленні фізичних аспектів механізму руйнування крихких матеріалів при абразивній обробці алмазними кругами на металевих зв'язках.

Основна частина. До вирішення проблеми міцності в даний час існують два основних підходи, які умовно називаються механічним та кінетичним. Засновником механічної концепції є Гриффітс. Згідно його теорії, запропонованої для скла, руйнування є результатом втрати стійкості твердим тілом, яке знаходиться в

полі зовнішніх та внутрішніх напружень. При цьому тіло розглядається як суцільне середовище, яке містить багаточисельні найдрібніші дефекти у вигляді мікротріщин, що діють як концентратори напружень [4]. Причому, на краях мікротріщин під дією прикладеного розтягуючого напруження σ виникають перенапруження σ_k , які можуть в багато разів перевищувати середні напруження. Коли величина перенапруг у вершини найбільш небезпечної мікротріщини, що обумовлена прикладеною середньою напругою, досягає рівня теоретичної міцності, відбувається катастрофічне (зі швидкістю, близькою до швидкості звуку) поширення тріщини та зразок руйнується на частини. Прикладена середня напруга при цьому відповідає критичному напруженню σ_k . За Гриффітсом умова зростання тріщини, яка приводить до руйнування, має вид:

$$\frac{d}{d_a} \left(\frac{\pi a^2 \sigma^2}{2E} \right) > \frac{d}{d_a} (2\gamma_k a), \quad (1)$$

де E – модуль Юнга;

σ – енергія утворення нової поверхні руйнування при розриві;

a – глибина тріщини;

γ_k – поверхнева енергія руйнування.

Таким чином, критична напруга росту тріщини буде дорівнювати:

$$\sigma_k = \beta_k \left(\frac{E\gamma_k}{a} \right)^{\frac{1}{2}}, \quad (2)$$

де β_k – постійна.

Якщо розповсюдження тріщини супроводжується пластичною деформацією матеріалу перед її вершиною, то у виразі γ_k замінюється величиною ефективною поверхневою енергією руйнування $\gamma_{ke} = \gamma_k + \gamma_{кр}$, яка враховує роботу пластичної деформації $\gamma_{кр}$. Аналогічними залежностями можуть бути враховані впливи на величину γ_{ke} теплового руху та поверхнево-активного середовища.

Основоположником кінетичної концепції є С. Н. Журков, в подальшому вона отримала розвиток в роботі [6]. Згідно з цією концепцією, руйнування розглядається як результат процесу, який розвивається в матеріалі протягом часу, тобто як кінцевий етап поступового розвитку і накопичення субмікроскопічних руйнувань, або як процес розвитку мікротріщин на молекулярному рівні. Цей процес відбувається в напруженому тілі під дією так званих теплових флуктуацій і механічних напруг. В процесі теплового руху розподіл енергії по окремим частинкам, які складають тіло, весь час змінюється. Тому

кінетична енергія окремої частинки W , наприклад, атома в полімерному ланцюгу скла, з плином часу змінюється, досягаючи в деякі відрізки часу досить великих значень W^* , щоб розірвати хімічний зв'язок між атомами. Відхилення кінетичної енергії частинок $\bar{W}$ від середнього значення й називають флуктуаціями.

При цьому довговічність знаходження під навантаженням, тобто час τ , необхідний для розвитку руйнування від моменту навантаження тіла до його руйнування при розриві, зв'язана з величиною розривного напруження σ та температурою T° співвідношенням:

$$\tau = \tau_0 \exp \left[(U_0 - \chi_k \sigma) / k T^\circ \right], \quad (3)$$

де U_0 – енергетичний бар'єр (залежить від природи матеріалу, для металів, близький до сублімації енергії, для полімерів – до енергії термічної деструкції);

τ_0 – постійна, близька до періоду теплових коливань атомів, приблизно рівна 10^{-13} - 10^{-11} с;

χ_k – коефіцієнт, що визначає ступінь зниження початкового бар'єру U_0 під дією руйнівної напруги σ ;

k – постійна Больцмана.

Тривалість тимчасового процесу, який проходить у тілі від моменту навантаження до його руйнування, визначається згідно з (3) величиною активаційного бар'єру $U = U_0 - \chi_k \sigma$ та температурою T° . Чим вище напруга, тим більше знижується бар'єр і менший час потрібний для руйнування.

Різні фізичні теорії, що пояснюють тимчасові ефекти міцності твердих тіл, які ґрунтуються на положенні, що процес руйнування є активаційним процесом розриву тих чи інших зв'язків, коли енергія активації знижується, а ймовірність і швидкість руйнування зростають при збільшенні прикладеної напруги. Щоб зв'язати між собою атомно-молекулярні процеси та мікроскопічне руйнування крихких матеріалів, вводиться певний локальний критерій, який встановлює основну причину руйнування більшості конструкційних матеріалів, що перебувають у крихкому стані. Зазвичай в таких матеріалах завжди є велика кількість різних початкових мікротріщин і найбільш небезпечна з них є ініціатором руйнування.

У монографії Р. М. Бартенєва наведена молекулярна модель мікротріщини, що є узагальненням відомих моделей тріщин Гриффітса і Ребіндера. При крихкому або квазікрихкому руйнуванні тріщини (рис. 1) у її вершині відбувається послідовний розрив (та відновлення) хімічних зв'язків, які супроводжуються витратою кінетичної енергії на подолання потенційних бар'єрів.

У навантаженому матеріалі, коли $\sigma \neq 0$, розтягуючі напруження сприяють розриву зв'язків та перешкоджають їх відновленню. Отже, для розриву зв'язків потрібна менша U , а для їх відновлення – більша U' , ніж в ненавантаженому стані. При зростанні розтягуючого напруження ймовірність розриву зв'язків зростає, а відновлення – зменшується; більш ймовірним стає розрив зв'язків і мікротріщина росте: $U < U'$. Напруга $\sigma = \sigma_{CT}$ (де σ_{CT} – напруга відновлення зв'язків), при якій ймовірність розриву та відновлення зв'язків рівні, є безпечною напругою тріщини.

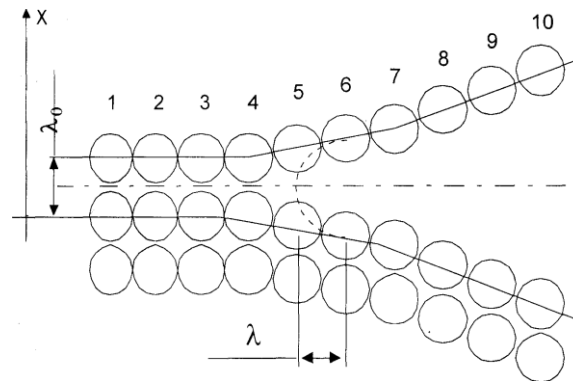


Рис. 1. Молекулярна модель мікротріщини

При цьому потенційні енергії активації U_* та рекомбінації U'_* є рівними: $U_* = U'_*$.

При навантаженні крихкого матеріалу, коли розтягуюча напруга $\sigma > \sigma_{CT}$, мікротріщина починає рости. Швидкість її росту залежить від того, наскільки величина напруг розтягування σ більше величини безпечної напруги σ_{CT} . При невеликому перевищенні σ відносно σ_{CT} на першій стадії внаслідок повільного зростання мікротріщини на поверхні розриву утворюється гладка або дзеркальна зона руйнування. Поступово, зі зростанням мікротріщини, навіть при стаціонарному навантаженні, ростуть локальні напруження σ_L біля кінчика тріщини. Внаслідок цього збільшується швидкість росту тріщини, так як зі зростанням локальних напружень зростає нерівність: $U < U'$.

На другій стадії руйнування, що протікає зі швидкістю, близькою до швидкості поширення поперечних пружних хвиль у твердому тілі, виникає шорстка зона руйнування. Руйнування на другій стадії відбувається за механізмом, який Гриффітс вважав єдиним і характерним для крихких тіл.

У цьому випадку локальна напруга біля вершини тріщини стає критичною, енергія активації перетворюється в нуль і відбувається перехід від активаційного термофлуктуаційного механізму розриву зв'язків до безактиваційного атермічного, при якому відбувається ро-

зрив зв'язків під дією механічної сили, і для розриву не потрібно теплових флуктуацій. Тобто, узагальнивши положення кінетичної теорії, можна зробити висновок, що процес руйнування складається з наступних стадій: збудження міжатомних зв'язків, розрив цих зв'язків під дією теплової флуктуації, утворення субмікроскопічних тріщин, виникнення магістральної тріщини під дією механічної сили та розрив зразка.

Наведена вище залежність (3) отримана за умови дії на крихкі матеріали постійних (стаціонарних) навантажень (напруг) і є фундаментом для з'ясування природи та механізмів руйнування цих матеріалів. Розглядаючи механізми руйнування скломатеріалів при абразивній обробці, цікавими є інші тимчасові режими деформації, які виникають при циклічних навантаженнях або багаторазових деформаціях, що супроводжують процес взаємодії абразивних зерен з оброблюваною поверхнею, який можна характеризувати як динамічний режим з періодичним законом зміни параметрів. Якщо механізм руйнування один і той же при статичних і циклічних навантаженнях, то для умов крихкого руйнування наближено вірний так званий «інтегральний критерій руйнування Бейлі», який враховує довжину початкової тріщини в тілі до прикладання навантаження, концентрацію напружень у мікрodefекті та величину флуктуаційного об'єму, який визначається структурою матеріалу, та може бути визначений залежністю:

$$\int_0^{\tau_{\partial}} \left[1/\tau(\sigma, \dot{\sigma}, l_0) \right] dt = 1, \quad (4)$$

де τ_p – довговічність зразка при будь-якому нестационарному режимі випробування;

$\tau(\sigma, T^{\circ}, l_0)$ – довговічність при постійній (стаціонарній) нарузі, яка визначається за основним рівнянням довговічності для зразка з початковою мікротріщиною l_0 при $T^{\circ} = const$.

Критерій Бейлі справедливий у разі, якщо:

1) розглядаються матеріали, для яких руйнування є незворотнім процесом, тобто для них пошкодження, що накопичилися в зразку при припиненні дії навантаження, не зникають;

2) швидкість руйнування, під якою розуміють швидкість росту тріщин, залежить тільки від прикладеної напруги, а не від ступеня вже наявних пошкоджень.

Перша умова для матеріалів на основі скла виконується повністю, друга – частково, так як для крихких твердих тіл, строго кажучи, швидкість руйнування залежить не тільки від напруги, але й від сту-

пеню вже наявного руйнування в матеріалі $[l(t)]$. Тому для крихкого руйнування критерій (4) вірний лише наближено для досить швидких руйнувань, коли дзеркальна зона займає малу частку поверхні розриву. Абразивна обробка скло матеріалів є прикладом саме такого швидкого руйнування. В цьому випадку практично можна вважати, що швидкість процесу руйнування визначається номінальною напругою σ , близькою до напруги σ' , яка розрахована на незруйнований поперечний переріз зразка.

За даними [7] порівняння міцності твердого тіла при статичному та динамічному способі впливу на нього певної сили (навантаження) можливо тільки при одній і тій же величині переданої енергії. У полі цієї тези знаходяться результати досліджень Р. Румпфа. Він стверджує, що руйнування скла обумовлено двома умовами: силовим та енергетичним. Силова умова передбачає, що при руйнуванні скла повинні бути подолані молекулярні сили зчеплення, які на один-два порядки більше фактичної міцності скла, яка обумовлена наявністю дефектів і мікротріщин Гриффітса. Енергетична умова полягає в тому, що при диференціальному розвитку тріщин підведена і споживана енергія повинні бути рівні одна одній. Позначаючи кінетичну енергію, віднесену до одиниці довжини фронту тріщини через W/l , автор отримав загальну енергетичну умову, пов'язану з поширенням тріщини:

$$\sum G_i = 2\gamma_0 + \frac{dW}{dt}, \quad (5)$$

де $\sum G_i$ – сума сил, що впливають на поширення тріщини;

γ_0 – питома поверхнева енергія.

Висновки. Більшість дослідників схиляється до переваги використання для вивчення та описання процесів руйнування крихких неметалевих матеріалів (зокрема, і при абразивній обробці) кінетичної теорії руйнування. Причому, при фінішній обробці (полірування, доводка) превалюючим при руйнуванні буде термофлуктуаційний механізм розриву зв'язків. У разі силового шліфування (чорнові та напівчистові операції обробки конструкційних матеріалів, що супроводжуються зняттям значного припуску) процес руйнування матеріалу при формоутворенні можна умовно вважати таким, який здійснюється за рахунок виникнення та розвитку магістральних тріщин під дією механічних сил (сил різання). Формування в обробленому матеріалі так званого дефектного шару є наслідком порушення суцільності матеріалу при різанні, розвитку та перетину мікротріщин. Виходячи з основних положень теорій руйнування, глибина поширення цих тріщин буде залежати від ступеня напружено-деформованого стану в обробленому тілі та визначається енергетичними умовами процесу обробки.

Література:

1. Ардамацкий А.Л. Алмазная обработка оптических деталей / А.Л. Ардамацкий. – Л: Машиностроение. Ленингр. отд., 1978. – 232 с.
2. Си. Г. Математическая теория хрупкого разрушения / Г.Си, Г. Либовиц // Разрушение. – М.: Мир, т.2, 1975. – с.13-82.
3. Механика разрушения и прочность материалов. Справ. пособие в 4-х томах (под ред. В.В. Панасюка). – Киев: Наукова думка, 1988, т.1-3.
4. Griffith A.A. The phenomenon of rupture and flow in solids / A.A. Griffith // Phil. Trans. Roy. Soc., ser. A. – 2000, V.221. – P.163-198.
5. Журков С.Н. Кинетическая концепция прочности твердых тел (Термофлуктуационный механизм разрушения) / С.Н. Журков // Вестник АН СССР. – М. – 1978, 3№. – с.46-52.
6. Дунаев И.М. Общий энергетический анализ хрупкого разрушения для критерия типа Гриффитса / И.М. Дунаев, В.И. Дунаев // Известия вузов: Сев.- Кавк. регион, 2000, №3. – с.60-63.
7. Новиков Н.В. Сопротивление разрушению сверхтвердых композиционных материалов / Н.В Новиков, А.Л. Майстренко, В.Н. Кулаковский. – Киев: Наук. думка, 2003. – 220 с.

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ТЕОРИЙ РАЗРУШЕНИЯ ХРУПКИХ МАТЕРИАЛОВ

Тарасенко В.В., Сушко О.В.

Аннотация - в работе проведен анализ существующих теорий разрушения хрупких материалов с целью их применения при установлении физических аспектов механизма разрушения сверхтвердых материалов при абразивной обработке алмазными кругами на металлических связках.

ANALYSIS OF EXISTING THEORIES OF THE FRACTURE OF BRITTLE MATERIALS

V. Tarasenko, O. Sushko

Summary

In work the analysis of existing theories of the fracture of brittle materials with a view to their use in the assessment of the physical aspects of the destruction mechanism of superhard materials when abrasive machining with diamond circles on metal ligaments.

УДК 621.43

ВПЛИВ ОСНОВНИХ ФАКТОРІВ НА ТРИВАЛОСТІ ЕТАПІВ ЗГОРЯННЯ ОДНОРІДНИХ РОБОЧИХ СУМІШЕЙ В АВТОМОБІЛЬНИХ ДВИГУНАХ

Стефановський О.Б., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 42-04-42

Анотація – у статті проаналізовано особливості впливу ряду факторів на тривалості етапів згоряння однорідних сумішей в автомобільних двигунах з іскровим запалюванням, отримано відповідні статистичні залежності.

Ключові слова – однорідна суміш, згоряння, автомобільний двигун.

Постановка проблеми. Згоряння однорідних робочих сумішей при іскровому запалюванні (ЗОРСІЗ) має переваги, що стосуються його швидкості та повноти, порівняно із згорянням інших сумішей. Тому воно широко використовується в малогабаритних високофорсованих двигунах автомобілів, мотоциклів і малих літаків.

Також ЗОРСІЗ має недолік – це схильність до небезпечних порушень, що руйнують деталі двигунів. Однак, на часткових навантаженнях, які є типовими для транспортних двигунів, ймовірність цих порушень є невеликою.

Зараді наочності, у складному процесі ЗОРСІЗ виділяють три етапи: перший – розвитку початкового вогнища полум'я; другий – «швидке» горіння суміші; третій – догоряння. Як правило, тривалість останнього є невеликою, порівняно з тривалістю першого і другого етапів.

Хоча ЗОРСІЗ давно досліджується, і методи впливу на нього встановлені, дотепер в інженерній практиці бракує більш загальних кількісних залежностей тривалостей першого і другого етапів від основних факторів.

Аналіз останніх досліджень. Експериментальні дані щодо впливу ряду факторів на вказані тривалості при повному навантаженні двигунів, які допускають кількісне узагальнення, опубліковані, зокрема, у книгах [1 – 4]. Оскільки ці дані отримані при випробуваннях автомобільних двигунів, які розроблялися у другій

половині XX сторіччя, то залежності, розглянуті далі, є в деякій мірі орієнтовними. Вони уточнюватимуться при використанні більш нових експериментальних даних.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Отримати статистичні залежності тривалості етапів згоряння однорідних сумішей від основних факторів.

Основна частина. Тривалість етапу згоряння може вимірюватися як за часом (t , с), так і за кутом повороту кривошипа (φ , град). Якщо знехтувати коливаннями частоти обертання колінчастого вала n (1/хв), то між цими формами тривалості є пропорційність:

$$\varphi = 6nt. \quad (1)$$

Обидві ці форми використовувалися при пошуку статистичних залежностей, причім вибір між ними ґрунтувався на ступеню наочності отриманої залежності. Для першого етапу згоряння (див. схему на рис. 2.1, за відомостями [1]) більш чіткі залежності отримано для кутової тривалості φ_I , а для другого – для часової тривалості t_{II} .

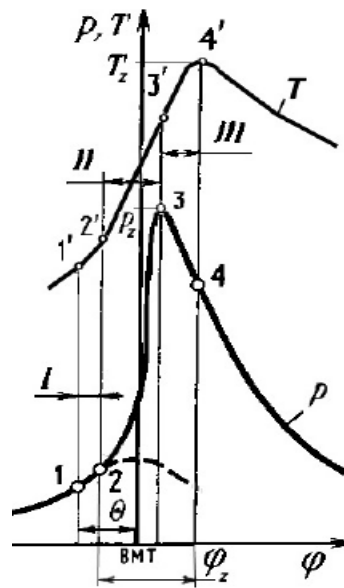


Рис. 1. Схема етапів згоряння однорідної робочої суміші:
I – формування фронту полум'я; **II** – «швидке» горіння; **III** – догорання

Серед цих етапів, другий відрізняється значним консерватизмом: на його кутову тривалість φ_{II} не відмічено суттєвого впливу різних факторів. Навпаки, тривалості інших етапів (в обидвох формах) суттєво залежать від них, і через це спостерігається нестабільність протікання робочих циклів у двигунах з іскровим запалюванням.

На тривалість першого етапу згоряння значно впливають такі

фактори, як коефіцієнт надлишку повітря $\alpha_{\text{нп}}$, кут випередження запалювання (КВЗ) θ , швидкісний, навантажувальний та тепловий режими двигуна тощо. Впливи двох останніх режимів тут не розглядаються через прийняті обмеження (дросельна заслінка повністю відкрита, двигун прогрітий). Вплив $\alpha_{\text{нп}}$ був помітним тільки при значних відхиленнях складу паливно-повітряної суміші від стехіометричного ($\alpha_{\text{нп}} = 1,0$), які практично не реалізуються в сучасних автомобільних двигунах; спостерігався слабкий мінімум t_1 при $\alpha_{\text{нп}} \approx 0,9$. Вплив частоти обертання n можна частково врахувати, якщо розглядати не часову, а кутову тривалість першого етапу згоряння. Тоді треба вияснити, як КВЗ θ впливає на цю тривалість φ_1 для сукупності автомобільних двигунів.

У полулогарифмічних координатах (логарифм φ_1 – КВЗ, рис. 2) дослідні точки для чотирьох двигунів розмістилися так, що для більшості їх методом найменших квадратів підібрана така статистична залежність:

$$\varphi_1 \approx 3,9e^{0,037\theta}. \quad (2)$$

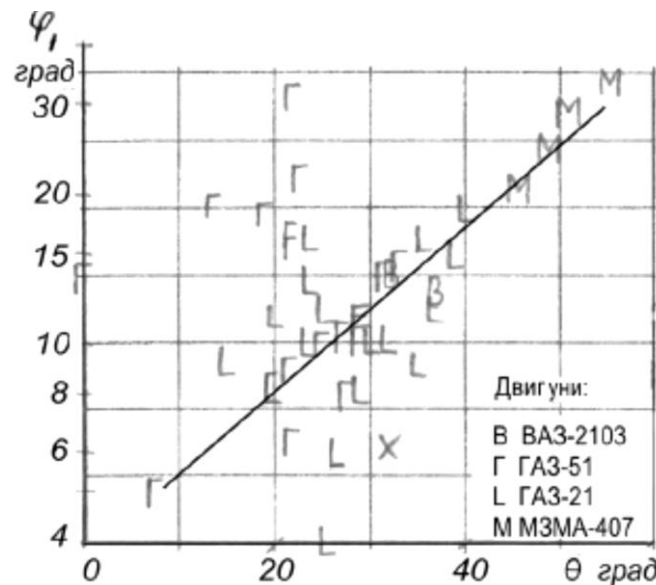


Рис. 2. Первонаціальна статистична залежність кутової тривалості першого етапу згоряння від кута випередження запалювання

Вона показує, що із збільшенням КВЗ, як правило, суттєво зростає і кутова тривалість φ_1 . Частота обертання для зображених точок змінювалася в межах 1000...5600 1/хв. Видно, що при невеликих значеннях КВЗ ($\theta = 15...30$ град до ВМТ) є великі відхилення величини φ_1 , які могли зумовлюватися, наприклад, коливаннями складу робочої суміші, якості іскри тощо.

Щоб зробити на базі (2) більш інформативну залежність, до її

факторів було введено відношення середньої швидкості поршня $w_{п,ср}$ до характерної швидкості звуку $w_{зв,с}$ у заряді, який має параметри, як у кінці стиску (точка *с* на індикаторній діаграмі). Остання швидкість може мати зв'язок зі швидкістю турбулентного полум'я та пропорційна квадратному кореню з температури заряду T_c . У свою чергу, вона пропорційна температурі свіжого заряду наприкінці впуску T_a , причім коефіцієнт пропорційності дорівнює ступеню стиску ϵ у ступеню n_1 , де останній є середнім показником політропи стиску, що легко обчислюється на базі дослідних реєстрацій тиску в циліндрах двигунів:

$$n_1 = \frac{\lg(p_c / p_a)}{\lg \epsilon} . \quad (3)$$

З урахуванням впливу фактора $w_{п,ср}/w_{зв,с}$, для більшості дослідних точок методом найменших квадратів підібрана вточнена статистична залежність:

$$\varphi_I \approx 0,02 e^{0,051\theta} (w_{п,ср} / w_{зв,с})^{-1,2} , \quad (4)$$

де $w_{п,ср}/w_{зв,с}$ змінюється в межах 0,008...0,03 і має зворотний вплив на кутову тривалість першого етапу згоряння.

Кореляція між дослідними і розрахунковими значеннями φ_I показана на рис. 3.

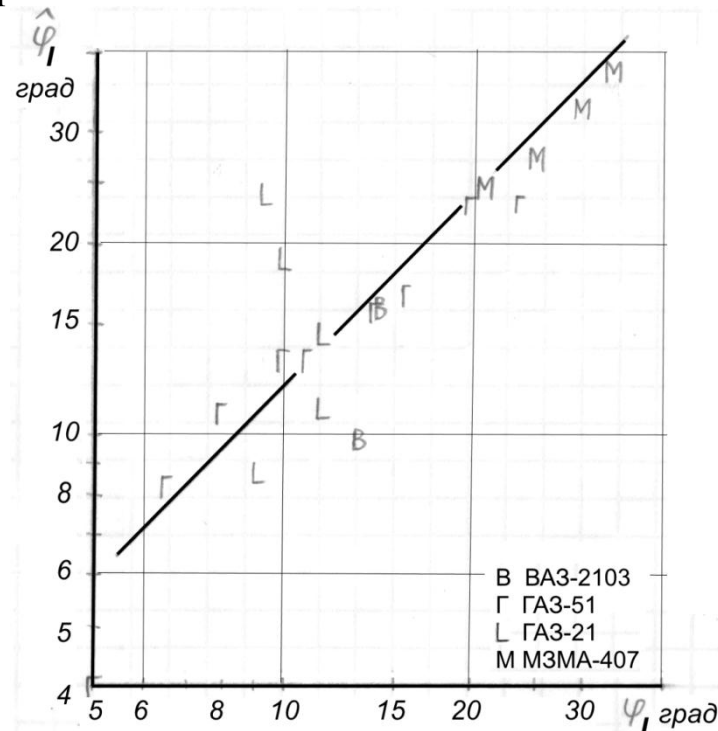


Рис. 3. Кореляція між дослідними і розрахунковими (за (4), по осі ординат) значеннями кутової тривалості першого етапу згоряння

Як видно, суттєві відхилення розрахункових значень від дослідних можливі при $\varphi_1 \approx 10$ град, а в інших випадках статистична залежність (4) придатна для кількісних оцінок φ_1 з відносною похибкою в межах $\pm 20\%$.

У багатьох підручниках з теорії автотракторних двигунів стверджується, що часова тривалість t_{II} другого етапу згоряння однорідних сумішей зворотно пропорційна частоті обертання n колінчастого вала двигуна. Однак, ця теза не здобула в них графічної ілюстрації, тому для перевірки відповідні дослідні дані представлені в логарифмічних координатах (рис. 4). Як видно на графіку, для всіх розглянутих автомобільних двигунів залежність між логарифмами t_{II} і n є практично прямолінійною, причім нахил зображених ліній відповідає показнику ступеня в межах $-1,1 \dots -0,9$.

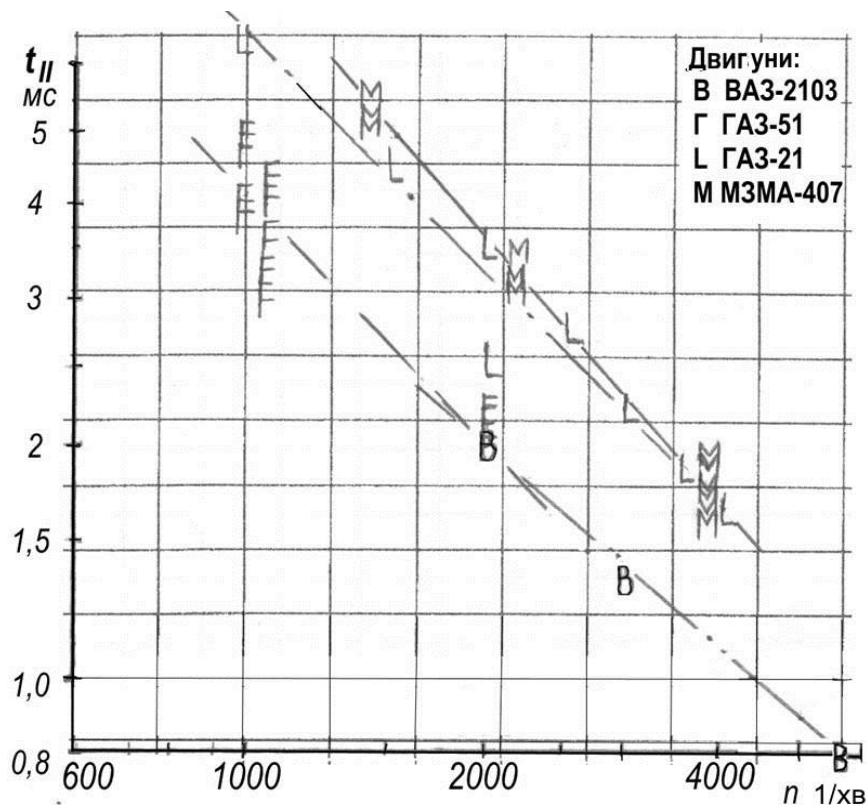


Рис. 4. Дослідні залежності часової тривалості другого етапу згоряння від частоти обертання колінчастого вала

Суттєві відхилення від зображеної прямої лінії видні лише для двигуна ГАЗ-51 при $n \approx 1000$ 1/хв, що можна пояснити ймовірністю порушень нормального згоряння при низькій частоті обертання; даний двигун є нижньоклапанним, де форма камер згоряння є несприятливою в цьому відношенні.

Загальну залежність для часової тривалості другого етапу

згоряння поки що не получено, бо на рис. 4 видно, що в кожного двигуна розрізняються значення коефіцієнта у ступеневій функції, незважаючи на близькість значень показника ступеня в неї.

Для сумарної кутової тривалості φ_z другого і третього етапів згоряння узагальнену статистичну залежність отримано вченими Південно-Уральського державного університету [5]:

$$\varphi_z = 30 + 0,006n - 15\psi_{dz}^{-0,4}, \quad (5)$$

де ψ_{dz} – рівень відкриття дросельної заслінки (при повному навантаженні $\psi_{dz} = 1$). В інтервалі $n = 1000 \dots 6000$ 1/хв при повному навантаженні φ_z зростає від 36 до 66 град.

Висновки. Отримано статистичну залежність кутової тривалості першого етапу згоряння однорідних сумішей від кута випередження запалювання і відношення середньої швидкості поршня до характерної швидкості звуку в стисненому заряді.

Підтверджено схожість характеру впливу частоти обертання колінчастого вала на часову тривалість другого етапу згоряння однорідних сумішей в різних автомобільних двигунах, який (вплив) є зворотно пропорційним з певними відхиленнями.

Кутову тривалість догоряння однорідних сумішей при повному навантаженні двигуна можна оцінити, використовуючи отриманий результат для тривалості другого етапу згоряння і статистичну залежність (5), запропоновану в роботі [5] для сумарної кутової тривалості другого і третього етапів згоряння.

Література:

1. *Архангельский В.М.* Автомобильные двигатели : Учебник для вузов / *В.М. Архангельский* [и др.]. – М.: Машиностроение, 1967. – 496 с.
2. *Орлин А.С.* Двигатели внутреннего сгорания. Т. I. Рабочие процессы в двигателях и их агрегатах / *А.С. Орлин* [и др.]; под ред. А.С. Орлина. – 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Машгиз, 1957. – 396 с.
3. *Дьяченко В.Г.* Теория двигателей внутреннего сгорания : Учебник для студентов вузов / *В.Г. Дьяченко*. – Харьков: ХНАДУ, 2009. – 500 с.
4. *Ленин И.М.* Теория автомобильных и тракторных двигателей : Учебник для вузов / *И.М. Ленин*. - М.: Машиностроение, 1969. – 368 с.
5. *Шароглазов Б.А.* Автоматизированная оценка численных значений исходных параметров при моделировании процессов в поршневых двигателях / *Б.А. Шароглазов* [и др.] // Вестник ЮУрГУ. Серия «Машиностроение». – 2013. – Т. 13, №1. – С. 80-85.

**ВЛИЯНИЕ ОСНОВНЫХ ФАКТОРОВ НА
ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ЭТАПОВ СГОРАНИЯ
ОДНОРОДНЫХ СМЕСЕЙ В АВТОМОБИЛЬНЫХ
ДВИГАТЕЛЯХ**

Стефановский А.Б.

Аннотация – в статье проанализированы особенности влияния ряда факторов на продолжительности этапов сгорания однородных смесей в автомобильных двигателях с искровым зажиганием, получены соответствующие статистические зависимости.

**IMPACT OF MAJOR FACTORS ON THE DURATION OF STAGES
OF THE HOMOGENEOUS MIXTURE COMBUSTION IN
AUTOMOTIVE ENGINES**

A. Stefanovsky

Summary

Features of influence of some factors on the duration of stages of the combustion of homogeneous mixtures in automotive spark-ignition engines are analyzed and relevant statistical correlations are obtained in the paper.

УДК 662.756.3

**ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ СУМІШЕВОГО
БІОДИЗЕЛЯ ПІСЛЯ ОБРОБКИ ЙОГО В ГОМОГЕНІЗАТОРІ**

Кушлик Р.Р., аспірант*

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 42-11-52

Анотація - в роботі приведено результати експериментальних досліджень по впливу механічної обробки на в'язкість і густину сумішевого біодизеля.

Ключові слова - дизельне паливо, метил ефір ріпакової олії, сумішеві біопалива, гомогенізатор, обробка.

Постановка проблеми. Створення палива для дизелів із органічної сировини дозволить трансформувати рослинництво із галузі, яка є основним споживачем світлих нафтопродуктів, в галузь, яка випускає екологічно чисте моторне паливо із поновлених джерел енергії. Найбільше розповсюдження серед палив рослинного походження в Україні отримало біодизельне паливо, яке приготовлено на основі ріпакової олії і передбачає сертифікацію дизельного палива з 5 % добавкою (B5) метилових ефірів жирних кислот (МЕЖК) [1].

Як показує практика при збільшенні метилового ефіру ріпакової олії (МЕРО) в дизельних паливах більше 5% підвищується в'язкість палива і як наслідок відбувається закоксованість паливної апаратури, зниження потужності дизеля, підвищені витрати палива.

Перед нами була поставлена задача проаналізувати зміну в'язкості і густини сумішевих біопалив в залежності від часу зберігання після їх обробки в гомогенізаторі.

Аналіз останніх досліджень. Аналіз установок та пристроїв для обробки сумішевих біопалив з метою покращення їх фізичних властивостей, мають ряд серйозних недоліків. Так в роботах Фокін Р.В., Іванов В.А., Коваленко П.В., Громаков А.В., Малахов К.С., Шматок О.І., та інших дослідників показано, що основні із них, це: неможливість проведення безперервного процесу, велика маса та габарити, недостатньо якісне перемішування суміші, малий термін зберігання приготовленого біопалива, розшарування палива.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). В статті поставлена мета дослідити процес перемішування МЕРО і дизельного палива в гомогенізаторі і проаналізувати зміну таких основних фізичних властивостей, як в'язкість, густина, прозорість і розшарування в залежності від часу зберігання після обробки.

Основна частина.

Для дослідження були вибрані наступні види дослідних палив:

- товарне мінеральне дизельне паливо Л-0,2-62;
- метил ефір ріпакової олії;
- дизельне сумішеве паливо, яке складається із суміші мінерального дизельного палива і МЕРО в процентному відношенні 90% ДП+10% МЕРО, 80% ДП+20% МЕРО, 70% ДП+30% МЕРО, 60% ДП+40% МЕРО, 50% ДП+50% МЕРО не оброблених і оброблених в гомогенізаторі МРВ-302. Максимальна швидкість обертання вала гомогенізатора складає 9000 об/хв., потужність двигуна - 300 Вт, напруга -220В, об'єм ємності для рідини – 400 мл.

На рис. 1 представлено загальний вигляд гомогенізатора і технологічного обладнання для проведення дослідів.

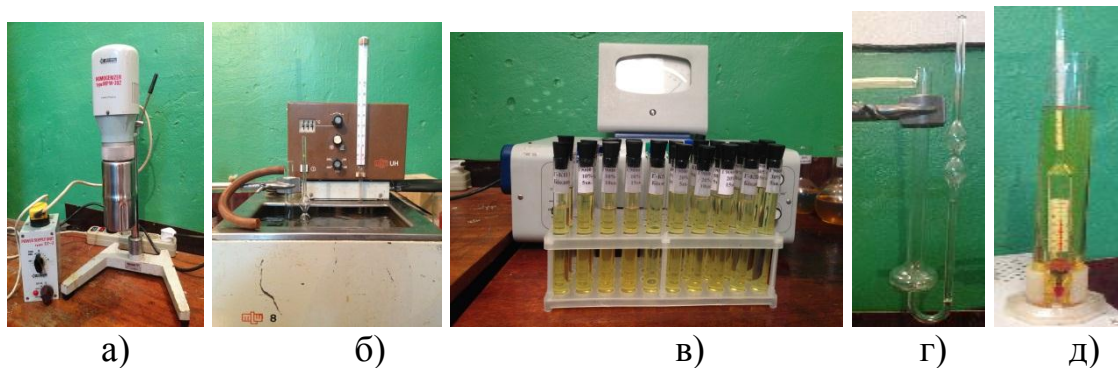


Рис. 1. Загальний вигляд гомогенізатора (а) і технологічного обладнання для проведення дослідів (б - водяний термостат УН-8, в - фотокалориметр КФК-2 з пробірками контрольних і оброблених проб, г - віскозиметр ВПЖ- 4, д – ареометр)

Методика проведення експериментальних досліджень заключалась в наступному: перед початком роботи ємності в яких готуватись проби промивались розчинником і просушувались на повітрі. В кожную із 5 ємностей заливають по 300 мг сумішевого палива, яке складалось із 30 мг МЕРО і 270 мг дизельного палива, 60 мг МЕРО і 240 мг дизельного палива, 90 мг МЕРО і 210 мг дизельного палива, 120 мг МЕРО і 180 мг дизельного палива і 150 мг МЕРО і 150 мг дизельного палива. Суміші перемішували лабораторною електричною мішалкою на протязі 2 хвилин.

Наступний етап включав в себе визначення в'язкості, щільності, прозорості дизельного палива, МЕРО і приготовлених проб.

Для визначення в'язкості віскозиметр (рис.1,г) промивали розчинником, просушували і заливали в нього контрольну пробу. Віскозиметр з рідиною розміщували в водяному термостаті (рис. 1,б) і термостатували при температурі 20°C на протязі 15 хв. Далі по методиці, яка описана в інструкції на віскозиметр ВПЖ-4 розраховували в'язкість контрольної проби. Потім контрольна проба заливалась в пробірку для подальшого спостереження. Густина контрольної проби вимірювали ареометром (рис. 1,д). Для визначення прозорості дизельного палива, МЕРО і приготовлених сумішевих проб використовували фотокалориметр КФК-2 (рис.1,в).

На рис.2 представлено результати вимірювання в'язкості і густини сумішевого біодизеля в порівнянні з аналогічними вимірюваннями Васильєва І.П. з Східноукраїнського національного університету ім. В.Даля м. Луганськ [2].

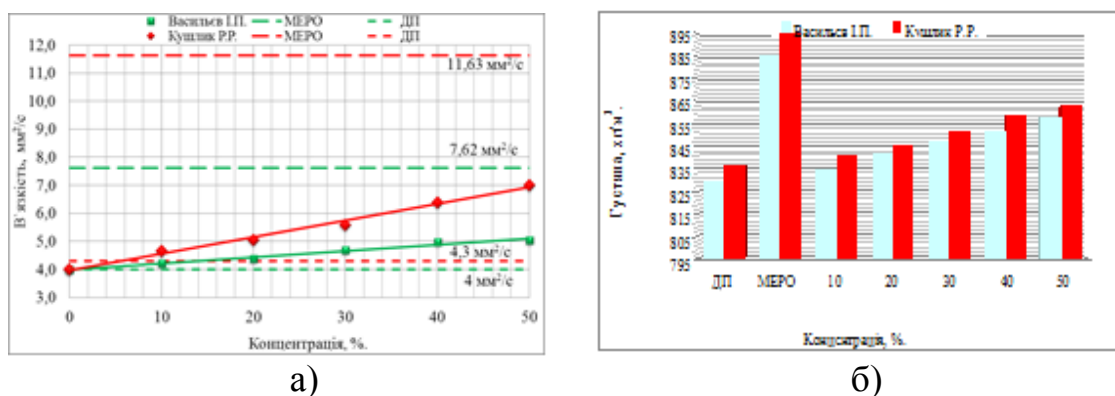


Рис.2. Залежність в'язкості а) і густини б) біодизеля від концентрації МЕРО в дизельному паливі

Слід зазначити, що в'язкість дизельного палива Л-0,2-62 при вимірюваннях Васильєва І.П. склала $4,0 \text{ мм}^2/\text{с}$, а густина $830 \text{ кг}/\text{м}^3$. При наших вимірюваннях в'язкість палива склала $4,3 \text{ мм}^2/\text{с}$, а густина $840 \text{ кг}/\text{м}^3$. Відомо, що якість МЕРО залежить від технології його виробництва. В дослідях Васильєв І.П. використано МЕРО, яке було виготовлене за налагодженою технологією і в'язкість його склала $7,62 \text{ мм}^2/\text{с}$, а густина $885 \text{ кг}/\text{м}^3$, нами було використано МЕРО, яке було виготовлено за спрощеною технологією, а отже воно має в середньому на 10% гірше ККД, ніж МЕРО, отримане за налагодженою технологією, що пояснюється недостатньою глибиною переробки сировини. Тому в'язкість нашого МЕРО більша і складає $11,63 \text{ мм}^2/\text{с}$, а густина – $895 \text{ кг}/\text{м}^3$.

Методика механічної обробки сумішевого рослинно-мінерального палива за допомогою гомогенізатора полягає в наступному: після виміру в'язкості, щільності і прозорості контрольних необроблених проб і відбору контрольних зразків в пробірки починається етап обробки приготовлених проб в наступній послідовності: в ємність гомогенізатора заливається одна із приготовлених проб біодизеля, в блоці керування ST-2 2 регулятором включається напруга і перемикачем почергово виставляється тривалість механічної обробки 5, 10, 15 хвилин.

Після одного із зазначеного часу гомогенізатор автоматично вимикається, після обробки суміші дизельного палива і МЕРО, вимірюється температура нагрівання проби, оброблена проба охолоджується і термостатується при температурі 20°C на протязі 15 хвилин і проводяться вимірювання в'язкості, щільності і прозорості.

На рис. 3 представлено залежності температури нагрівання сумішей дизельного палива і МЕРО в залежності від часу обробки в гомогенізаторі.

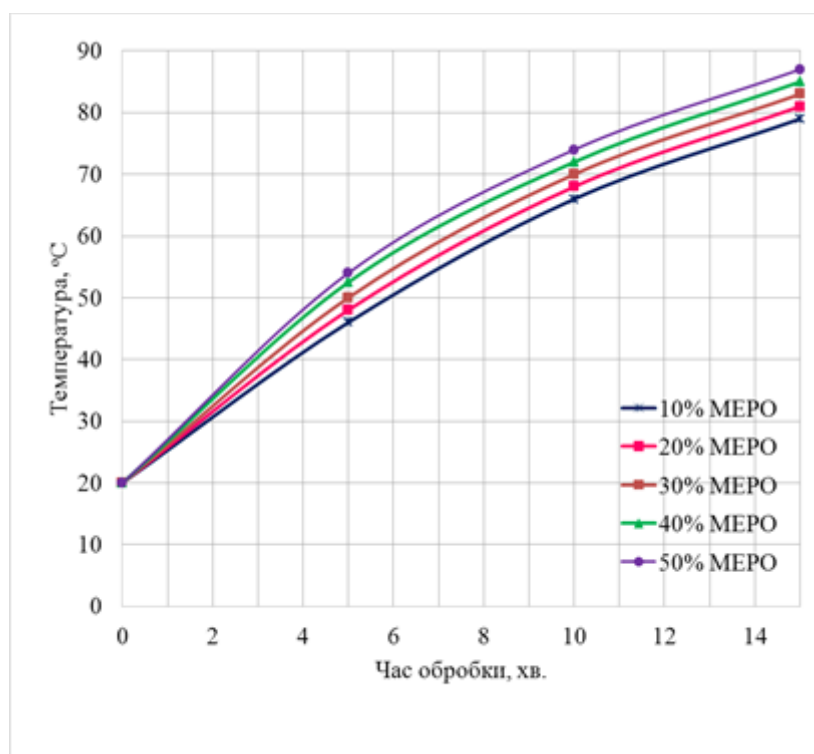


Рис. 3. Залежність температури нагрівання суміші дизельного палива і МЕРО від часу обробки

Аналізуючи дані залежності необхідно відзначити, що із збільшенням часу обробки температура зразків зростає, а також чим більша концентрація МЕРО в дизельному паливі тим більша температура нагрівання суміші після обробки гомогенізатором. Так наприклад, при

обробці сумішей дизельного палива і МЕРО на протязі 5 хвилин кінцева температура для суміші 90%ДП+10%МЕРО склала 46°C , для суміші 80%ДП+20%МЕРО – 48°C , для суміші 70%ДП+30%МЕРО – 50°C , для суміші 60%ДП+40%МЕРО – $52,5^{\circ}\text{C}$, для суміші 50%ДП+50%МЕРО – 54°C .

На рис. 4 представлено залежності в'язкості сумішевого біодизеля обробленого 5 хвилин в гомогенізаторі у відповідних пропорціях від часу спостереження.

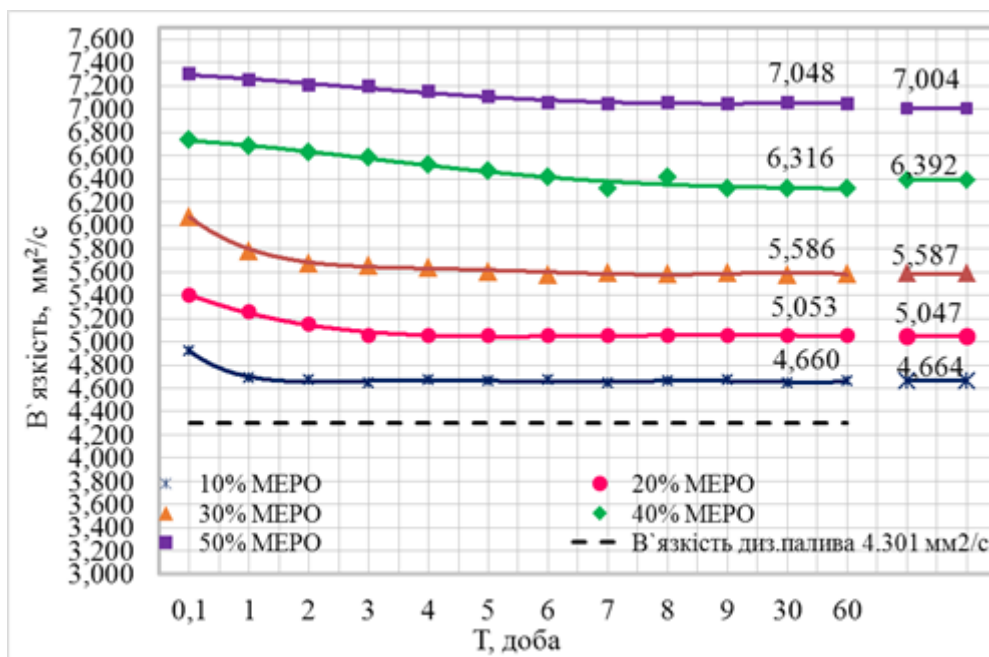


Рис. 4. Залежності в'язкості сумішевого біодизеля обробленого в гомогенізаторі 5 хвилин у відповідних пропорціях від часу спостереження

Аналіз експериментальних даних показує, що кінцеве значення в'язкості сумішевого біодизеля обробленого 5 хвилин в гомогенізаторі по відношенню до необробленого біодизеля не змінилось.

На рис. 5 представлено залежності кінцевої в'язкості від концентрації МЕРО в сумішевому біодизелі після обробки в гомогенізаторі на протязі 5, 10 і 15 хвилин.

Аналізуючи дані залежності необхідно відзначити, що вони мають лінійний характер і із збільшенням концентрації МЕРО в'язкість біодизеля збільшується, причому збільшення часу обробки сумішевого палива не впливає на зміну кінцевої в'язкості.

На рис. 6 представлено залежність густини біодизеля від концентрації МЕРО в дизельному паливі до обробки і після обробки в гомогенізаторі на протязі 5, 10 і 15 хвилин через 60 діб.

Аналіз даних досліджень показує, що після 60 діб зберігання густина всіх оброблених проб залишилась практично такою, яка була і у необроблених пробах.

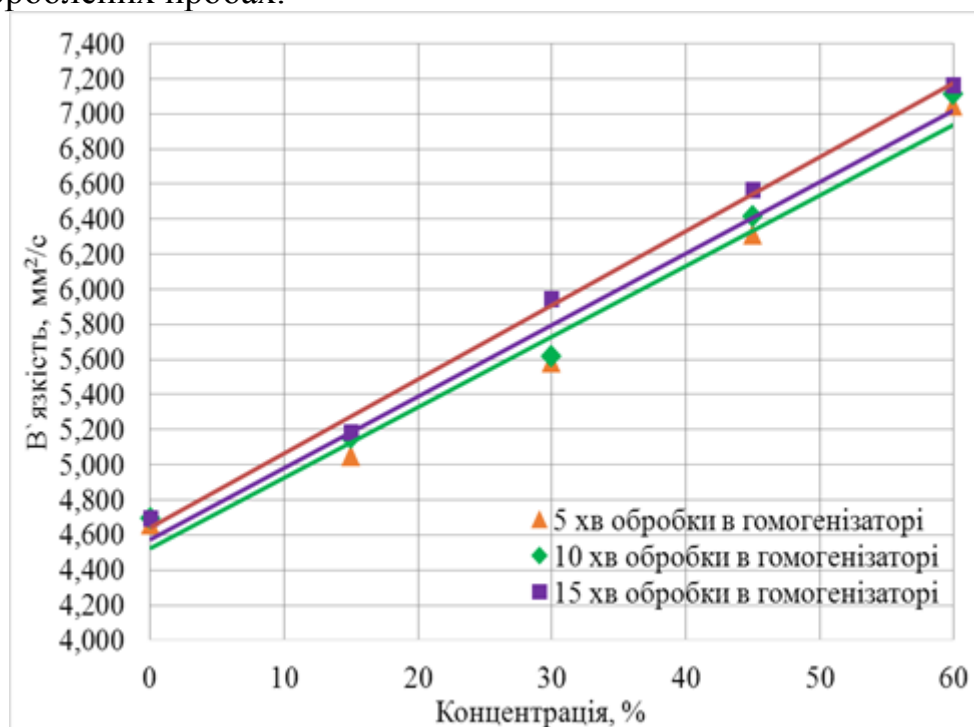


Рис. 5. Залежність кінцевої в'язкості біодизеля від концентрації МЕРО в сумішевому біодизелі після обробки в гомогенізаторі на протязі 5, 10 і 15 хвилин

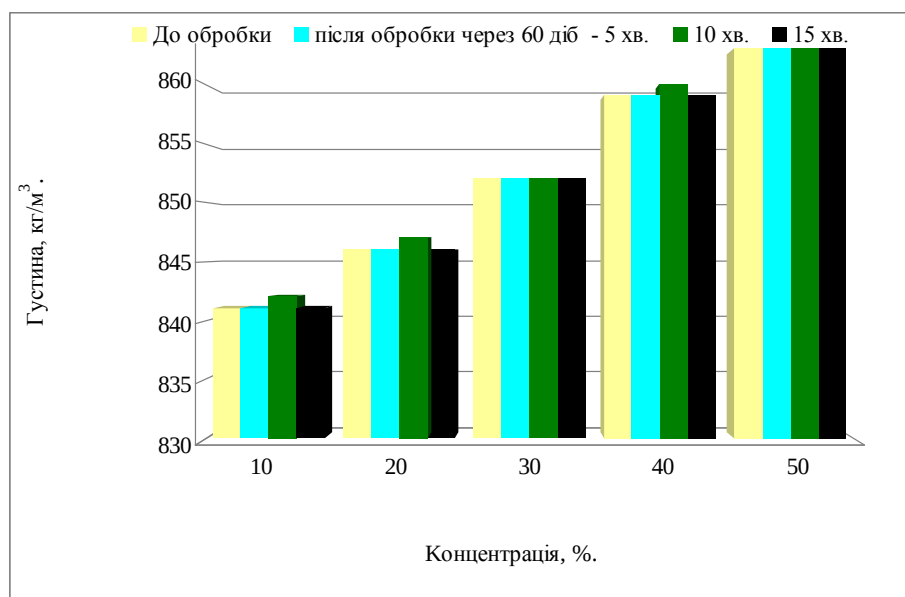


Рис. 6. Залежність густини біодизеля від концентрації МЕРО в дизельному паливі до обробки і після обробки в гомогенізаторі на протязі 5, 10, і 15 хвилин через 60 діб

Висновки.

1. Збільшення часу обробки сумішевого біодизеля в гомогенізаторі призводить до зростання температури зразків, при цьому чим більша концентрація МЕРО в дизельному паливі тим більша температура нагрівання суміші після обробки в гомогенізаторі.

2. Після обробки сумішей 90%ДП+10%МЕРО, 80%ДП+20%МЕРО, 70%ДП+30%МЕРО, 60%ДП+40%МЕРО, 50%ДП+50%МЕРО в гомогенізаторі протязі 5, 10 і 15 хвилин кінцеве значення в'язкості і густини після 60 діб спостереження не змінилось.

3. Після обробки сумішевого біодизеля на протязі 5, 10 і 15 хвилин значення кінцевої в'язкості від концентрації МЕРО в гомогенізаторі мають лінійний характер, в'язкість біодизеля збільшується, причому збільшення часу обробки сумішевого палива не впливає на зміну кінцевої в'язкості.

Література:

1. ДСТУ 4840:2007. Паливо дизельне підвищеної якості. Технічні умови. [Ksv.do.am>publ/dstu/dstu 4840 2007/3-1-0-496](http://Ksv.do.am/publ/dstu/dstu_4840_2007/3-1-0-496).

2. *Васильев И. П.* Альтернативные топлива, энергетика. Растительные топлива для дизелей / *И. П. Васильев*. Восточно-украинский национальный университет им. В. Даля, г. Луганск. <http://www.newchemistry.ru/letter.phpn.id>.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СМЕСЕВОГО БИОДИЗЕЛЯ ПОСЛЕ ОБРАБОТКИ ЕГО В ГОМОГЕНИЗАТОРЕ

Кушлык Р.Р.

Аннотация - в работе приведены результаты экспериментальных исследований по влиянию механической обработки на вязкость и плотность смесового биодизеля.

RESEARCH OF PHYSICAL PROPERTIES OF THE BLENDED BIODIESEL AFTER PROCESSING IT IN THE HOMOGENIZER

R. Kushlyk

Summary

The results of experimental researches about influence of mechanical processing to the viscosity and density of the blended biodiesel.

УДК 631.171.075.4

УМОВИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОГО ЗАСТОСУВАННЯ РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ В МОЛОЧНОМУ СКОТАРСТВІ

Болтянський О.В., к.т.н.,

Болтянська Н.І., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 42-05-70, (0619)42-04-42

Анотація – у статті розглянуто чинники та умови забезпечення ефективного застосування ресурсозберігаючих технологій в молочному скотарстві.

Ключові слова – виробництво сільськогосподарської продукції, молочне скотарство, ефективне застосування ресурсозберігаючих технологій.

Постановка проблеми. Україна має значний природний потенціал, завдяки чому здатна не лише забезпечити власні потреби в основних продуктах харчування рослинного і тваринного походження, але і стати експортером високоякісної, конкурентоспроможної, біологічно чистої продукції. Проте, упродовж останніх років в Україні відбувся катастрофічний занепад тваринництва [1-4].

Аграрний сектор, зокрема тваринництво, - один з найбільших споживачів енергії в Україні. Головною причиною високої енергоємності процесів є низький технологічний і технічний рівень тваринницької галузі, використання малоефективних енерговитратних технологій. Тому, з точки зору стратегії раціонального використання енергетичних ресурсів і підвищення енергоефективності аграрного сектора України, зокрема тваринництва, необхідно здійснити економічне обґрунтування стратегії енергозбереження, вивести на український аграрний ринок сучасні інноваційні системи будівництва, технологій і матеріалів; визначити напрями можливого використання нетрадиційних поновлюваних джерел енергії в тваринницькій галузі [5-8].

Аналіз останніх досліджень. Світовий і вітчизняний досвід розвитку молочного скотарства показує, що в основі застосування ресурсозберігаючих технологій лежить науковий і системний підходи, які припускають облік чинників і умов, що впливають на процес виробництва, їх взаємозв'язків. Відмітимо, що разом з усіма інноваційний

технологічний процес є найважливішим складовим елементом, навколо якого будуються усі організаційно-економічні взаємини на підприємстві.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Розглянути чинники та визначити умови забезпечення ефективного застосування ресурсозберігаючих технологій в молочному скотарстві.

Основна частина. Для забезпечення раціонального використання наявних ресурсів і впровадження інноваційних ресурсозберігаючих технологій в господарствах галузі молочного тваринництва необхідно розробити організаційно-економічний механізм, що забезпечує створення необхідних умов для їх застосування. У наукових джерелах, присвячених розробці організаційно-економічного механізму, є різні визначення, які зрештою зводяться до головного, - це система стосунків, що виникає в процесі виробничої діяльності і, що представляє сукупність організаційних і економічних методів, регульованих правовими нормами, забезпечує створення необхідних умов реалізації інноваційних технологій в тваринництві [3].

Застосування нових технологій на основі відповідного організаційно-економічного забезпечення усіх технологічних процесів припускає отримання певного ефекту, який може бути виражений не лише в підвищенні матеріального стану підприємства, але і в поліпшенні соціальних умов, організації праці, екологічної ситуації і т. д.

Досягнення певного порогу ефективності і її подальше підвищення за допомогою правильної реалізації організаційно-економічного механізму використання інноваційних технологій в тваринництві - складний, багатогранний процес. Його забезпечення вимагає комплексного розвитку системи умов і чинників сільськогосподарського виробництва, які за своєю природою дуже різноманітні і численні, взаємозв'язані і взаємообумовлені, міняються в часі, впливають на явища і процеси і самі піддаються дії в результаті соціально-економічного розвитку і науково-технічного прогресу.

В залежності від передбачуваних результатів господарської діяльності вони можуть носити як позитивний, так і негативний характер. Їх вивчення дозволяє правильно оцінити результати роботи, виявити і використовувати резерви зростання, економічного потенціалу підприємства, підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва. Умови і чинники, що позитивно впливають на результати господарської діяльності, дозволяють повніше виявити резерви збільшення економічного потенціалу, поліпшення його використання, стабільного економічного розвитку. Аналіз чинників, що негативно вплинули, попереджає їх виникнення, сприяє усуненню недоліків в роботі.

Умови застосування сучасних технологій в тваринництві на рівні сільськогосподарського підприємства приведені на рисунках 1-3.



Рис. 1. Умови застосування сучасних технологій в тваринництві на рівні сільськогосподарського підприємства



Рис. 2. Умови застосування сучасних технологій в тваринництві на рівні сільськогосподарського підприємства



Рис. 3. Умови застосування сучасних технологій в тваринництві на рівні сільськогосподарського підприємства

За характером дії на виробничий процес умови і чинники поділяються на об'єктивні і суб'єктивні. До перших відносяться зміни ринкових цін на сировину, матеріали, паливо, продукцію, тарифів і ставок за послуги і тому подібне. До суб'єктивних можна віднести ефективність використання матеріальних і трудових ресурсів, матеріально-технічної бази, рівень економічної роботи на підприємстві та ін. Крім того, деякі чинники можна розділити на внутрішні, діючі у рамках структури підприємства, і зовнішні, багато в чому визначувані державною політикою і стратегічними напрямками розвитку країни.

Залежно від того або іншого набору негативних і позитивних чинників в господарствах, про що говорилося вище, з метою досягнення найвищої ефективності галузі молочного тваринництва пред-

ставляються наступні напрями вдосконалення організаційно-економічного механізму застосування сучасних технологій:

- Науковий супровід ресурсозберігаючих технологій, що впроваджуються.
- Вдосконалення нормативної бази і розцінок, адаптація їх до нових параметрів технології.
- Збільшення збуту за рахунок пошуку нових ринків або власної переробки молочної сировини.
- Зниження терміну окупності нової техніки і сучасного високопродуктивного устаткування шляхом підвищення ефективності виробництва молока.
- Рішення соціальних і кадрових проблем в усьому їх різноманітті.
- Вибір варіантів впровадження нових технологій на основі реконструкції і модернізації існуючих тваринницьких приміщень.

Кожна умова може складатися з ряду елементів, які, у свою чергу, можуть виступати як самостійні чинники більшою або меншою мірою дії на результати господарської, інвестиційної і фінансової діяльності. Взаємодія біолого-зоотехнічних, техніко-технологічних, організаційних, економічних, соціально-психологічних умов нами розглядається як неодмінна умова розвитку виробництва.

Висновки. Забезпечення підвищення ефективності застосування ресурсозберігаючих технологій в молочному скотарстві за допомогою правильної реалізації організаційно-економічного механізму використання інноваційних технологій в тваринництві потребує комплексного розвитку системи умов і чинників сільськогосподарського виробництва, які за своєю природою дуже різноманітні і численні, взаємозв'язані і взаємообумовлені, змінюються в часі, впливають на явища і процеси і самі піддаються впливу в результаті соціально-економічного розвитку і науково-технічного прогресу. Визначено умови застосування сучасних технологій в тваринництві на рівні сільськогосподарського підприємства.

Література:

1. Болтянская Н.И. Анализ основных направлений ресурсосбережения в животноводстве / Н.И.Болтянская, О.В. Болтянский // Motrol: Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa. – 2016. Vol.18. No13, b.-P.49-54.
2. Стратегия энергосбережения Украины: Аналитико-справочные материалы в 2-х томах: Общие основы энергосбережения. К: Академперіодика, 2006. Т1. – 510 с.
3. Дубровин В.О. Обоснование параметров биотехнологического процесса компостирования подстилочного гноя и оборудование для

его реализации / В.О. Дубровин // Motrol: Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa. – 2010. Vol. 12, В -Р.27-34.

4. Болтянская Н.И. Пути развития отрасли свиноводства и повышение конкурентоспособности ее продукции / Н.И.Болтянская // Motrol: Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa. – 2012. Vol.14. No3, b.-Р.164-175.

5. Грачева Л.И. Повышение эффективности использования не-традиционных источников энергии в животноводческом комплексе страны / Л.И. Грачева, Н.В. Брагинец, А.Н. Брагинец, С.Н. Брагинец// - Луганск: Элтон, 2008. – 652с.

6. Karol C. Instalacja zgazowujaca osuszony osad sciekowy. / C. Karol // Motrol: Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa. – 2011. Vol. 13, A.-Р.80-93.

7. Артемова Е. И. Экономические аспекты инновационного развития животноводства: автореф. дис. д-ра эк. наук. / Е. И. Артемова. – Краснодар, 2008. – 45 с.

8. Кожамуратов, Н. Ж. Эффективность производства продукции и снижение трудовых затрат в животноводстве / Н. Ж. Кожамуратов // Аграрная наука. - 2009. - № 11. - С. 20-22.

УСЛОВИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОГО ПРИМЕНЕНИЯ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ В МОЛОЧНОМ СКОВОДСТВЕ

Болтянский О.В., Болтянская Н.И.

Аннотация - в статье рассмотрены факторы и условия обеспечения эффективного применения ресурсосберегающих технологий в молочном скотоводстве.

TERMS OF PROVIDING OF EFFECTIVE APPLICATION OF RESOURCE TECHNOLOGIES ARE IN SUCKLING CATTLE BREEDING

О. Boltyanskiy, N. Boltyanska

Summary

In the article factors and terms of providing of effective application of resource technologies are considered in the suckling cattle breeding.

УДК 57.081.23

ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ ЙОД-ПОЛИФРУКТОЗАНА МЕТОДОМ ХЕМИЛЮМИНЕСЦЕНТНОГО АНАЛИЗА

Даниленко А.Л., аспирант*,

Козлов В.Н., д.б.н.,

Максютов Р.Р., к.т.н.

*Башикирский институт технологий и управления (филиал) ФГБОУ ВО
«Московский государственный университет технологий и управле-
ния» в г. Мелеузе Республика Башкортостан*

Тел. (34764) 3-07-72

Аннотация – в статье представлены материалы по изучению антиокислительных свойств йодсодержащей биологически активной добавки на основе полифруктозана. Методом хемилюминесцентного анализа установлено, что исследуемый комплекс проявляет антиоксидантные свойства в модельных тест-системах.

Ключевые слова - хемилюминесценция, свободнорадикальное окисление, активные формы кислорода, перекисное окисление липидов, йод-полифруктозан.

Постановка проблемы. Свободнорадикальные реакции играют важную роль в течении физиологических процессов в клетках и развитии заболеваний. Нарушение гомеостатического соотношения процессов образования реактивных форм кислорода и активности антиоксидантных систем биохимической адаптации (ферментативной и неферментативной) приводит к оксидативному стрессу. Нарушения функционального состояния щитовидной железы сопровождаются патофизиологическими сдвигами в системе окислительного гомеостаза [1]. Окислительный стресс с накоплением в тканях и жидкостях активных форм кислорода (АФК) и вторичных продуктов окислительной модификации макромолекул обнаружен более чем при 100 болезнях, в том числе и при гипотиреозе [2]. В результате клинических и экспериментальных исследований накоплены обширные данные, свидетельствующие об активации процессов свободнорадикального окисления (СРО) как при гипо-, так и при гипертиреозе. В ряде исследований показано, что избыточная генерация АФК при гипотиреозе является важнейшим патогенетическим звеном в развитии зубных трансформаций.

Дефицит тироксина (T_4) и трийодтиронина (T_3) при гипотиреозе может служить одним из факторов инициации неконтролируемых процессов СРО, что, в свою очередь, отягощает течение тиреоидной патологии. Следовательно, при реализации заместительной терапии йодсодержащими биологически активными добавками предпочтение следует отдавать органоминеральным комплексам, где прооксидантные свойства неорганических анионов йода (J^-) нивелируются антиоксидантами из группы биополисахаридов. Биоантиоксидантами называют вещества, которые тормозят процессы образования АФК в простых модельных системах, имитирующих наиболее распространенные реакции свободнорадикального окисления, сохраняющие эту способность при введении их в организм. Перспективным методом определения скорости свободнорадикального окисления является регистрация хемилюминесценции (ХЛ) – свечения, возникающего при взаимодействии свободных радикалов.

Анализ последних исследований. В данной работе была проведена оценка влияния биологически активной добавки (БАД) йодполифруктозана на процессы образования активных форм кислорода и свободнорадикального перекисного окисления липидов *in vitro*. БАД представляет собой соединение неорганической формы йода, в частности, калия йодида с органической матрицей – инулином [положительное решение о выдаче патента по заявке на изобретение за № 2011147656/13 от 23.11.2011]. Инулин – полифруктозан, состоящий из 30-36 остатков D-фруктозы и одного остатка глюкозы, соединённых гликозидными связями. Инулин относится к пребиотическим пищевым волокнам, проявляющим адьювантные свойства в отношении минеральных веществ, улучшая усвоение кальция, магния и железа. В отличие от аналогов, представляющих соединение йода с белком молока (патент РФ за № 2192150), йод-полифруктозан характеризуется высокой степенью дисперсности, устойчивостью к седиментации в водных растворах, отсутствием побочных эффектов, а также совместимостью с технологиями пищевых производств. Рассматриваемый «йодполисахаридный» комплекс рекомендуется как для индивидуальной, групповой, так и массовой профилактики эндемического зоба и его трансформаций, в том числе при промышленном производстве хлебобулочных, кондитерских, макаронных и молочных продуктов в качестве источника йода.

В качестве 1-й модельной системы использовали 20 мл фосфатного буфера с добавлением цитрата натрия и люминола. Состав буфера: 20 мМ KH_2PO_4 , 10^{-5} мМ KCl, 50 мМ цитрат натрия, 10^{-5} М раствор люминола (pH = 7,5). В качестве инициатора добавлялся 1 мл 50 мМ раствора сернокислого железа. Окисление солей железа вело к появлению кислородных радикалов и сопровождалось ХЛ, усиливающейся

в присутствии люминола [3]. В качестве 2-й модельной системы использовали суспензию липопротеидов желтка куриных яиц, содержащей липопротеиновые комплексы, сходные с липидами крови. Желток смешивали с фосфатным буфером в соотношении 1:5, гомогенизировали, доводили содержание белка до 1 мг на мл дальнейшим разведением (в среднем 25 мл полученного гомогената на 1 л буфера) [4]. Методика приготовления йодсодержащего раствора для внесения в модельные системы заключалась в следующем: 1 г йод-полифруктозана растворяли в 500 мл дистиллированной воды. Для изучения антиоксидантной активности отбирали 0,1, 1,0 и 0,01 мл готового раствора, где соответственно содержалось 0,015, 0,15 и 0,0015 мкг йода. ХЛ измеряли прибором ХЛ-003, изготовленным в Межвузовской лаборатории технических систем медико-биологических исследований, включенным в регистр оборудования Медицинской промышленности России [5]. Статистическую обработку проводили с помощью пакета программ Statistica 6.0 MS Excel. Гипотезы о средних значениях проверяли с помощью t-критерия Стьюдента.

Формулирование целей статьи (постановка задач). Целью настоящей работы стало определение антиокислительной активности йод-полифруктозана в модельных тест-системах, где генерировались реакции образования активных форм кислорода и процессы перекисного окисления липидов.

Основная часть. На рисунке 1 приведена запись хемилюминесценции в 1-й модельной тест-системе, где генерировали образование АФК – супероксиданионрадикал кислорода ($O_2^{\cdot-}$), гидроксильный ($OH^{\cdot}$) и гидропероксильный ($O_2H^{\cdot}$) радикалы. Добавление солей железа сопровождалось быстрой вспышкой, за которой следовало развитие медленной вспышки.

Как видно из таблицы 1, исследуемый йод-полифруктозан в объеме 0,01 мл не оказывал существенного влияния на интенсивность образования АФК: показатель светосуммы хемилюминесценции составил $19,33 \pm 1,13$ у.е., спонтанного свечения – $2,48 \pm 0,19$ у.е., амплитуды вспышки – $9,09 \pm 1,29$ у.е., максимальной светимости – $10,90 \pm 1,04$ у.е. против $20,55 \pm 1,78$ у.е., $2,99 \pm 0,37$ у.е., $11,01 \pm 1,45$ у.е. и $9,21 \pm 0,65$ у.е. соответственно в контроле. В более высокой концентрации (0,1 мл) БАД проявляла антиоксидантные свойства. При этом среднеарифметическое значение показателя светосуммы ХЛ в опыте (0,1 мл) составило $15,34 \pm 0,92$ у.е. ($p \leq 0,05$), тогда как в контроле – $20,55 \pm 1,78$ у.е. – снижение светосуммы на 25,3 %.

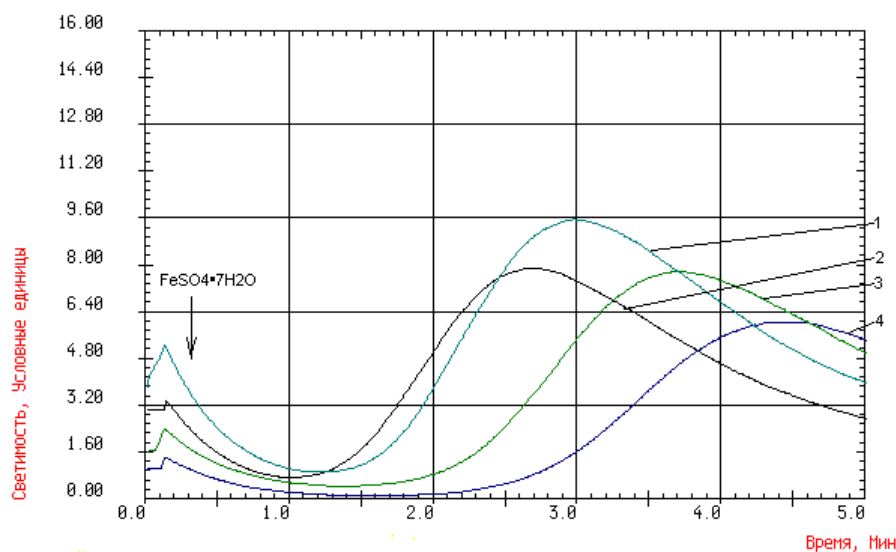


Рис. 1. Хемілюмінесценція в 1-й модельній тест-системі, где генерировались процессы образования АФК: контроль (1); при добавлении БАД йод-полифруктозан: (2) 0,01мл; (3) 0,1 мл; (4) 1,0 мл.

Таблица 1 – Показатели хемілюмінесценції при добавлении БАД йод-полифруктозан, ($M \pm m$; $n = 10$)

Условия опыта	Объём добавки	Показатели хемілюмінесценції (у.е.)			
		светосумма	спонтанное свечение	амплитуда вспышки	максимальная светимость
контроль		$20,55 \pm 1,78$	$2,99 \pm 0,37$	$11,01 \pm 1,45$	$9,21 \pm 0,65$
йод-полифруктозан	1,0 мл	$12,80 \pm 0,67^{***}$	$1,23 \pm 0,03^{***}$	$8,36 \pm 0,78$	$6,65 \pm 0,08^{**}$
	0,1 мл	$15,34 \pm 0,92^*$	$2,64 \pm 0,26$	$8,12 \pm 0,91$	$8,92 \pm 0,15$
	0,01 мл	$19,33 \pm 1,13$	$2,48 \pm 0,19$	$9,09 \pm 1,29$	$10,90 \pm 1,04$

Примечание: * - различие с контролем статистически значимо ($p \leq 0,05$)

** - различие с контролем статистически значимо ($p \leq 0,01$)

*** - различие с контролем статистически значимо ($p \leq 0,001$)

На рисунке 2 представлена запись ХЛ липидов, выделенных из куриного желтка. Добавление солей железа в системы, содержащие липиды, инициирует процессы перекисного окисления ненасыщенных жирных кислот. При этом возникает быстрая вспышка, далее следует небольшой латентный период, переходящий в медленную вспышку. Амплитуда быстрой вспышки зависит от содержания гидроперекисей липидов. Длительность латентного периода свечения характеризует антиокислительную активность, а величина светосуммы ХЛ опреде-

ляет способность липидов подвергаться окислению. В таблице 2 представлены средние значения показателей ХЛ 2-й модельной системы.

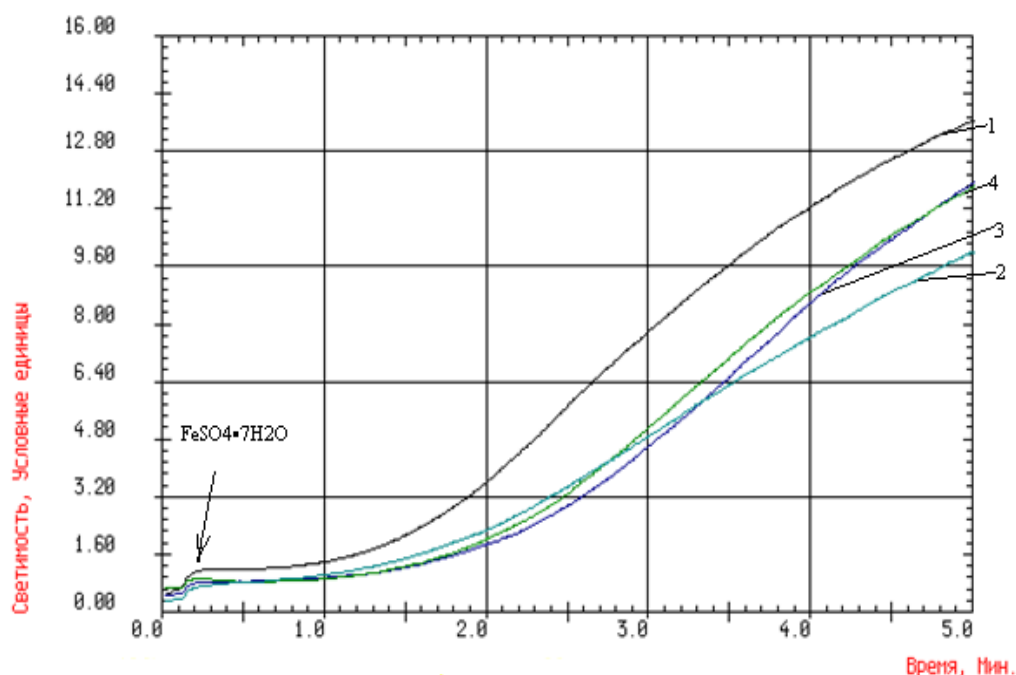


Рис. 2. Хемилюминесценция системы желточных липопротеидов: контроль (1); при добавлении БД йод-полифруктозан: (2) 1,0 мл; (3) 0,1 мл; (4) 0,01 мл.

Таблица 2 – Показатели хемилюминесценции желточных липопротеидов при добавлении БД йод-полифруктозан, ($M \pm m$; $n = 10$)

Условия опыта	Объём добавки	Показатели хемилюминесценции (у. е.)			
		светосумма	спонтанное свечение	амплитуда вспышки	максимальная светимость
контроль		$36,66 \pm 3,29$	$1,26 \pm 0,15$	$4,46 \pm 0,64$	$14,62 \pm 2,02$
йод-полифруктозан	1,0 мл	$24,97 \pm 2,64^*$	$0,53 \pm 0,04^{***}$	$3,16 \pm 0,26$	$11,11 \pm 1,09$
	0,1 мл	$26,76 \pm 2,07^*$	$0,66 \pm 0,10^{**}$	$2,90 \pm 0,11^*$	$13,28 \pm 1,34$
	0,01мл	$27,61 \pm 2,80^*$	$0,71 \pm 0,32$	$2,88 \pm 0,06^*$	$13,36 \pm 1,61$

Примечание: * - различие с контролем статистически значимо ($p \leq 0,05$)

** - различие с контролем статистически значимо ($p \leq 0,01$)

*** - различие с контролем статистически значимо ($p \leq 0,001$)

Из приведенных данных видно, что йод-полифруктозан снижает светосумму и максимальную амплитуду ХЛ желточных липопротеидов и, следовательно, проявляет антиокислительные свойства в данной модельной системе. Как видно из результатов, представленных в

таблице 2, йод-полифруктозан в регламентированной суточной дозе (0,1 мл) снижает светосумму ХЛ на 27 %: с $36,66 \pm 3,29$ у.е. в контроле до $26,76 \pm 2,07$ у.е. ($p \leq 0,05$) в опытной серии. Анализируемое йод-содержащее органоминеральное соединение снижало показатель спонтанной светимости на 47,62 % ($p \leq 0,01$), амплитуды вспышки – 34,98 % ($p \leq 0,05$), а максимальной светимости – на 9,17 %.

Выводы. Йод-полифруктозан в модельных тест-системах *in vitro* проявляет антиоксидантные свойства – ингибирует генерацию АФК и процессы ПОЛ.

Выявлено наличие дозозависимого эффекта – с увеличением концентраций йодсодержащего органоминерального комплекса в среде инкубации снижается интенсивность процессов сверхслабого свечения, регистрируемых методом хемилюминесцентного анализа. В этой связи следует считать обоснованным применение йод-полифруктозана для профилактики йододефицитных заболеваний, сопровождающихся патофизиологическими сдвигами в функциональном состоянии окислительного гомеостаза [6].

Литература:

1. Мамцев, А.Н. Оценка качества молочного сырья методом хемилюминесцентного анализа [Текст] / А.Н. Мамцев, Е.Е. Пономарёв // Достижения науки и техники АПК. – 2007. – № 12. – С. 33-35.
2. Ахметов, А.С. Про- и антиоксидантная система у больных гипотиреозом и её изменения под влиянием препаратов липоевой кислоты [Текст] / А.С. Ахметов, Е.С. Белоножкина, И.И. Павлюченко, А.А. Басов // Проблемы эндокринологии. – 2007. – № 5. – С.49-54.
3. Колпикова, О.С. Влияние некоторых препаратов, используемых в лечении цереброваскулярных расстройств, на процессы свободнорадикального окисления в модельных системах [Текст] / О.С. Колпикова, Р.Р. Фархутдинов, Р.В. Магжанов // Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. – 2002. – Т.102, – № 8. – С. 22-25.
4. Клебанов, Г.И. Оценка антиокислительной активности плазмы крови с применением желточных липопротеидов [Текст] / Г.И. Клебанов, И.В. Бабенкова, Ю.О. Теселкин, О.С. Комаров, Ю.А. Владимиров // Лабораторное дело. – 1988. – № 5. – С. 59-62.
5. Фархутдинов, Р.Р. Методики исследования хемилюминесценции биологического материала на хемилюминометре ХЛ – 003 [Текст] / Р.Р. Фархутдинов, С.И. Тевдорадзе // Методы оценки антиоксидантной активности биологически активных веществ лечебного и профилактического назначения: Сборник докладов. Москва. Россия. 14-15 сентября 2004 / Под общей ред. проф. Е.Б. Бурлаковой. Изд-во РУДН, – 2005. – С. 147-154.

6. Камиров, Ф.Х. Активность антиоксидантных ферментов и процессы свободнорадикального окисления при экспериментальном гипотиреозе и коррекции тиреоидных сдвигов йодированным полисахаридным комплексом [Текст] / Ф.Х. Камиров, А.Н. Мамцев, В.Н. Козлов, Г.М. Абдуллина, О.В. Лобырева // Казанский медицинский журнал. – 2012. – № 1. – С. 116-119.

ОЦІНКА ПОКАЗАНИКІВ ЯКОСТІ ТА БЕЗПЕКИ ЙОД-ПОЛІФРУКТОЗАНУ МЕТОДОМ ХЕМІЛЮМІНЕСЦЕНТНОГО АНАЛІЗУ

Даніленко А.Л., Козлов В.Н., Максютов Р.Р.

Анотація – в статті представлені матеріали по вивченню антиокислювальних якостей йодовмістної біологічно активної добавки на основі поліфруктозану, методом хемілюмінесцентного аналізу встановлено, що досліджувальний комплекс проявляє антиоксидантні якості в модельних тест-системах.

ASSESSMENT INDICATORS OF QUALITY AND SAFETY OF IODINE-POLYFRUCTOSANS METHOD CHEMILUMINESCENT ANALYSIS

A. Danilenko, V. Kozlov, R. Maksytov

Summary

The article presents materials on the study of the antioxidant properties of iodine-containing biologically active additives on the basis of polyfructosans. Method chemiluminescent analysis revealed that the studied complex exhibits antioxidant activity in model test systems.

УДК 621.43

СТАТИСТИЧНА ЗАЛЕЖНІСТЬ МІЖ КУТАМИ ЗАТРИМКИ ЗАЙМАННЯ І ВИПЕРЕДЖЕННЯ ВПОРСКУВАННЯ ПАЛИВА У ТРАНСПОРТНИХ ДИЗЕЛІВ

Стефановський О.Б., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 42-04-42

Анотація – у статті представлено статистичну залежність між кутами затримки займання та випередження впорскування палива у транспортних дизелів і охарактеризовано її числові параметри для окремих груп цих двигунів.

Ключові слова - кут затримки займання, кут випередження впорскування палива, паливна апаратура, дизель.

Постановка проблеми. Затримка займання неоднорідної робочої суміші є першим етапом згоряння циклової подачі палива в дизелі, який суттєво впливає на ефективність згоряння. Зокрема, чим більше палива буде розпилено протягом затримки займання, тим «жорсткіше» буде згоряння. На тривалість затримки займання впливає багато факторів, які характеризують як заряд у циліндрах (його тиск p , температура T , швидкість руху), так і використане паливо (параметри його розпилювання в заряді, схильність до самозаймання).

Кут випередження впорскування палива (КВВП) θ , який є важливим регулювальним параметром паливної апаратури (ПА) дизеля, впливає на кутову тривалість φ_i затримки займання, головним чином, через параметри стисненого заряду, куди впорскується паливо.

Хоча дослідні залежності між зазначеними кутами вже встановлювалися для конкретних моделей дизелів, в інженерній практиці бракує більш загальних залежностей між цими кутами, придатних для кількісних оцінок на стадії проектування.

Аналіз останніх досліджень. Емпірична формула А.І. Толстова [1; 2] дозволяє розрахувати часову тривалість затримки займання t_i в залежності від параметрів заряду (p , T), палива та частоти обертання n колінчастого вала дизеля; кут φ_i є пропорційним часу t_i . Недоліками використання цієї формули є певна невизначеність кутового положення кривошипа φ , для якого треба задати ті параметри заряду (наприклад, прийняття значень p , T для кута $\varphi = 360^\circ - \theta$ приводить до

перебільшення розрахункового часу t_i), та відсутність КВВП θ серед її параметрів.

Тому вчені, що працюють в галузі двигунобудування [3; 4] запропонували використовувати формулу А.І. Толстова в рамках процедури чисельного інтегрування, підставляючи до неї поточні значення параметрів заряду, які змінюються при стисканні. Хоча цей підхід і дозволяє точніше визначити тривалість затримки займання в конкретних випадках моделювання робочого процесу дизеля, його реалізація можлива лише на сучасній обчислювальній техніці.

У книгах [1 - 9] приведено, в цілому, багато дослідних даних стосовно робочого процесу різних транспортних дизелів, які дозволяють вивчити загальний вплив КВВП на кут затримки займання. Часто авторами наведено дослідні реєстрації подачі палива форсункою і тиску заряду в циліндрі дизеля, які дозволяють найбільш достовірно визначити фактичні кутові положення кривошипа, що відповідають початку подачі палива та «швидкого» згоряння. Крім книги В.О. Ваншейдта [6], всі розглянуті тут дослідні дані отримані на дизелях з безпосереднім впорскуванням палива, а В.О. Ваншейдт навів залежність часу t_i від КВВП для передкамерного дизеля з робочим об'ємом 1 л при трьох значеннях частоти обертання.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Отримати просту статистичну залежність між кутами затримки займання та випередження впорскування палива у транспортних дизелів.

Основна частина. Найбільш прийнятною формою вказаної залежності при практично важливих значеннях КВВП є ступенева функція

$$\varphi_i^{\wedge} = a\theta^b, \quad (1)$$

де a і b – числові параметри, які можна отримати при обробці масиву дослідних даних методом найменших квадратів. (Ця залежність не буде вірною при занадто пізньому впорскуванні палива, бо кут φ_i не може безперервно зменшуватися, але таке впорскування не застосовують при звичайному робочому процесу дизелів через суттєве погіршення його показників.)

Можливість застосування функції (1) з'ясовується після побудови цього масиву в логарифмічних координатах. Оскільки весь масив дослідних даних є неоднорідним, бо вони отримувалися на різних двигунах та різних (хоча й схожих) швидкісних режимах і дизельних паливах, доцільно підбирати значення параметрів a і b окремо для частин (підмасивів) даних, виділених у їх масиві. Ці частини були виділені таким чином:

а) дані щодо передкамерного дизеля [6];

б) дані щодо дизелів, що були обладнані насос-форсунками – щодо двотактного автомобільного дизеля [5] і частина результатів

випробувань експериментального дизеля з книги [7];

в) дані щодо інших дизелів [1 – 9] з розділеною ПА.

У свою чергу, в останньому підмасиві:

г) була окремо проаналізована частка дослідних даних [1; 2], отримана на дизелях з великими розмірами циліндрів (діаметр 25, 27 і 32 см), які не застосовуються в галузі сільського господарства;

д) дослідні дані з книг [3, 8, 9] використовувалися як контрольні, для оцінки прийнятності статистичної залежності (1), виявлених при обробці решти даних, зазначених вище у «в».

Оскільки всі ці дані отримані при випробуваннях транспортних двигунів, які розроблялися у середині і другій половині ХХ сторіччя, то отримані залежності типу (1) уточнюватимуться при використанні більш нових експериментальних даних, наприклад, з роботи А.С. Кулешова [4].

Загальне розташування дослідних точок і виявлених статистичних залежностей (показаних прямими лініями 1 - 4) показано на рис. 1. Значення числових параметрів цих залежностей наведено в таблиці 1, а пояснення до цих точок подано в таблиці 2.

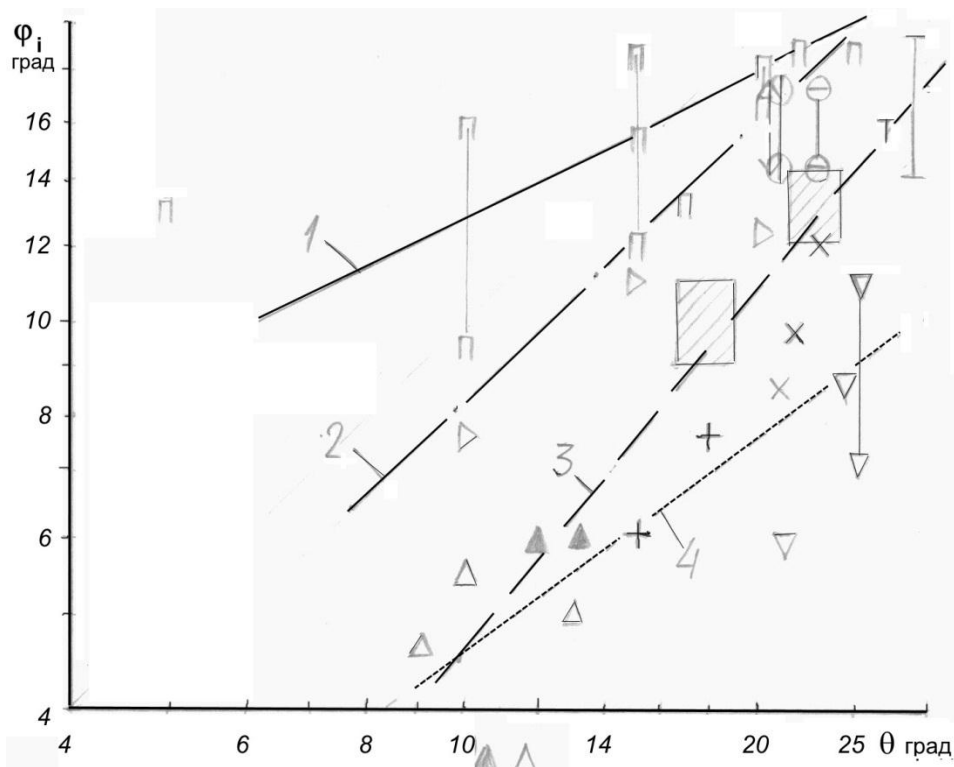


Рис. 1. Дослідні точки та статистичні залежності:

1 – для передкамерного дизеля за даними В.О. Ваншейдта [6];

2 – для двох дизелів, обладнаних насос-форсунками [5; 7];

3 – для інших дизелів з безпосереднім впорскуванням і розділеною ПА
(в тому числі 4 – для дизелів з великими розмірами циліндрів [1; 2])

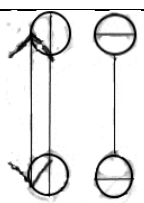
Як видно на рис. 1, за винятком частини точок «п» (передкамерний дизель), всі точки розташовані згідно до нерівності $\varphi_i < \theta$, яка, ймовірно, найкраще характеризує звичайний робочий процес дизелів з безпосереднім впорскуванням.

Таблиця 1 – Значення параметрів статистичних залежностей 1 – 4

Залежність	Параметри функції (1)		Коефіцієнт кореляції	ВСКВ*
	a	b		
1	4,0	0,5	0,65	0,16
2	0,93	0,94	0,85	0,16
3	0,25	1,25	0,64	0,33
4	0,80	0,73	0,82	0,22

* Відносне середньоквадратичне відхилення розрахункового значення φ_i від дослідного.

Таблиця 2 – Пояснення до позначень точок на рис. 1

Дизель, джерело	Позначення	Дизель, джерело	Позначення
Передкамерний [6]	п	4-тактні без наддуву [7]:	
Двотактний 4ДН 10,8/12,7 [5]	▷	8Ч 13/14 при різних значеннях діаметра камери згоряння (КЗ) і окружної швидкості заряду;	
4-тактні з наддувом [1, 2, 7]:	х		
ЧН 12/14;			
ЧН 13/11,5;	+	Ч 11,5/10,5 з двома значеннями діаметра КЗ і трьома видами ПА	
ЧН 25/27;	▲		
ЧН 26/34;	Δ		
ЧН 32/32;	▽		
з двома величинами перерізу розпилювача [7]		-	-

На рис.1 видно, що авторами розглянутих робіт майже не досліджувалася робота дизелів з КВВП менше 8° до ВМТ, можливо, через погіршення економічності циклу при пізньому впорскуванні палива. Досліджена зона КВВП – це інтервал $\theta \approx 8 \dots 30$ град.

Хоча дослідні точки утворили на рис.1 обширне поле, видна наявність статистичного взаємозв'язку (кореляції) між КВВП та кутом затримки займання φ_i – не дуже чіткого, але придатного для кількісних оцінок φ_i з відносною похибкою в межах $\pm 20 \dots 30\%$ (табл. 1). Важливо, що така оцінка дозволяє використовувати задане

значення КВВП та запобігти незручному розрахунку часу затримки займання (i кута φ_i) з допомогою формули А.І. Толстова.

За характером впливу КВВП на кут затримки займання, оброблені частини дослідних даних помітно розрізняються (табл. 1). Для передкамерного дизеля [6] вплив КВВП на φ_i виявився найслабшим (показник ступеня в (1) $b \approx 0,5$), хоча це треба буде уточнити за аналогічними даними для інших перед- та вихрекамерних дизелів. Два дизеля, обладнаних насос-форсунками [2; 7], продемонстрували майже лінійну статистичну залежність (1), з показником ступеня $b \approx 0,94$. Більш круту, але менш чітку кореляцію між кутами θ і φ_i показала обробка даних для дизелів з безпосереднім впорскуванням і розділеною ПА ($b \approx 1,25$). Насамкінець, окрема обробка даних для цих дизелів з великими значеннями діаметра циліндра дала значно менш круту та більш чітку кореляцію ($b \approx 0,73$). Наведені в табл. 1 числові значення можуть дещо змінюватися при змінах складу дослідних даних, доданні інших двигунів до аналізу.

Для перевірки доцільності використання отриманої залежності (1) з числовими параметрами $a = 0,25$; $b = 1,25$ при початкових етапах дослідження робочого процесу дизелів з безпосереднім впорскуванням і розділеною ПА, використано дослідні дані, опубліковані в книгах [3, 8, 9]. Ці дані відносилися: до тракторного дизеля 4Ч 10,5/12 з повітряним охолодженням, що працював по перехідних процесах скидання та накиду навантаження (але ці процеси розглядалися, як квазістаціонарні) [3]; до експериментальних дизелів без наддуву [8] і з наддувом [9], що працювали при частотах обертання, близьких до 2000 1/хв. Зіставлення цих даних (точки) із статистичною залежністю 3 (за рис. 1) показано на рис.2.

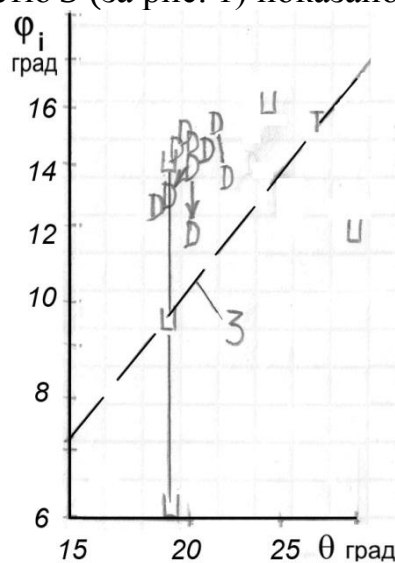


Рис. 2. Зіставлення контрольного масиву дослідних даних із статистичною залежністю поз. 3 (рис. 1)

Як видно на рис.2, хоча точне збігання виявлено для двох точок за даними [8; 9], розташованих на лінії 3 статистичної залежності типу (1), в цілому поле контрольних точок знаходиться навколо цієї лінії. Тому цю залежність з числовими параметрами $a = 0,25$; $b = 1,25$ можна використовувати для кількісних оцінок на стадії проектування дизелів з безпосереднім впорскуванням, якщо КВВП, заданий для подачі палива форсункою, $\theta \approx 8...30$ град до ВМТ. На даному етапі розробки двигуна абсолютну похибку кута затримки займання ϕ_i в межах ± 3 град вважаємо прийнятною, бо на наступних етапах його можна буде уточнити, застосовуючи формулу А.І. Толстова (з допомогою обчислювальної техніки).

В області КВВП $\theta \approx 8...13$ град до ВМТ приблизно однакові результати дає ступенева функція (1) з числовими параметрами, які відповідають лініям 3 і 4.

Знаючи кути θ та ϕ_i , після обчислення ступеня попереднього розширення заряду і побудови первісної індикаторної діаграми можна оцінити рівень «жорсткості» згоряння та необхідність коректування КВВП. Що стосується різниці між значеннями КВВП, виміряними для секції паливного насоса високого тиску (ПНВТ) і для форсунки, то при застосуванні насос-форсунок цією різницею можна знехтувати, а при застосуванні розділеної ПА ця різниця, за даними Д.А. Портнова [9], становить 2...3 град.

Висновки. Отримано статистичні залежності типу (1) кутової тривалості затримки займання від кута випередження впорскування палива для дизелів передкамерного та з безпосереднім впорскуванням, які можна використовувати для кількісних оцінок тривалості затримки займання на стадії проектування.

Література:

1. Современные дизели: повышение топливной экономичности и длительной прочности [Текст] / Под ред. А.Ф. Шеховцова. – К.: Техника, 1992. – 272 с.
2. Процессы в перспективных дизелях [Текст] / Под ред. А.Ф. Шеховцова. – Харьков: Основа, 1992. – 352 с.
3. Костин А.К. Работа дизелей в условиях эксплуатации [Текст] / А.К. Костин [и др.]. - Л.: Машиностроение, 1989. – 284 с.
4. Кулешов А.С. Развитие методов расчета и оптимизация рабочих процессов ДВС : Дисс... докт. техн. наук (05.04.02) [Текст]. – М., 2011. – 235 с.
5. Двигатели внутреннего сгорания. Теория поршневых и комбинированных двигателей [Текст] / Под ред. А.С. Орлина, М.Г. Круглова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1983. – 376 с.

6. *Ваншейдт В.А.* Судовые двигатели внутреннего сгорания (теория) [Текст] / *В.А. Ваншейдт.* – Л.: Судпромгиз, 1958. – 456 с.
7. *Хачиян А.С.* Доводка рабочего процесса автомобильных дизелей [Текст] / *А.С. Хачиян [и др.].* – М.: Машиностроение, 1976. – 104 с.
8. *Мелькумов Т.М.* Теория быстроходного двигателя с самовоспламенением [Текст] / *Т.М. Мелькумов.* – М.: Оборонгиз, 1953. – 408 с.
9. *Портнов Д.А.* Быстроходные турбопоршневые двигатели с воспламенением от сжатия. Теория, рабочий процесс и характеристики [Текст] / *Д.А. Портнов.* – М.: Машгиз, 1963. – 640 с.

СТАТИСТИЧЕСКАЯ ЗАВИСИМОСТЬ МЕЖДУ УГЛАМИ ЗАДЕРЖКИ ВОСПЛАМЕНЕНИЯ И ОПЕРЕЖЕНИЯ ВПРЫСКА ТОПЛИВА У ТРАНСПОРТНЫХ ДИЗЕЛЕЙ

Стефановский А.Б.

Аннотация — в статье представлена статистическая зависимость между углами задержки воспламенения и опережения впрыска топлива у транспортных дизелей и охарактеризованы её числовые параметры для отдельных групп этих двигателей.

A CORRELATION BETWEEN ANGLES OF IGNITION DELAY AND FUEL INJECTION ADVANCE IN AUTOMOTIVE DIESEL ENGINES

A. Stefanovsky

Summary

A correlation between angles of ignition delay and fuel injection advance in automotive diesel engines is presented and its numerical, engine group-specific parameters are considered in the paper.

Keywords: ignition delay angle, fuel injection advance angle, fuel supply equipment, diesel engine.

УДК 631.521

БЕССТУПЕНЧАТАЯ ГИДРООБЪЕМО-МЕХАНИЧЕСКАЯ ТРАНСМИССИЯ ТРАКТОРОВ

Милаева И.И., ст. преп.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 42-04-42

Аннотация – статья посвящена использованию бесступенчатой гидрообъемно-механической трансмиссии (ГОМТ) тракторов. В статье описаны особенности устройства и преимущества бесступенчатой гидрообъемно-механической трансмиссии (ГОМТ) тракторов.

Ключевые слова – трактор, бесступенчатая трансмиссия, гидроагрегаты, фрикционная муфта, гидрообъемная передача.

Постановка проблемы. Недостатком известной гидрообъемно-механической трансмиссии являются сложность конструкции вследствие использования большого количества концентрически расположенных соосных валов. Большое количество дублирующих друг друга скоростных диапазонов в одной зоне рабочего регулирования вызывает необходимость использования большого количества муфт переключения и, как следствие, увеличивает сложность конструкции.

Анализ последних исследований. В основу полезной модели поставлена задача создания гидрообъемно-механической трансмиссии с упрощенной конструкцией, обеспечивающей улучшенные массово-габаритные характеристик[4].

Формулирование целей статьи (постановка задания). Проанализировать бесступенчатую гидрообъемно-механическую трансмиссию (ГОМТ), отметить преимущества и недостатки.

Основная часть. Бесступенчатая трансмиссия (англ. Continuously Variable Transmission, CVT) — вид трансмиссии (передаточного устройства между двигателем и движителем (колёсами, гребным винтом и т. п.)), которая способна плавно изменять коэффициент передачи (отношение скоростей вращения и вращающих моментов двигателя и движителя) во всём рабочем диапазоне скоростей и тяговых усилий.

Первая бесступенчатая трансмиссия была запатентована в 1886. С 1950-х гг., бесступенчатые трансмиссии широко применялись для

бортовых авиационных электрогенераторов, приводимых в действие вспомогательными двигателями. Первая автомобильная бесступенчатая трансмиссия с резиновыми клиновыми ремнями была применена в малогабаритных голландских автомобилях DAF (DAF 600), а после продажи отделения DAF, выпускавшего пассажирские автомобили, патент унаследовала Volvo. В 1987 клиновые вариаторы, на этот раз с цепным приводом, были запущены в массовое производство Ford и FIAT (Ford Fiesta, FIAT Uno). В то же время Subaru наладило производство своей CVT, которую поставляло и поставляет другим автопроизводителям. В конце 1990-х гг. вариаторы начали устанавливать и на машины среднего класса, взамен традиционных гидромеханических АКПП.

Гидрообъемно-механическая трансмиссия транспортного средства предназначена для использования в качестве бесступенчатой трансмиссии в гусеничных и колесных транспортных средствах. Изменение конструкции направлено на улучшение ее массогабаритных характеристик, а также условий работы гидрообъемной передачи в условиях холодного запуска двигателя и экстренного торможения транспортного средства.

Гидрообъемно-механическая трансмиссия транспортного средства состоит из ведущего вала 1 (рис.1), кинематически связанного с двигателем 2 через фрикционную муфту 3, выходного вала 4, кинематически связанного с ведущими колесами транспортного средства 18, гидрообъемной передачи и механической передачи. Гидрообъемная передача включает две гидравлически связанные между собой регулируемые объемные гидромашины. Механическая передача содержит планетарный механизм 7, включающий водило 8 с сателлитами, солнечные шестерни 11 и 12, зубчатые передачи 13-16 и устройство переключения диапазонов 17.

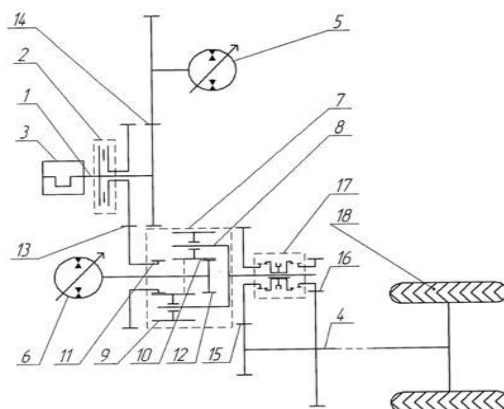


Рис.1. Кинематическая схема гидрообъемно-механической трансмиссии транспортного средства

Мировой рынок тракторов с каждым годом увеличивает продажи тракторов, оснащенных бесступенчатыми трансмиссиями. Подавляющее число тракторов с бесступенчатыми трансмиссиями оснащены двухпоточными гидрообъемно-механическими трансмиссиями, основными преимуществами которых являются простота конструкции, высокая энергономичность, удобство управления, возможность выбора оптимальной скорости трактора и режима работы двигателя.

Ученые НТУ «ХПИ» и специалисты АО «ХТЗ» создали новую бесступенчатую трансмиссию для отечественных тракторов.

Новая трансмиссия увеличивает производительность тракторов, экономит топливо и одновременно с этим существенно уменьшает психо-физические нагрузки на тракториста. При этом новая трансмиссия значительно дешевле зарубежных аналогов и позволяет тракторам производства ХТЗ оставаться в бюджетном сегменте рынка.

Новая бесступенчатая трансмиссия дает следующие преимущества:

- обеспечивает плавное бесступенчатое регулирование скорости и силы тяги трактора;
- повышает производительность труда;
- облегчает труд тракториста и улучшает эргономику трактора в целом;
- способствует повышению надежности работы двигателя;
- снижает расход топлива;
- позволяет разгрузить штатную тормозную систему трактора.

Созданная бесступенчатая гидрообъемно-механическая трансмиссия отвечает современным тенденциям мирового тракторостроения и позволяет Харьковскому тракторному заводу значительно повысить потребительские качества отечественных тракторов и укрепить свою конкурентоспособность на мировом рынке. Важным достоинством новой трансмиссии является то, что она ориентирована не только на установку в новые трактора серии ХТЗ-170/240, но может использоваться на вторичном рынке для тракторов серий ХТЗ-150К, 170 и 172.

Созданная двухпоточная бесступенчатая гидрообъемно-механическая трансмиссия для линейки колесных тракторов АО «ХТЗ» - первая оригинальная на постсоветском пространстве трансмиссия, которая уже защищена патентами. При этом она значительно дешевле зарубежных аналогов и позволяет тракторам производства ХТЗ оставаться в бюджетном сегменте рынка, что повышает их конкурентоспособность.

В настоящее время новая бесступенчатая гидрообъемно-механическая трансмиссия ГОМТ -1С установлена на трактор ХТЗ-

210, на котором отрабатывается ее микропроцессорная система управления и работа в составе трактора при выполнении транспортных и сельскохозяйственных технологий.



Рис. 2. Модельный ряд тракторов АО "ХТЗ"

Выводы. В целом созданная двухпоточная бесступенчатая гидрообъемно-механическая трансмиссия для линейки колесных тракторов АО «ХТЗ» обеспечивает улучшенные массо-габаритные характеристики, улучшенные условия работы гидрообъемной передачи в условиях холодного запуска двигателя и экстренного торможения транспортного средства.

Литература:

1. *Петров В.А.* Гидрообъемные трансмиссии самоходных машин. / *Петров В.А.* - М.: Машиностроение, 1988. - 248 с.
2. *Александров Е.Е.* Динамика транспортно-тяговых колесных и гусеничных машин / *Александров Е.Е., Самородов В.Б., Лебедев А.Т., и др.* – Харьков: ХГАДТУ, 2001.-642 с.
3. *Самородов В.Б.*, Критический обзор работ в области тракторных гидрообъемно-механических трансмиссий. / *Рогов А.В., Бурлыга М.Б. Самородов В.Б.* // Вестник НТУ «ХПИ». Тематический выпуск «Автомобиле- и тракторостроение». – 2003. –№ 4, с. 3-19.
4. *Самородов В.Б.* Обоснование оптимальных конструктивных параметров бесступенчатой трансмиссии трактора. / *Самородов В.Б. Самородов В.Б. Рогов А.В.* // Вестник НТУ «ХПИ». Тематический выпуск «Автомобиле- и тракторостроение». – 2010. –№ 1, с. 8-14.
5. *Самородов В.Б.* Двухпоточная тракторная гидрообъемно-механическая трансмиссия: математическое моделирование и эскиз

конструкции/. Самородов В.Б., Шуба С.А. // Тематический выпуск «Автомобиле- и тракторостроение». – 2005. – № 10, с. 18-24.

6. Самородов В.Б. Выбор кинематических схем ГОМТ разных типов для сельскохозяйственного трактора класса 1,4. / Самородов В.Б., Деркач О.И., Шуба С.А., Колодяжный А.В.// Тематический выпуск «Автомобиле- и тракторостроение». – 2011. – № 56, с. 3-8.

7. Самородов В.Б. Бесступенчатая двухпоточная гидрообъемно-механическая коробка передач для трактора с двигателем мощностью 300-350 л.с. / Самородов В.Б., Шуба С.А., Деркач О.И. // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2012. – № 3, с. 10-13.

БЕЗТУПІНЧАСТА ГІДРООБ'ЄМНО-МЕХАНІЧНА ТРАНСМІСІЯ ТРАКТОРІВ.

Мілаєва І.І.

Анотація – стаття присвячена використанню безступінчастої гідрооб'ємно-механічної трансмісії (ГОМТ) тракторів. У статті описані особливості пристрою й переваги безступінчастої гідрооб'ємно-механічної трансмісії (ГОМТ).

BEZTUPINCHASTA GIDROOBЄMNO- MECHANICHNA TRANSMISIYA TRAKTORIV

I. Milayeva

Summary

Sstatte is dedicated vikoristannnyu bezstupinchastoї gidroob'ємno-mehanichnoї transmisії traktoriv. In statti opisani osoblivosti Pristrom th perevagi bezstupinchastoї gidroob'ємno-mehanichnoї transmisії.

УДК 621.43.004.18

ПОВЫШЕНИЕ ЭКОНОМИЧНОСТИ И МОЩНОСТИ БЕНЗИНОВОГО ДВИГАТЕЛЯ

Гуйва С.Д., ст.преп.

Таврический государственный агротехнологический университет

Тел. (0619) 42-04-42

Аннотация – работа посвящена перспективе повышения экономичности бензинового двигателя путем использования бензоэтанольного топлива с применением дополнительной системы топливоподачи этанола и повышения степени сжатия до $\epsilon=14-16$, представлена электронная схема системы автоматического управления топливоподачей двигателя.

Ключевые слова – двухтопливный бензиновый двигатель, этанол, топливо Е-85, детонация.

Постановка проблемы. В связи с повышением стоимости топливных нефтепродуктов и тенденцией к производству автомобилей с уменьшенными выбросами выхлопных газов, за рубежом стали производить автомобили с гибридными бензоэлектрическими силовыми установками. Однако экономичные гибридные бензоэлектрические силовые установки значительно увеличивают цену самого автомобиля.

Решением данной проблемы занимаются многие и давно. И сейчас уже ясно, что наиболее серьезной альтернативой топливам нефтяного происхождения станут так называемые альтернативные топлива – природный и нефтяной газ, которые уже достаточно давно применяются на транспорте и хорошо зарекомендовали себя, как эффективные и экологически чистые топлива. Вместе с тем, в последние годы конкуренцию им стали оказывать биотоплива, получаемые из возобновляемого сырья растительного происхождения – рапса, кукурузы, сахарного тростника и т.п. Среди этих биотоплив особый интерес вызывают спирты. Способствует этому и то, что спирты, прежде всего этанол, при сгорании выделяют значительно меньше экологически вредных веществ, чем нефтяное топливо; для их применения серьезных изменений конструкции ДВС не требуется; технология их получения полностью отработана и по потребительским свойствам они довольно близки к нефтяным топливам. Так, у них примерно на 40% октановое

число больше, чем у товарных бензинов, что позволяет повышать степень сжатия ДВС с искровым зажиганием. А это рост (до 5%) мощности и КПД двигателей, что в значительной мере компенсирует основной недостаток того же этанола - вдвое меньшую теплотворную способность [4].

В статье предлагается идея создания гибридного двухтопливного ДВС с высокой степенью сжатия при незначительных переделках ДВС (уменьшение объема камеры сгорания, установкой датчика детонации) и дополнительных агрегатов системы топливоподачи этанола), электронного блока управления топливоподачей при возникновении детонации.

Затраты на изготовление предлагаемого двигателя конечно несколько выше чем затраты на изготовление обычного бензинового двигателя той же мощности, но расход топлива его будет примерно на 15- 20% меньше. Бензиновый современный двигатель имеет степень сжатия $\epsilon = 7 \dots 9$.

Анализ последних исследований. С точки зрения получения наибольшей экономичности двигателя оптимальное значение степени сжатия $\epsilon = 12-15$ [1]. В бензиновых двигателях оптимальное значение степени сжатия недостижимо в связи с возникновением детонационного сгорания. Для уменьшения детонации меняют конструктивные параметры двигателя, так при уменьшении диаметра цилиндра, увеличении частоты вращения сокращается путь фронта пламени от источника запала до наиболее удаленной точки камеры сгорания, усиливается вихревое движение заряда, уменьшается продолжительность процессов сжатия и сгорания, что снижает детонацию и позволяет принять более высокую степень сжатия [2].

Для бензина наиболее важным показателем есть детонационная стойкость, оцениваемая октановым числом (о. ч.). Именно детонационная стойкость бензина и не позволяет повысить степень сжатия до оптимальных значений.

В данной статье в качестве антидетонатора предлагается использовать этанол (метанол) или топливо Е-85.

Этанол – альтернативное топливо на базе спирта, получаемое посредством ферментации и перегонки таких сельскохозяйственных культур, как кукуруза, ячмень или пшеница.

Этаноловый бензин менее безопасен, обладает высоким октановым числом. Производство этанола не сложно и, к тому же, оно поддерживает фермеров и позволяет создавать рабочие места внутри страны. А поскольку этанол производится внутри страны и из выращиваемого в стране зерна, он снижает зависимость от импортируемой нефти и повышает национальную энергетическую безопасность.

Е-85 – это топливо, смесь, состоящая из 85% этанола и 15% бензина. Сегодня такое топливо уже используется в транспортных средствах с универсальной топливной системой. То есть такое транспортное средство работает как на альтернативах, так и на обычном топливе.

Основы научно обоснованной технологии применения этанола-бензиновых смесей создала в 1980-х годах фирма «Форд». Занимались такого рода исследованиями и многие другие фирмы. На основании этих исследований было доказано, что автомобильные двигатели могут работать, используя одни и те же компоненты топливной системы (бак, топливопроводы, топливodosирующие элементы), на смеси бензина и спирта в любой пропорции.

Первопроходцем в области массового применения этанола на автомобильном транспорте стала Бразилия. Постепенно применение этанола приобрело довольно широкие масштабы, сначала это были смеси, содержащие 20..25% этанола, а затем (в 1980-е годы) и чистый спирт [4, 5].

В Украине же еще в 2000 году была принята программа «Этанол», предусматривающая производство добавок к топливу на основе этанола. Спиртовые заводы, участвуя в выполнении государственной программы, наладили производство этанола.

На АЗС Украины появилось топливо Е-85 (для бензиновых двигателей). Его начали реализовывать на шести заправках. Одна из них находится в г. Ирпень Киевской области, остальные – в Одесской, Днепропетровской и Черновицкой областях.

Опыт применения этанола, как топлива для ДВС, позволил установить, что бензоэтанольные смеси, содержащие до 10% этанола, могут применяться в любом бензиновом ДВС, а смеси, содержащие более 10..15% этанола, требуют внесения не очень больших изменений в топливную систему и систему управления режимами работы двигателя. В частности, автомобили, работающие на таких топливах, должны иметь повышенную антикоррозионную стойкость общих элементов топливной системы (топливный бак, топливопроводы, фильтрующие элементы), а топливodosирующие элементы (форсунки) – способность работать на повышенном давлении и пропускать большее, чем в случае бензина, количество топлива [6].

Понятно, что распространение данной технологии будет зависеть от развития сети бензоэтанольных заправочных станций, соотношения стоимости «этанол-бензин» для конечного пользователя и степени ужесточения экологических стандартов в отношении как количественного, так и качественного состава отработавших газов.

Нет особых сомнений, что применение этилового спирта, как топлива, поможет решить целый комплекс социально-экономических задач. В том числе такие, как диверсификация энергоносителей; развитие сельского и лесного хозяйства, деревообработки; повышение занятости населения; оздоровление воздушного бассейна крупных городов; увеличение экспорта нефти и газа. Кроме того, у нас практически неисчерпаемы запасы сырья, из которого его можно получать. Он может использоваться в качестве топлива для мобильных транспортных средств, как в чистом виде, так и в качестве добавок к бензинам.

Формулирование целей статьи (постановка задания). Анализ работы двигателя на альтернативном топливе - этанол или топливо Е-85 (содержащее 85% этанола и 15% бензина), выпускаемое серийно на Украине.

Основная часть. Главное изменение – это повышение степени сжатия до уровня дизелей $\epsilon = 14 \dots 16$. Для уменьшения детонации, возникающей при высокой степени сжатия, которая быстро разрушает двигатель, предлагается изменить конструкцию двигателя:

- 1) повысить степень сжатия до оптимального значения степени сжатия $\epsilon = 12-15$ ед.;
- 2) установить дополнительный топливный бак (1) Рис.1 с этанолом емкостью 5...10 литров;
- 3) установить топливный насос (2) с фильтром (3);
- 4) подвести к пусковой форсунке (9), установленной во впускном трубопроводе второй трубопровод с этанолом.

Управление подачей этанола форсункой (9) во впускной трубопровод будет осуществляться датчиком детонации (15), подсоединенным к блоку управления (5). Детонационное сгорание возникает только во время высокой нагрузки на двигатель и тогда по команде датчика детонации подавать в его камеры сгорания крошечные порции этанола. Мгновенно испаряясь, он снижает температуру в камере сгорания, тем самым устраняя детонацию. Сравнительно небольшого количества этанола достаточно, чтобы исключить детонацию даже при давлении газов, втрое большем, чем внутри традиционных ДВС с искровым воспламенением [3]. Схема двигателя с измененной конструкцией представлена на Рис.1.

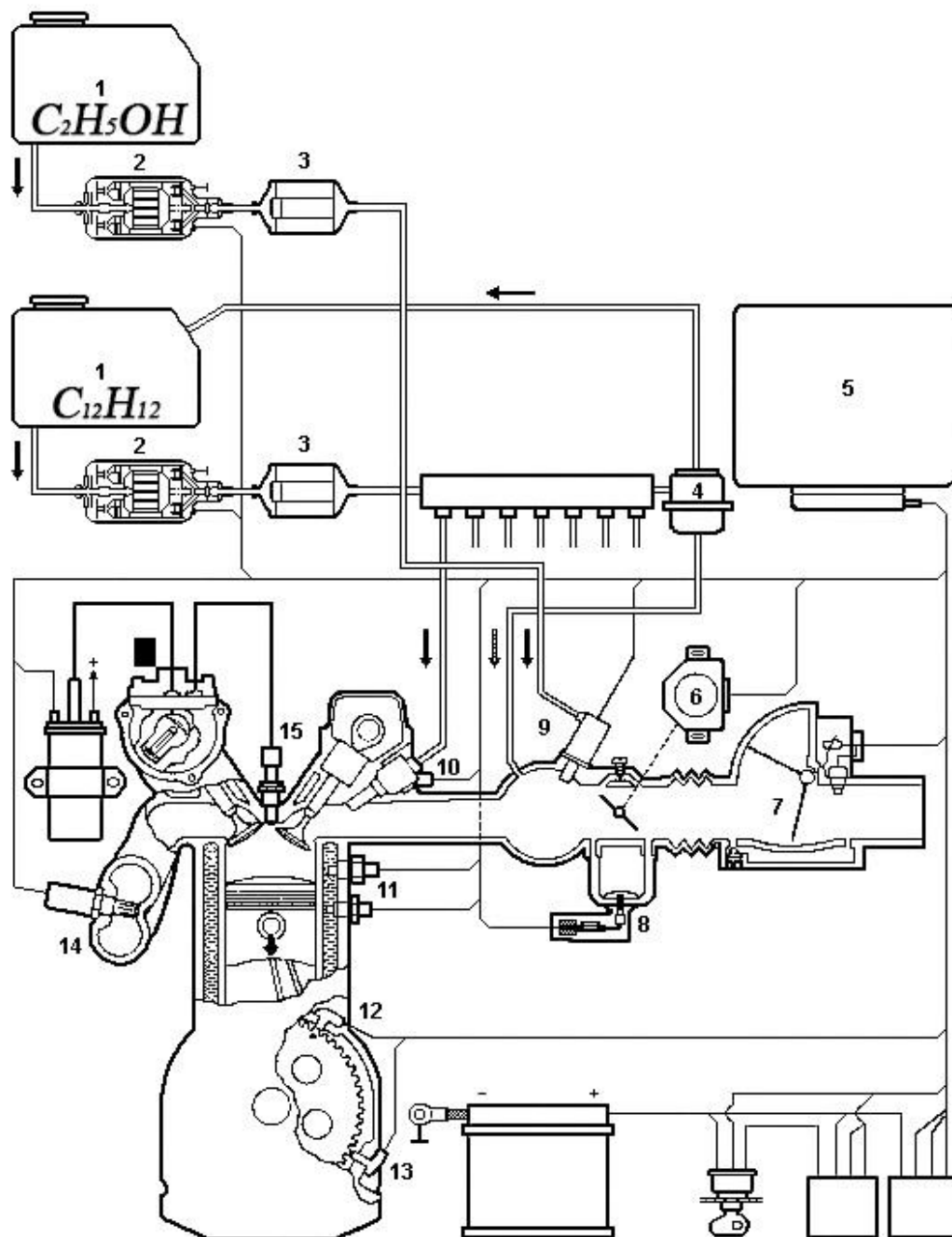


Рис.1. Модернизированная электронная система автоматического управления впрыском топлив ($C_{12}H_{22}$ и C_2H_5OH) в бензиновом ДВС: 1 - топливные баки: бензиновый, спиртовой (этанол); 2 - насосы; 3- фильтры; 4 - стабилизатор перепада давления; 5 - блок управления; 6, 11-14, - датчики: положение дроссельной заслонки, температуры, стартовых импульсов, частоты вращения вала и содержимого кислорода соответственно; 7 - измеритель затраты воздуха; 8 - автомат перепуска воздуха; 9, 10 - пусковая, спиртовая, рабочая форсунки; 15 - датчик детонации

Это обычная схема системы питания бензинового двигателя с разделенной системой впрыска бензина в каждый цилиндр и подачей этанола при возникновении детонации во впускной трубопровод. А высокая степень сжатия приводит к большему КПД двигателя внутреннего сгорания топливная система – для этанола. Его расход не превышает 5% от расхода бензина, ведь подаваться в двигатель этанол будет не постоянно. И потому небольшого (литров на 8-15) спиртового бака под капотом хватит надолго. Бензина же при этом будет сжигаться, на 20-30% меньше, чем при использовании обычных искровых ДВС с традиционной степенью сжатия. Заправлять в этот дополнительный бак можно как чистый этанол, так и смесь Е-85 которая получает всё большее распространение.

Выводы. Таким образом, задачи повышения, мощности и экономичности будут выполнены за счет повышения среднего давления цикла, которое тем больше, чем больше степень сжатия, а допуская прямую пропорциональность между степенью сжатия ϵ и эффективной мощностью N_e , при изменении ϵ с 9 до 15 имеем относительное увеличение мощности на 16.6%, бензина же при этом будет сжигаться, на 20-30% меньше.

Литература:

1. Николаенко А.В. Теория, конструкция и расчет автотракторных двигателей. – М.: Колос, 1984. – 334 с.
2. Луканин В.Н. Двигатели внутреннего сгорания. /В.Н. Луканин – М.: Высшая школа, 1985г., - 312 с.
3. Альтернативные двигатели внутреннего сгорания. SEAT клуб Россия. Клуб владельцев SEAT (CEAT) - все о Seat Leon, Cordoba, Ibiza, Altea, Toledo, EXEO [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.seat-club.ru/archive/index.php/t-2822.html>
4. E85 as a vehicle Fuel. AEVI. <http://www.doe>
5. Flexible – fuel vehicle http://en.wikipedia.org/wiki/Flexible-fuel_vehicle
6. Fuel Ethanol. Industry Guidelines, specifications and Procedures. December 2003. Renewable Fuels Association. <http://www.ethanolrfa.org>

ПІДВИЩЕННЯ ЕКОНОМІЧНОСТІ ТА ПОТУЖНОСТІ БЕНЗИНОВОГО ДВИГУНА

Гуйва С.Д.

Анотація – робота присвячена перспективі підвищення економічності бензинового двигуна шляхом використання бензоетанольного палива з використанням додаткової системи паливоподачі етанолу та підвищення ступеню стиснення до $\epsilon = 14-16$, представлена електронна схема системи автоматичного управління паливоподачею двигуна.

HIGHER EFFICIENCY AND CAPACITY PETROL

S. Gooiva

Summary

The work is dedicated to the long term increase of the gasoline engine efficiency through the use of fuel with the application of petrol-ethanol fuel system and increase of the compression ratio to $\epsilon = 14-16$. Electronic circuit of the automatic engine fuel control is also presented.

УДК 631.521

СРАВНЕНИЕ ПРЕИМУЩЕСТВ И НЕДОСТАТКОВ БЕНЗИНОВЫХ И ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Милаева И.И., ст. преп.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 42-04-42

Аннотация – статья посвящена проведению сравнительной характеристики бензиновых и дизельных моторов. В статье уделяется внимания критериям: экологичности, надежности, экономичности эффективности двигателей.

Ключевые слова – дизель, мощность, топливо, токсичность, расход топлива, бензиновый двигатель, мотор, надёжность, удельный расход топлива, степень сжатия, вибрация, экологичность, вибрация, экономичность.

Постановка проблемы. Нередко два одинаковых внешне автомобиля абсолютно по-разному ведут себя в эксплуатации, а разница между ними заключается лишь в деталях. Самая главная "деталь" – силовой агрегат. И тут у многих автомобилистов возникает принципиальный вопрос: какой тип двигателя – бензиновый или дизельный предпочесть. Выявим преимущества и слабые места каждого агрегата.

Формулирование целей статьи (постановка задания). Проанализировать чем дизельный двигатель отличается от бензинового и отметить недостатки и преимущества обоих видов моторов.

Основная часть. Большинство используемых в сельском хозяйстве двигателей четырехтактные, потому что двухтактные двигатели менее экономичны из-за того, что цилиндр хуже очищается от продуктов сгорания. Особенно неэкономичны двухтактные карбюраторные двигатели, в которых цилиндры продувают горючей смесью. Вследствие более высокого давления газов в цилиндре некоторые детали должны иметь повышенную прочность, что приводит к увеличению размеров и массы двигателя.

Бензиновый и дизельный двигатели сильно различаются по основным эксплуатационным характеристикам. Наиболее важными из них есть степень сжатия и удельный эффективный расход топлива. Первый параметр показывает, во сколько раз сжимается горючая

смесь или воздух в цилиндре при движении поршня из нижней мертвой точки в верхнюю.

Степень сжатия существенно влияет на экономичность и мощность двигателя: с увеличением степени сжатия двигателя его экономичность и мощность возрастают. Для бензиновых степень сжатия находится в пределах от 10 до 14, для дизелей – от 14 до 21. Вследствие этого, дизельные двигатели при том же объеме развивают большую мощность и расходуют меньше топлива, повышается КПД (коэффициент полезного действия), который на 20-40 % выше, чем у бензиновых двигателей. Кроме этого у дизельного двигателя впрыск топлива происходит непосредственно в камеру сгорания, а значит, его потери минимальны. У бензиновых же моторов топливо смешивается с воздухом во впускном коллекторе.

Удельный эффективный расход топлива – это количество топлива в граммах, которое расходуется двигателем для развития в течение 1 часа эффективной мощности в 1 кВт. Это показатель экономичности двигателя. Его определяют по внешней скоростной характеристике. Он составляет для дизелей – от 200 до 230 граммов, для бензиновых двигателей – от 265 до 305 граммов.

С точки зрения экономических показателей дизельные двигатели значительно экономичнее карбюраторных благодаря следующим факторам:

1. На единицу произведенной работы расходуется в среднем на 20...25% (по массе) меньше топлива, что объясняется более качественным смесеобразованием и полным сгоранием рабочей смеси.

2. Дизельные двигатели работают на более дешевом топливе, которое менее опасно в пожарном отношении.

Хорошие экономические показатели дизельных двигателей обеспечили им широкое применение в тракторах и автомобилях большой грузоподъемности.

По устройству бензиновые и дизельные двигатели в основном сходны, хотя имеются некоторые отличия. Вне зависимости от типа двигатель состоит из следующих механизмов и систем: кривошипно-шатунного механизма, механизма газораспределения, системы охлаждения, системы смазки, системы питания. Бензиновый двигатель, кроме того, имеет систему зажигания.

Кривошипно-шатунный механизм бензинового и дизельного двигателя аналогичны по своему строению, но различны требования к их прочностным характеристикам. Это связано с все той же степенью сжатия. Так как у дизелей она выше, то и нагрузки на детали механизма больше, и, как следствие, детали дизеля более массивны. На поршнях дизелей, как правило, устанавливают на одно компрессионное кольцо больше, так как давление в цилиндрах выше.

Камера сгорания бензинового двигателя размещена в головке блока цилиндров, а у дизеля - выполняется в виде полости в днище поршня. В головке блока цилиндров есть резьбовое отверстие, которое у дизеля завинчивается форсунка, а у бензинового двигателя свеча зажигания.

В механизме газораспределения отличия тоже незначительны при сравнении бензинового и дизельного двигателей. Они связаны с тем, что температура в цилиндрах дизеля выше. Поэтому его клапаны изготавливаются из более жаропрочных материалов. В основном дизели имеют механизм с нижним расположением распределительного вала и верхним расположением клапанов. У бензиновых же двигателей встречаются различные типы механизмов.

Система смазки и система охлаждения указанных двигателей практически ничем не различаются. Только у дизелей, как правило, устанавливается дополнительный полнопоточный масляный фильтр со сменными фильтрующими элементами.

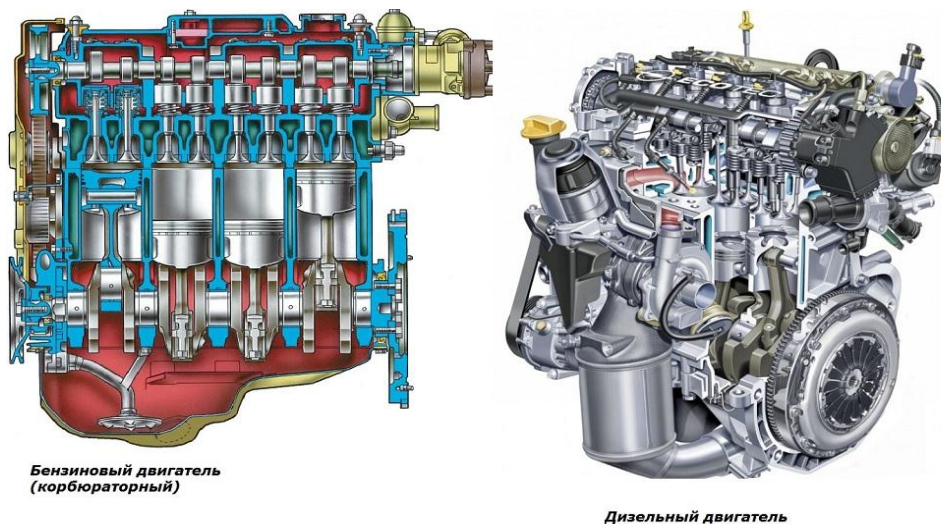


Рис. 1. Бензиновый (карбюраторный) и дизельный двигатели

Абсолютно различны системы питания бензинового двигателя и дизеля. Это вызвано, прежде всего, различием в свойствах применяемого топлива и способе смесеобразования. Система питания бензинового двигателя должна обеспечить получение бензо-воздушной смеси в определенной пропорции, которая определяется нагрузкой на двигатель. В зависимости от устройства системы питания различают карбюраторные и инжекторные бензиновые двигатели. Так как карбюратор – устройство очень несовершенное, в большинстве стран перешли исключительно на системы впрыска топлива (инжекторы).

Система питания дизеля выполняет немного другие функции. Во-первых, для дизеля очень критична чистота топлива и воздуха, поэтому в системе питания установлены дополнительные фильтры. Во-

вторых, система должна создавать высокое давление при впрыскивании топлива в цилиндр.

Вследствие этого, топливопроводы высокого давления должны выдерживать давление порядка 200 атмосфер. В-третьих, система питания дизеля боится попадания воздуха в топливо. При этом возможны перебои в работе двигателя, а то и полное ее прекращение. Поэтому, в системе имеются устройства для удаления из нее воздуха, как в ручном, так и в автоматическом режиме.

Различаются бензиновые и дизельные двигатели и по условиям эксплуатации. Это особенно заметно в осенне-зимний период, когда у дизеля могут возникать проблемы с пуском. Для их устранения используются дополнительные устройства (пусковые подогреватели, калильные свечи), наличие которых тоже ведет к усложнению конструкции. У бензиновых двигателей зимой топливо стабильно воспламеняется от искры, обеспечивая легкий пуск.

Слабые места бензиновых двигателей:

1. Низкий коэффициент полезного действия. Бензиновый двигатель способен преобразовать до 25% энергии в полезную работу, тогда как дизель – до 50%.
2. Повышенная взрывоопасность. Связана с высокой летучестью топлива.
3. Высокий расход топлива. Этот показатель на 30-40% выше, чем у дизельного аналога.
4. Негативное воздействие на окружающую среду. Бензиновые агрегаты производят больше парниковых газов, чем аналоги, работающие на солярке.

Слабые места дизельных двигателей:

1. При низкой температуре дизельное топливо может замерзнуть.
2. Повышенный уровень шума. Специфический стук наблюдается при невысоких скоростях.
3. Высокая стоимость ремонта.
4. Высокая чувствительность к качеству топлива и загрязнениям.
5. Частая замена масла.

К преимуществам дизеля можно отнести: высокие показатели КПД, очень хорошую тягу при небольших оборотах; работу без свечей зажигания и трамблёра; небольшой расход топлива, дизель имеет больший срок эксплуатации.

К преимуществам бензинового двигателя относится: более высокая литровая мощность; работа на высоких оборотах без замечаний; низкие шумовые характеристики и вибрация, автомобили с бензиновыми двигателями намного экологичнее.

Выводы. Сравнив бензиновый и дизельный двигатели по вышеописанным параметрам сделать окончательный вывод. Нельзя однозначно отдать предпочтение бензиновому или дизельному двигателю. Каждый из них имеет как преимущества, так и недостатки. Проведя сравнительную характеристику, можно отметить, что дизель выигрывает по следующим критериям: экологичность, надёжность, экономичность и эффективность. При этом бензиновый мотор не уступает по таким показателям, как мощность, вибрация и шум.

Литература:

1. Лебедев А.Т. Трактори та автомобілі. Навч. посібник / А.Т. Лебедев, В.М. А. Тощенко, М.Ф. Бойко та ін.; За ред.. проф.. А.Т. Лебедева. - К.:Вища освіта, 2004.
2. А. Громаковский Большая книга автомобилиста-СПб.: Питер, 2009.-368с.:ил.-(Серия «Автодело»)
3. Двигатель: конструкция и уход: Учебное пособие: Сер. 310: Перевод с английского. – Токио: фирма "Хонда", 1992.
4. Гроэ Хайнц, Русс Геральд Бензиновые и дизельные двигатели –За рулем-272с.
5. Двигатель: конструкция и уход: Учебное пособие: Сер. 310: Перевод с английского. – Токио: фирма "Хонда", 1992.

ПОРІВНЯННЯ ПЕРЕВАГ І НЕДОЛІКІВ БЕНЗИНОВИХ І ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ

Мілаєва І.І.

Анотація – стаття присвячена проведенню порівняльної характеристики бензинових і дизельних моторів. У статті приділяється уваги критеріям: екологічності, надійності, економічності ефективності двигунів.

PORIVNYANNYA PEREVAG THE OF NEDOLIKIV PETROL DIESEL DVGUNIV

I. Milayeva

Summary

The Article is sanctified to realization of comparative description of petrol and diesel motors. In the article spared attention to the criteria: ecofriendlyness, reliability, economy of efficiency of engines.

УДК 620.178.16.004

ВИБІР МАТЕРІАЛУ РІЖУЧОЇ ЧАСТИНИ ЛЕЗОВОГО ІНСТРУМЕНТУ

Пеньов О.В., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 42-13-54

Анотація – робота присвячена питанням підвищення ресурсу ріжучого інструменту шляхом вибору матеріалу ріжучої частини.

Ключеві слова – ріжучий інструмент, ріжуча частина інструменту, матеріали ріжучого інструменту.

Постановка проблеми. Оброблюваність металів різанням – це комплексне поняття, яке характеризується багато чисельними чинниками. Вона залежить від фізико-механічних властивостей, хімічного складу та структури оброблюваного матеріалу, елементів режиму різання, матеріалу ріжучої частини інструменту та його геометричних параметрів, жорсткості системи ВПД.

Одним з важливих чинників, який впливає на ефективність процесу різання та якість оброблюваної поверхні є вірний вибір матеріалу ріжучої частини інструменту з урахуванням особливостей та властивостей оброблюваного матеріалу.

Аналіз останніх досліджень. Широке застосування на практиці для визначення ріжучих властивостей інструментальних матеріалів отримав метод порівняння працездатності окремих марок інструменту при виконанні який-небудь обробки. Аналіз літературних джерел, опит праці ремонтних підприємств й заздалегідь проведені дослідження показали, що при обробці поверхонь зі сталей з особливими властивостями широке застосування знаходять металокерамічні тверді сплави [1,2,3].

Для вибору відповідної марки твердого сплаву необхідно визначити ті змінні величини, які мають важливе значення при роботі інструменту. До них можливо віднести: оброблюваний матеріал, твердість матеріалу, стан зовнішніх поверхонь матеріалу. Тип виконуваних операцій, геометричні параметри інструменту [4].

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Метою статті є підвищення ресурсу ріжучого інструменту вибором матеріалу ріжучої частини лезв'їйного інструменту.

Основна частина. Обробці підлягають зразки зі сталі 45 діаметром 50 мм, наплавлені дротом НП-30Х5 під шаром флюсу АН-348А. Твердість наплавленого металу складала 35 – 37 HRC. Точіння наплавлених шарів проводилось на токарно-гвинторізному верстаті моделі 1К62 правими різцями, які оснащені твердосплавними пластинками марки ВК8, Т5К10, Т15К6, Т30К4. Геометрія ріжучої частини різців прийнята за результатами попередніх випробувань:

$$\gamma = 0; \alpha = 8^\circ; \varphi = \varphi_1 = 45^\circ; \lambda = 0; r = 1.$$

При чорновій обробці наплавлених шарів приймалися наступні режими різання:

$$V = 60 \text{ м/хв.}; S = 0,32 \text{ мм/об.}; t = 1,0 \text{ мм.}$$

Незалежно від типу та призначення інструменти зношуються тільки по задній поверхні або по задній та передній поверхнях одночасно, тому для оцінки ріжучих властивостей металокерамічних твердих сплавів був прийнятий знос по головній задній поверхні. Величина фаски зносу різця на головній задній поверхні (h_z) замірялася за допомогою відлікового мікроскопу МИР-2.

Щоб уникнути випадкових й грубих помилок при замірі зносу, був застосований метод обробки рівноточних вимірів. До рахунку приймали середньоарифметичні значення з кількості рівноточних вимірів:

$$h_z = \frac{\sum_{R=1}^{R=n} h_{zR}}{n}, \quad (1)$$

де h_{zR} – знос по задній поверхні одного рівноточного виміру;

n – кількість рівноточних вимірів.

За розрахунковою схемою визначався розмірний знос:

$$h_p = \frac{h_z - \operatorname{tg} \alpha}{1 - \operatorname{tg} \gamma \operatorname{tg} \alpha}, \quad (2)$$

де h_p – розмірний знос;

h – ширина фаски зносу по задній поверхні.

Для об'єктивного зіставлення ріжучих властивостей різних інструментальних матеріалів при любых поєднаннях подач та швидкостей різання та різних критеріях затуплення визначались універсальні характеристики розмірній стійкості: Відносний поверхневий знос $h_{оп}$, швидкість розмірного зносу V_n , питома розмірна стійкість $T_{ур}$:

$$h_{on} = \frac{\partial h_p}{\partial \Pi} = \frac{(h_p - h_n)100}{(l - l_n)S}, \text{ мкм} / 10^3 \text{ см}^2 \quad ; \quad (3)$$

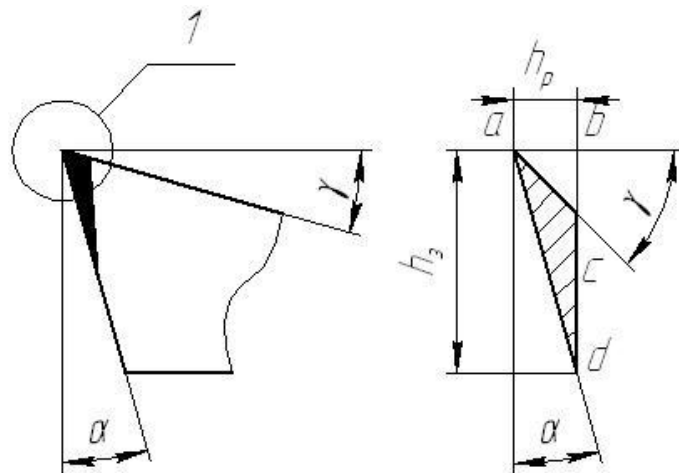
$$V_n = \frac{\partial h_p}{\partial T} = \frac{h_p - h_n}{T - T_n} = \frac{V \cdot S \cdot h_{on}}{100}, \text{ мкм} / \text{хв.}; \quad (4)$$

$$T_{yp} = \frac{\partial \Pi}{\partial h} = \frac{1}{h_{on}} = \frac{(l - l_n)S \cdot 10}{(h_p - h_n)}, \text{ см}^2 / \text{мкм} . \quad (5)$$

Таблиця 1 – Універсальні характеристики розмірній стійкості

Характеристики стійкості та продуктивності	Марка металокерамічного твердого сплаву			
	T15K6	T5K10	T30K4	BK8
$H_{оп}, \text{ мкм}/10^3 \text{ см}^2$	247	292	760	1090
$V_n, \text{ мкм}/\text{хв.}$	4,74	5,61	14,59	20,93
$T_{yp}, \text{ см}^2/\text{мкм}$	4,0	3,4	1,3	0,9

Аналізуючи результати досліджень точіння наплавленого шару різцями, оснащеними пластинками твердого сплаву (рис. 2) можна відзначити, що найменшим відносним поверхневим зносом та великою питомою розмірною стійкістю характеризується твердий сплав T15K6. Найбільш інтенсивному зносу підлягають сплави BK8 та T30K4 (табл. 1). Це можливо пояснити тим, що сплави мають велику кількість карбідів вольфраму та карбідів титану, які погано переносять ударні навантаження.

Рис. 1. Розрахункова схема для визначення розмірного зносу h_p

Залежність зносу різця по задній поверхні h_3 від шляху різання L при точінні наплавленого шару представлені на рис. 2.

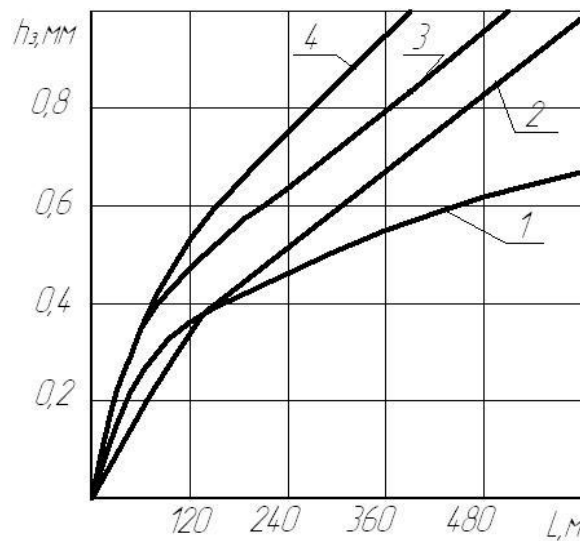


Рис. 2. Залежність зносу різця по задній поверхні h_z від шляху різання L при точінні наплавленого шару ($V = 60$ м/хв.; $S = 0,32$ мм/об.; $t = 1,0$ мм; 1 – Т15К6; 2 – Т5К10; 3 – Т30К4; 4 – ВК8)

Це дозволяє регулювати точність обробки деталей відновлених методом наплавлення поверхні. Найбільший ресурс мають інструменти виготовлені з металокерамічного твердого сплаву Т15К6:

Висновки. Таким чином, запропонована методика дозволяє регулювати точністю обробки деталей з наплавленими поверхнями заміною матеріалів ріжущей частини інструменту.

Література:

1. Колесник К.С. Технологические основы обеспечения качества машин / К.С.Колесников, Г.Ф.Баландин, А.М.Дальский и др. – М.: Машиностроение, 1990. – 256 с.
2. Лоладзе Т.Н. Прочность и износостойкость режущего інструмента /Т.Н.Лоладзе.- М.: Машиностроение, 1982.-320 с.
3. Талантов Н.В. Физические основы процесса резания, изнашивания и разрушения інструмента. / Н.В.Талантов. - М.: Машиностроение, 1992.-240 с.
4. Аваков А.А. Физические основы теорий стойкости режущих інструментов.- М.: Машгиз, 1960.-124 с.
5. Макаров А.Д. Износ и стойкость режущих інструментов /А.Д.Макаров.- М.: Машиностроение, 1978.- 264
6. Юдовинський В.Б. Аналітичний метод визначення стійкості лезового металорізального інструменту/В.Б.Юдовинський, С.В.Кюрчев, О.В.Пенев// Праці Тавр. держ. агротех. академії. - Вип. 8, т. 1. - Мелітополь: ТДАТА. - 2008. – с 153-158.

ВИБОР МАТЕРИАЛА РЕЖУЩЕЙ ЧАСТИ ЛЕЗВИЙНОГО ИНСТРУМЕНТА

Пенёв О.В.

Аннотация - работа посвящена вопросам повышения ресурса режущего инструмента путём выбора материала режущей части.

CHOICE OF THE MATERIAL OF THE CUTTING EDGE PART OF THE CUTTING TOOL

O. Peniov

Summary

The paper considers the performance improving of the cutting edge tool by choosing the material of the cutting part.

УДК 631.894:879.4

ОБГРУНТУВАННЯ МЕХАНІЗОВАНИХ КОМПЛЕКСІВ ДЛЯ ПРИСКОРЕННОГО КОМПОСТУВАННЯ НА БАЗІ РОЗКИДАЧІВ ОРГАНІЧНИХ ДОБРІВ

Павленко С.І., к.т.н.

*Національний університет біоресурсів і природокористування
України*

Тел. (067) 562-89-27

Анотація - технології механізованого компостування органічних відходів тваринництва і рослинництва – важливі процеси покращення стану оточуючого середовища та одержання екологічно чистих органічних добрив в короткі терміни. Тому пошук раціональних технологічних та технічних рішень актуальний для виробників сільськогосподарської продукції та машинобудівників. Виконано аналіз операцій по виробництву органічних добрив за традиційною технологією з одержанням перегною та отримання компостів за прискореним виробничим процесом. Визначено переваги та недоліки. Розглянуті питання технічного забезпечення технології прискореного компостування. Зроблений висновок про необхідність зменшення кількості технічних засобів і розширення технологічних можливостей існуючих машин для доступності технологій прискореного механізованого компостування. Аналіз механічних операцій визначив основні процеси, що повторюються, та технічні засоби, що можуть одночасно їх виконувати. Найбільш перспективними розглядаються технічні засоби на базі розкидачів органічних добрив. Розглянуті основні та допоміжні технологічні операції і технічні характеристики, за якими можливо використання і вдосконалення аналогів пристроїв на базі розкидачів органічних добрив. Запропоновані технічні рішення підтверджені патентами на корисну модель.

Ключові слова - компост, технологія прискореного компостування, розкидач органічних добрив, операції і процеси технологічного циклу.

Постановка проблеми. Сучасні ресурсозберігаючі технології переробки гною і посліду на основі біоферментаційних процесів ви-

значають увагу і зацікавленість вчених і господарників через простоту та фінансову доступність [1]. Отримувані органічні добрива - компости більш високої якості ніж традиційний перегній. Для одержання компосту необхідно ефективне технологічне, технічне фінансове забезпечення, що визначають успіх прийнятих рішень в цілому. Проблеми технічного забезпечення, що існують, змушують господарників працювати за звичними технологіями природного компостування – без переробки. Одна з основних причин – значна кількість найменувань типів машин і обладнання, задіяних в технологічному процесі, і, як слід, затрати праці, паливно-мастильних матеріалів, електроенергії, що суттєво зменшують або нівелюють ефекти від підвищення якості добрив. Серед основних напрямків вдосконалення і впровадження механізованих технологічних процесів компостування виділяються:

- впровадження механізованих процесів виробництва компостів в існуючі технології видалення і утилізації гною на основі раціонального вибору машин і обладнання, модернізації технічних засобів, вдосконаленню операцій;
- системні рішення в виробництві компостів по скороченню кількості машин і обладнання та зменшенню енергоспоживання на основі розробки нових конструкцій.

Як відомо, система машин для механізованого процесу природного компостування зі зберіганням на тимчасових майданчиках [2] відпрацьована роками і забезпечує одержання органічних добрив з наступним механізованим циклом технологічних операцій (Рис. 1).



Рис. 1. Технологічний цикл виробництва органічних добрив на майданчиках тимчасового зберігання

Фактично, вищеназвані технологічні операції визначають організацію робіт та вибір технічних засобів.

При організації зберігання гною за традиційною технологією, сировина укладається суцільно: нова порція вивантажується на вільне місце поряд з попереднім вивантаженням. Формується ділянка тимча-

сового зберігання висотою до 1 м, що займає значну площу. Процеси ферментації відбуваються у психрофільному або у мезофільному температурних режимах на протязі 12...20 місяців. Зміна температури оточуючого середовища, погодних умов: опади, сонце, вітер в різні пори року, недостатнє кисневе забезпечення життєдіяльності мікроорганізмів суттєво впливають на процеси ферментації. За час до готовності отриманої органічної сировини до використання відбуваються процеси зменшення маси ферментованої суміші, збільшуються втрати органічної речовини та хімічних елементів, що входять до складу субстрату. Негативний вплив ділянок складування гною впливає на оточуюче середовище: запахи, забруднення простору та підземних вод.

Для механізації процесів використовують технічні засоби загального призначення: бульдозери, автосамоскиди, тракторні агрегати з причепами, навантажувачі періодичної дії: ковшові, грейферні, перекидні, а також спеціальна техніка: механічні системи видалення і вивантаження гною, навантажувачі безперервної дії, кузовні гноєрозкидачі органічних добрив. При цьому кожна з операцій незалежна в часі і виконується самостійно, не створюючи проблем для виконання наступної.

Прискорене компостування в буртах на майданчиках відкритого і закритого типів включають цикл наступних технологічних операцій (Рис. 2).

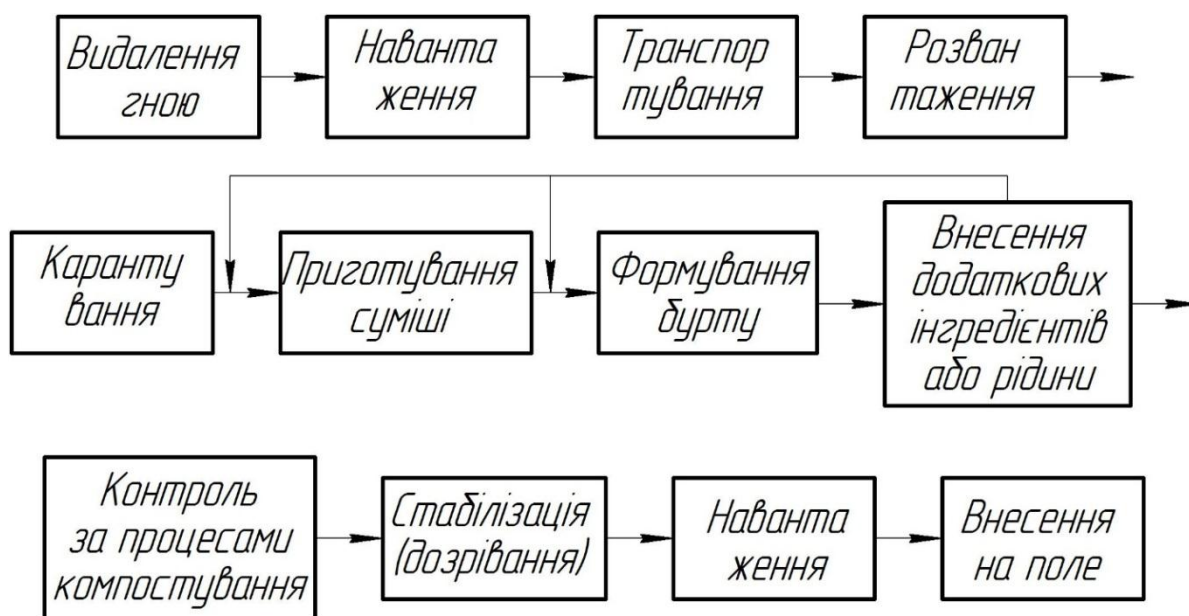


Рис.2. Технологічний цикл прискореного виробництва компостів в буртах на відкритих майданчиках

Фактично, в порівнянні з традиційною технологією одержання перегною додаються технологічні операції по приготуванню суміші,

внесенню додаткових інгредієнтів, формуванню бурту та контролю за процесами компостування.

Приготування суміші. Пістилковий субстрат має неоднорідний механічний та хімічний склад для оптимальних умов життєдіяльності мікроорганізмів. Вирівнювання умов, повинні відповідати наступним показникам: співвідношення кількості вуглецю та азоту – $C : N = 25 \pm 5 : 1$, рН - 6,0...8,0, вологість 60...70 %, відповідну механічну структуру для поглинання кисню, вивільнення газів та вологи забезпечується внесенням в суміш вологопоглинальних матеріалів, рідини (гноєвих стоків, рідких відходів переробних виробництв), недостиглого компосту та інших інгредієнтів, що переміщуються технічними засобами – мобільними або стаціонарними, змішувачами, кормороздавачами, розкидачами органічних добрив, навантажувачами безперервної дії. Внесення інгредієнтів виконується перед приготуванням суміші – «в стійло», на поверхню вигульного майданчика, на бокову поверхню сформованого бурта або безпосередньо в бургт. Вибір способу залежить від прийнятої технології та забезпеченості технічними засобами.

Формування бурту. Ця дія передбачає формування гноєкомпостної суміші у вигляді трапецеїдального або трикутного перетину, висотою не менше 1,0 –го метри та довжиною, яка обмежується виключно організаційними умовами, для забезпечення теплофізичних умов життєдіяльності мікроорганізмів, раціонального поглинання опадів, ефективним керуванням процесами ферментації, зменшення негативного впливу на оточуюче середовище, і, як слідство, зменшення термінів мінералізації. Умовно способи формування буртів можливо розділити на потоковий і поточно-перевалочний.

При поточковому способі бургт формується за допомогою саморозвантажувальних технічних пристроїв та обладнання, що забезпечують транспортування, змішування, подрібнення та вивантаження суміші. До них відносяться причіпні та самохідні засоби, де в кузові розміщені транспортерні або планчасті транспортери, мобільні змішувачі, кормороздавачі, розкидачі органічних добрив. При поточно-перевалочному способі самоскидачами вивантажується суміш, а бурти формуються навантажувачами безперервної та періодичної дії: ковшовими, грейферними, стрічковими та ланцюговими транспортерами.

Контроль за процесами компостування. Цей процес включає операції механічної аерації створених буртів, внесення додаткових інгредієнтів у твердому або рідкому стані, інокулянтів для прискорення процесів ферментації, хімічних матеріалів і сполук, подрібнення, перемішування гноє-компостної суміші та збереження форми бурта. Застосовується аерація в першу чергу для зниження температури бурту в процесі ферментації, створення умов для насичення суміші киснем, звільнення надлишкової вологи, газів, що забезпечують приско-

рену ферментацію. Контроль ефективності процесів виконується вимірюванням температури, що повинна відповідати мезофільному або термофільному процесу та механічним перекиданням – зневітренням суміші.

Дозрівання. Процес закінчення активного підняття температури у бурті і характеризується стабільністю і поступовим затуханням процесів ферментації, що настає через 1,5...2 місяця після 4...6 перелопачувань за допомогою аераторів-змішувачів, аераторів-навантажувачів або інших засобів та обладнання. Технологічна механізована операція – транспортування, формування та складування компосту в борт висотою до 3...4 метрів, та зберігання до терміну внесення на поле.

Крім основних технологічних операцій прискореного компостування необхідно виконувати додаткові або проміжні. Наприклад, підготовка майданчика для складування гноє-компосної суміші. На поверхню майданчика наноситься шар волого-поглинального матеріалу: соломи, відходи деревообробної промисловості, тощо для поглинання надлишкової вологи. Необхідні механізовані операції: навантаження з місця знаходження сировини, транспортування, подрібнення, дозування, розмотування рулонів, подрібнення тюків, розподіл по поверхні майданчика. Аналогічні операції виконуються при внесенні інших твердих інгредієнтів. Суцільне складування гною потребує попереднього формування та укрупнення бортів та проходів між ними. При цьому використовуються бульдозери, перекидні навантажувачі, які в господарствах часто відсутні. Багато механізованих операцій потребують значних переміщень по виконанню робіт, що збільшує: кількість тракторних агрегатів та обладнання, енергозатрати, непродуктивне експлуатаційне навантаження техніки. Тому успішне використання прискореного компостування органічних відходів залежить від технічного складу агрегатів, машин і обладнання, що забезпечують мінімальну їх кількість та економічну доцільність.

Одним із варіантів зменшення кількості технічних засобів являється застосування розкидачів органічних добрив.

Аналіз останніх досліджень. Використання розкидачів органічних добрив охоплює максимум до 1...2 місяців на рік. Розширення функціональних можливостей при виконанні необхідних операцій в тваринництві і рослинництві значно знижує витрати на нову техніку і експлуатацію. Результати наукових досліджень, які наведені в працях [3,4,5], як правило, характеризують основні принципи одержання компостів з використанням розкидачів органічних добрив як технічних засобів. В роботах [6,7] розглядаються і обґрунтовуються технічні рішення локального характеру, щодо забезпечення технологічних характеристик, обґрунтування технічних параметрів засобів для механізованого компостування органічної сировини на базі розкидачів орга-

нічних добрив. Системних рішень щодо використання гноєрозкидачів органічних добрив в технології прискореного компостування органічної сировини не розглядалось.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Метою досліджень є подальший розвиток методології і раціонального використання технічних засобів в механізованих прискорених технологічних процесах твердофазного компостування та обґрунтування використання гноєрозкидачів для внесення органічних добрив в цих процесах.

Основна частина. Аналіз технології компостування сформував наступні механічні процеси, які повторюються при її використанні (рис. 3).



Рис. 3. Механічні процеси при прискореному компостуванні органічних відходів

Технічні засоби по організації механізованого процесу розробляються самостійними об'єктами, що виконують одну операцію, наприклад, змішування або подрібнення. В той же час можливо поєднувати багато операцій в одному пристрої або базовій машині, доповнюючи додатковим обладнанням або розширюючи технологічні можливості існуючого технічного агрегату. Так навантаження може виконуватись тракторним агрегатом з навісним ковшем або маніпулятором, що встановлений на причепі. Зважування, яке необхідне при оптимізації хімічного складу гноє-компосної суміші, реалізується ваговими механізмами безпосередньо на причепі, що зменшує пробіг транспорту від складу до вагової.

Операції змішування і подрібнення сировини при підготовці до компостування можуть бути поєднані і виконуватись роторними робочими органами, що розповсюджені серед аналогічних пристроїв, використовуваних в сільськогосподарському машинобудуванні. Дозування, необхідне при формуванні і укріпленню бурту суміші забезпечується зміною швидкості напрямку вороху матеріалу, що переміщується ланцюговим транспортером до осі [8,9].

Використання кормороздавачів, роздавачів-змішувачів на операціях дозування та внесення твердих компонентів гноєвих сумішей, фактично, одноразова дія в механізованому процесі. Суміщення з іншими операціями, механізованого компостування недоречно через

невідповідність санітарно-ветеринарним нормам засобу по прямому призначенню, а також невідповідності конструктивних і режимних параметрів робочих органів кормороздавачів реологічним та фізико-механічним властивостям гноєкомпостних сумішей. Аналогами технічних засобів, що більше пристосовані до управління сировиною с гноєм та його наповнювачами слугують розкидачі органічних добрив.

Найбільш відомими розробниками і виробниками розкидачів твердих органічних добрив на території колишнього СРСР був і зостається ВАТ «Бобруйськагромаш» (Республіка Білорусь) [8,9].

Таблиця 1 – Технічна характеристика машин для внесення твердих органічних добрив

Марка розкидача	Країна виробник	Вантажопід'ємність	Ширина внесення добрив	Дози внесення	Трактор
		т	м	т/га	кл
РПТ-7А	Бобруйск агрош (Білорусь)	7,3	5...8	10...60	1,4
МТУ-13		13	4...8	10...60	3,0
МТУ-18		18	8...12	10...60	5,0
МТУ-20		20	8...12	10...60	5,0
МТУ-24		24	8...12	10...60	5,0
МТТ-9		9,5	5...8	10...60	2,0, 3,0
МТУ-15		15	8...12	10...60	5,0
МТУ-18		18	8...12	10...60	5,0
ПРТ-7А		7,3	4...6	10...60	1,4
ПРТ-10		10	5...8	18,1...71,3	3,0
МТТ-Ф-13		14	6...8	20...60	3,0
ПРТ-16		15	5,5...8,0	22,5...62,3	5,0
МТТ-Ф-19		20	6...8	20...60	5,0
РТД-5	Ковельсельмаш (Україна)	5	6...9	15,30,45	1,4
РТД-7		7	6...9	15,30,45	2,0, 3,0
РТД-9		9	6...9	15,30,45	2,0, 3,0
РТД-14		14	6...9	15,30,45	3,0
РОУ-6		6	4...6	13,9...71,3	1,4

Технічна характеристика моделей, що випускалась і на сьогодні виробляється наведені в табл. 1. В Україні розкидачі органічних добрив розроблялись і виготовлялись на підприємствах «Ковельсельмаш» в Білій Церкві, Оріхові (Запорізька область) (табл. 1) та інших містах. Конструкція робочих органів складається з подавального ланцюгово-планчатого транспортера з планками різного профілю та розподільчо-

го пристрою. Практично в 80 % моделях розкидачів застосовують роторно-лопатеві та барабанно-шнекові розподільчі органи з горизонтальною та вертикальною віссю обертання [8,9]. Вибір типу розподільчого робочого органу переважно визначається вантажепід'ємністю розкидача: до 10...12 т використовують, двоярусно встановлені барабанно-шнекові робочі органи з горизонтальною віссю, а з більшою вантажепід'ємністю – двух або чотирьохвальні роторні-шнекові з вертикальною віссю.

Підприємства-розробники за призначенням позиціонують засоби як «машини для внесення органічних добрив та транспортування різних сільськогосподарських вантажів». З літературних джерел відомо, що з допомогою розкидачів крім транспортування та розвантаження попередньо завантажених вантажів зовнішніми технічними засобами: ковшовими, грейферними навантажувачами, можливо формувати бурти висотою до 2,5 м і шириною 4-7 м [6,7].

Аналіз операцій механізованого компостування дозволив розглядати слідуючі робочі гіпотези по використанню розкидачів органічних добрив:

- повний цикл технологічних операцій (рис. 3);
- переміщення сировини та формування бурту за необхідною висотою і шириною, транспортування і дозоване внесення твердих інгредієнтів в борт;
- проведення механічної аерації, що проводиться при контролі за температурним режимом та механічним і водно-газовим складом субстрату (перелопачування) зі збереженням функції формування бурта;
- транспортування та формування бурту висотою 3-4 м для забезпечення стабілізації (дозрівання) компосту.

Технічні рішення для реалізації технологічних схем [10-14] дозволяють комплектувати засоби механізації на базі розкидача органічних добрив необхідними пристроями.

Повний цикл технологічних операцій по механізованому компостуванню можливо використовувати на невеликих об'єктах, фермах, де накопичуються органічні відходи тваринництва і рослинництва. В цьому випадку реалізуються технологічні агрегати, що складаються, для прикладу, (рис. 4) трактор МТЗ-80 з навісним ковшом та модернізований розкидачем органічних добрив. Операції самозавантаження додатковими інгредієнтами, завантаження причепа розкидача при перелопачуванні (механічній аерації) формуванні бурта готової продукції, завантаження при внесенні компостів виконується ковшовим навантажувачем або маніпулятором з грейфером, що змонтовано на шасі

причепу. Технічні вдосконалення в конструкції розкидача забезпечують виконання основних механічних операцій: транспортування, подрібнення, формування бурту, змішування механічну аерацію. Варіанти використання модернізованих розкидачів приведені в табл. 2.

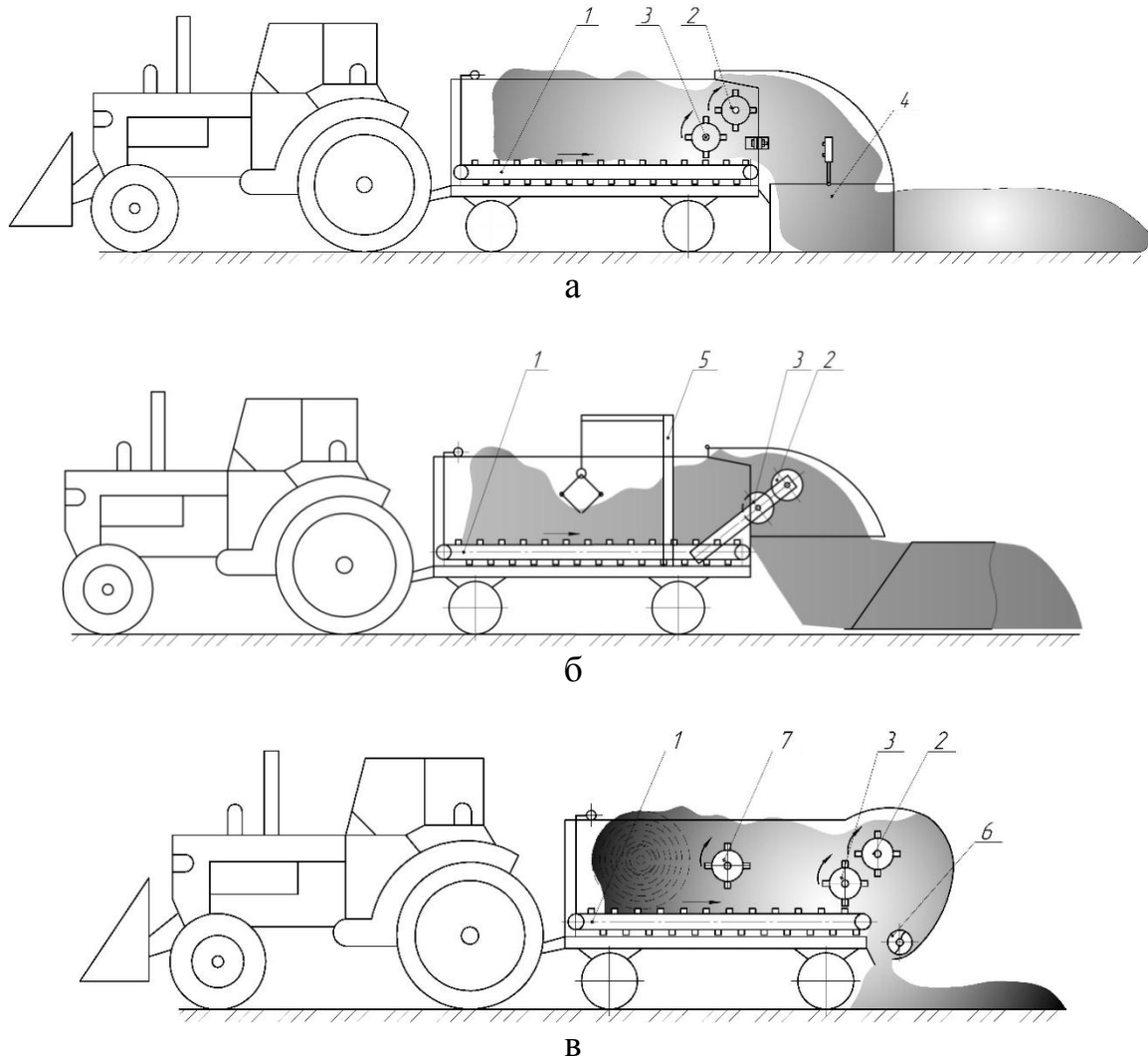


Рис. 4. Схеми тракторних агрегатів на базі трактора МТЗ-80 та модернізованого розкидача органічних добрив, що виконують технологічні операції:

- а) самозавантаження, подрібнення сировини бітерами 2,3 та укладання бурту або штабелю за допомогою обмежувальних щитків 4;
- б) накопичування, зважування, самозавантаження, подрібнення, формування бурту фрезерними барабанами 2,3;
- в) самозавантаження рулону, соломи, подрібнення рулону соломи додатковим бітером 7 – подрібнення рулону або соломи роторними барабанами 2,3 – нанесення подрібненої соломи на поверхню майданчика по ходу руху агрегату або шнеком 6 на сторону.

Таблиця 2 – Перелік технологічних операцій розкидача органічних добрив, необхідних в механізації компостування

№	Перелік операцій	Спосіб технічної реалізації
1.	Внесення органічних добрив (транспортування, дозування, розвантаження)	Стандартна комплектація заводу-виготовлювача
2.	Транспортування підстилкового гною або посліду до майданчиків компостування	Стандартна комплектація заводу-виготовлювача зі знятими роторами-розкидачами
3.	Вагове дозування при підготовці суміші	Використання технічного пристрою – тензоланки
4.	Самозавантаження	Установка поворотного маніпулятора з грейферним захватом
5.	Дозоване вивантаження, змішування та механічна аерація	Удосконалення конструктивно-кінематичних параметрів робочих органів
6.	Подрібнення сировини, що компостується	Підвищення ефективності роботи робочих органів їх конструктивно-режимних параметрів на сировині з різними фізико-механічними властивостями
7.	Подрібнення тюків і рулонів вологопоглинальних матеріалів	Стандартна комплектація або, при необхідності установка додаткових бітерів, зменшення подачі
8.	Внесення підстилкових матеріалів на майданчиках і приміщеннях з вивантаженням по ходу руху агрегату або на сторону	Установка додаткових робочих органів
9.	Формування штабелю	Використання пристроїв, обмежувачів розлітання сировини при стандартній комплектації
10.	Формування бурту	Зміна конструкції роторного робочого органу або стандартна комплектація з допоміжними пристроями
11.	Накопичення гною та інших інгредієнтів для створення багатокомпонентних сумішей їх транспортування та вивантаження	Стандартна комплектація або модернізовані варіанти під умови замовника
12.	Внесення додаткових твердих інгредієнтів в бурти, формування та укрупнення буртів	Установка додаткового шнекового робочого органу (аналогу вивантажувального шнеку зернозбирального комбайну)

Недоліки і переваги виконання механічних процесів, аналіз організаційних заходів по машиновикористанню, показують необхідність подальшого вдосконалення конструкції технічних засобів на базі розкидачів органічних добрив. Повна реалізація технічних рішень направлена на створення універсального засобу для механізації переробки органічних відходів тваринництва і рослинництва та одержання компостів. Для машинобудівників – додаткові можливості для машин і обладнання.

Транспортування. Недолік в використанні транспортних агрегатів на базі розкидачів органічних добрив – більший час на розвантаження в порівнянні з самосвальними системами. Розрахунки показують, що при нормі внесення 50 т/га час розвантаження складає до 3-х хвилин, а при нормі внесення 10 т/га – до 16 хвилин.

Як відомо, продуктивність транспортного агрегату

$$Q_{mp.a} = \frac{M}{T}, \quad (1)$$

де M – маса вантажу; T – час циклу.

Час циклу включає: час на розвантаження, час руху (туди і обратно), час розвантаження.

$$T = t_e + \frac{2L}{V} + t_p. \quad (2)$$

Збільшення часу на розвантаження в порівнянні з самозвальними засобами та загальній продуктивності транспортного агрегату приведе до зменшення на 5...10%, що незначно в порівнянні з необхідністю підготовки сировини для послідуочого обробітку. Надійність систем транспортування гною або посліду розкидачами органічних добрив вища ніж тракторними причепами із-за використання конструкцій з більшою міцністю.

Подрібнення. Необхідно при підготовці сировини до компостування. Подрібнюються грудки, пласти субстрату, солома, гілки, стружка та інша сировина, що складає суміш. Механічна операція направлена на створення доступу кисню та вивільненню вологи і газів для життєдіяльності мікроорганізмів. Згідно технологічним вимогам розмір часток повинен мати довжину 50-60 мм. При додаванні вологопоглинальних матеріалів – соломи, сухого бадилля, гілок, кори дерев, вимоги до подрібнюючих властивостей збільшуються. В зв'язку з необхідністю проведення механічної аерації за декількох обробіток – перелопачувань, досягати результату по фракційності сировини теж можливо в декілька разів. В цілому, цільова функція по подрібненню в загальному вигляді залежить від наступних параметрів

$$\bar{Y} = f(\omega, R, v_n, n, l_{kp}), \quad (3)$$

де ω – кутова швидкість; R – радіус робочого органу; v_n – швид-

кість подачі; $e_{кр}$ – ширина робочої кромки; n – кількість робочих кромок в перетині; N – підведена потужності.

Особливо питання подрібнення соломи виникає при обробітку рулонів або тюків при підготовці майданчику для компостування.

Змішування. Змішування сировини відбувається під дією шнекового-фрезерного робочого органу, одночасно з подрібнення. Змішування відбувається гравітаційним розділенням часток при завантаженні, механічною взаємодією з робочими органу шнеку і гравітаційною сегregaцією часток.

Формування бурту. Забезпечується додатковими обмежувальними площинами або активними бітерами, що мають внутрішню навивку стрічки та бітерах направлену до осі симетрії причепа до центру.

Проведена практична перевірка [15,16] підтвердила ефективність вибору напрямку подальшого вдосконалення конструкції а також необхідність розробки рекомендацій.

Висновки. Встановлено, що механізована технологія компостування органічних відходів тваринництва і рослинництва можлива на основі розширення технологічних можливостей розкидачів органічних добрив або їх аналогів. Рекомендовані технічні рішення дозволяють використовувати агрегати в повному циклі одержання компостів: від транспортування до внесення сумішей на поле або на окремих операціях з метою економічної доцільності.

Література:

1. *Шевченко І.А.* Проблеми і рішення утилізації органічних відходів тваринництва в Україні / *І.А. Шевченко С.І. Павленко, О.О. Ляшенко* // Збірник наукових праць УкрНДІПВТ ім. Л.Погорілого «Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України». - Дослідницьке. - Вип. 15 (29). - 2011. - с.448-456.

2. *Павленко С.І.* Обґрунтування технологічної схеми процесу компостування органічних відходів на відкритих майданчиках. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства. – випуск №157 «Технічні системи і технології тваринництва». – Харків. – 2015. – с. 197-201.

3. *Новиков М.Н., Хохлов В.И., Рябков В.В.* Птичий помет - ценное органическое удобрение. – М.: Росагропромиздат, 1989. – 80 с.

4. *Бондаренко Д.М.* Обоснование и разработка процессов производства и использования концентрированных органических удобрений: автореф. дис... докт. техн. наук: 05.20.01. – Зерноград, 2001. – 40 с.

5. *Петренко И.М.* Процессы компостирования отходов животноводства и растениеводства. Монография. – Краснодар: КГАУ, 2002. – 328 с.

6. *Бондаренко А.М.* Технические средства для подготовки и использования органических удобрений / *А.М. Бондаренко* // Весник РАСХН, 1999, №2. – с. 77–79.

7. *Сневак Н.В.* Совершенствование технологии производства компостов с разработкой и обоснованием параметров устройства для измельчения твердых органических удобрений: автореф. дис... канд. техн. наук: 05.20.01. – Саратов, 2005 – 20 с.

8. Машины для внесения твердых органических удобрений [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://bobruiskagromach.com/ru/catalog/topmachines-for-solid-organic>

9. Машины для внесения твердых органических удобрений [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.kovelselmash.com>

10. Пат. № 101237U Україна, МПК А01С 3/02, А01С 3/06. Пристрій для подрібнення твердих органічних добрив і формування бурта / *Павленко С.І., Пугач А.М.* - № 201503662; заявл. 17.04.2015; опубл. 28.08.2015, Бюл. № 16.

11. Пат. № 101238U Україна, МПК А01С 3/02, А01С 3/06. Пристрій для подрібнення твердих органічних добрив і формування бурта / *Павленко С.І., Пугач А.М.* - № 201503663; заявл. 17.04.2015; опубл. 25.08.2015, Бюл. № 16.

12. Пат. № 101239U Україна, МПК А01С 3/00, А01F 12/00, С05F 3/06. Пристрій для подрібнення твердих органічних добрив і формування бурта / *Павленко С.І., Пугач А.М.* - № 201503664; заявл. 17.04.2015; опубл. 25.08.2015, Бюл. № 16.

13. Пат. № 101240U Україна, МПК А01С 3/00, С05F 3/06. Пристрій для подрібнення твердих органічних добрив з боковим формуванням бурта/ *Павленко С.І. Пугач А.М.* . - № 201503665; заявл. 17.04.2015; опубл. 25.08.2015, Бюл. № 16.

14. Пат. № 101651U Україна, МПК А01С 3/02, С05F 3/06. Пристрій для подрібнення твердих органічних добрив і формування бурта / *Павленко С.І., Пугач А.М.* - № 201502780; заявл. 27.03.2015; опубл. 25.09.2015, Бюл. № 18.

15. *Павленко С.І.* Прискоренне компостування підстилкової

суміші курячого посліду та лушпиння насіння соняшнику / *С.І. Павленко* // Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету. – 2016. – №2. – С.62-65.

16. *Павленко С.И.* применение навозоразбрасывателей в механизации компостирования. Техническое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве: сборник научных статей Международной научно-практической конференции. Минск, 8-9 июня 2016 г. – Минск: БГАТУ, 2016. – с. 451 – 455

ОБОСНОВАНИЕ СРЕДСТВ ВНЕСЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ В МЕХАНИЗАЦИИ УСКОРЕННОГО КОМПСТИРОВАНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО СЫРЬЯ

Павленко С.И.

Аннотация – технологии механизированного компостирования органических отходов животноводства и растениеводства - важные процессы улучшения состояния окружающей среды и получения экологически чистых органических удобрений в короткие сроки. Поэтому поиск рациональных технологических и технических решений актуален для производителей сельскохозяйственной продукции и машиностроителей. Выполнен анализ операций по производству органических удобрений по традиционной технологии с получением перегноя и получения компостов по ускоренному производственным процессом. Определены преимущества и недостатки. Рассмотрены вопросы технического обеспечения технологии ускоренного компостирования. Сделан вывод о необходимости уменьшения количества технических средств и расширение технологических возможностей существующих машин для доступности технологий ускоренного механизированного компостирования. Анализ механических операций определил основные процессы повторяющиеся и технические средства, которые могут одновременно их выполнять. Наиболее перспективными рассматриваются технические средства на базе разбрасывателей органических удобрений. Рассмотрены основные и вспомогательные технологические операции и технические характеристики, по которым возможно использование и совершенствование аналогов устройств на базе разбрасывателей органических удобрений. Предложенные технические решения, подтвержденные патентами на полезную модель.

JUSTIFICATION MEANS OF MAKING ORGANIC FERTILIZERS MECHANIZATION ACCELERATED COMPOSTING OF ORGANIC MATERIAL

S. Pavlenko

Summary

Technology mechanized composting animal manure and crop - important processes improve the environment and obtaining environmentally friendly organic fertilizers in the short term. Therefore, finding sustainable technological and technical solutions relevant to agricultural producers and machine builders. Analysis of operations for the production of organic fertilizers for conventional technology to form humus and compost for obtaining rapid manufacturing process. Advantages and disadvantages. The questions of logistics technology accelerated composting. The conclusion about the need to reduce the number of facilities and expansion of technological capabilities of existing machines for accessibility technologies accelerated mechanized composting. Analysis of mechanical operations determine the basic processes of repeated and hardware that can simultaneously perform them. The most promising are considered hardware-based spreaders of organic fertilizers. The basic and secondary production operations and technical characteristics, which may improve the use and unique devices based on the spreaders of organic fertilizers. The proposed technical solutions validated patents for utility model.

УДК 62-79: 633.854.78

РЕЗУЛЬТАТИ ВПРОВАДЖЕННЯ ПНЕВМОГРАВІТАЦІЙНОГО СЕПАРАТОРА НАСІННЯ СОНЯШНИКА

Колодій О.С., к.т.н.,

Кюрчев С.В., к.т.н.,

Кюрчева Л.М., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 42-13-58

Анотація – робота присвячена досліджуванню впровадження розробленого пневмогравітаційного сепаратора насіння соняшника. Представлені результати дослідження на базі фермерського господарства Приазовського району.

Ключові слова – сепарація, аспіраційний канал, пневмогравітаційний сепаратор, насіння соняшника.

Постановка проблеми. Соняшник являє собою основною олійною культурою в Україні. Україна продовжуємо нарощувати виробництво, переробку та експорт продуктів його переробки. 2015-2016 роки завершилися рекордами, що дало змогу експортувати з України 4,5 млн тонн соняшникової олії у більш ніж 100 країн світу [1].

Висока рентабельність в порівнянні з іншими олійними та зерновими культурами спонукає українських аграріїв на збільшення посівних площ під соняшник практично на 20%. Саме цей факт разом зі сприятливими погодними умовами дозволили в сезоні 2016 зібрати рекордний урожай. Міністерство агрополітики і продовольства України констатує урожай на рівні 13,3 млн тонн. У той же час, українські аналітичні агентства оцінюють реальний урожай соняшнику від 13,5 до 14,2 млн тонн, оскільки вважають, що аграрії нерідко занижують звітність і по площах сівби, і по валовому збору, і по врожайності. Прогноз USDA по виробництву соняшника в Україні у листопаді знаходиться на рівні 13,5 млн тонн [2].

Все це показує, що збільшення врожайності соняшника є однією з актуальною задачею агропромислового комплексу України.

Одним із засобів збільшення врожайності соняшника це використання при сівбі найбільш важких, біологічно цінних насінин. Проведені дослідження показали, що використання при сівбі питомо-важких насінин збільшує врожайність на 3-5ц/га [3].

Аналіз останніх досліджень. Удосконаленням способів та засобів сепарації насіння сільськогосподарських культур займалися багато вчених. Дослідженнями сепарації сипучих матеріалів за різницею аеродинамічних властивостей їх компонентів займалися: у природному повітряному потоці В.П. Горячкін, у сформованому вертикальному повітряному потоці, М.Н. Летошнєв, В.В. Гортинський, М.Г. Гладков, М.С. Кулагін, В.В. Котов та інші; у горизонтальному та нахиленому повітряних каналах С.А. Алферов, М.Н. Летошнєв, М.Г. Гладков, А.І. Бурков, О.М. Васильковський, П.М. Заїка, О. І. Завгородній, Ю.О. Манчинський, М.В. Бакум, І.П. Безручкін, В.П. Єрмак та інші [4,8].

Та на нашу думку сепарації в вертикальному повітряному потоці було приділено недостатньо увазі.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Метою даної роботи є представлення результатів впровадження запропонованого пневмогравітаційного сепаратора насіння соняшника.

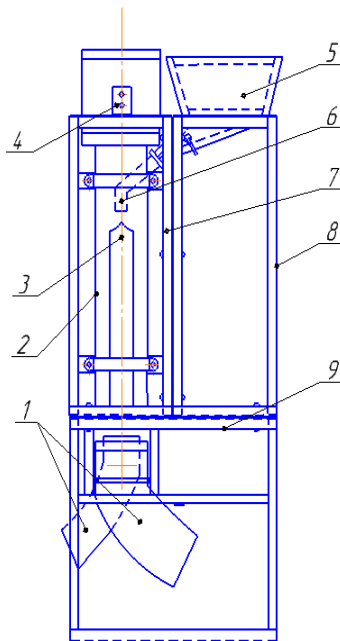


Рис.1. Схема пневмогравітаційного сепаратора насіння:

- 1 – два розподільника; 2 – аспіраційний канал; 3 – подільник;
- 4 – вентилятор; 5 – бункер; 6 – патрубок постачання;
- 7 – ліва частина рами; 8 – верхня частина рами;
- 9 – нижня частина рами

Основна частина. Нами був розроблений пневмогравітаційний сепаратор насіння соняшника, та впроваджений на базі фермерського

господарства Приазовського району. Даний сепаратор представлений на рис. 1.

Нами були проведені дослідження фізико-механічних властивостей насіння соняшника, що використовуються на господарстві.

Фізико-механічні властивості насіння соняшника є: лінійні розміри та геометрична форма, аеродинамічні, абсолютна маса, щільність, та інші властивості. Ці властивості дуже важливі при вирішенні багатьох задач післязбиральної обробки, зберігання та переробки насіння.

При зберігання насіння насипом в великій масі вони набувають нових властивостей, які істотно відрізняються від властивостей одичних насінин. До цих властивостей відносяться об'ємна маса, насипна щільність та ін. Від розмірів насіння та їх форми залежать тип сховища, параметри робочих органів машин, та способи зберігання і переробки насіння. У соняшнику дрібне насіння мають велику лузжистість, більш високе кислотне число, вміст олії в них нижчий в порівнянні з великими. Доцільність роздільного зберігання та переробки великого і дрібного насіння соняшнику за різними технологіями обумовлюється тим, що оболонка дрібного насіння руйнується і відокремлюється важче, тому дрібне насіння переробляють за більш спрощеною технологією. Сепарацію насіння соняшнику проводять різними способами. [4,5].

Результати дослідження насіння до сепарації пневмогравітаційним сепаратором представлені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Характеристика насіння соняшника до сепарації пневмогравітаційним сепаратором

Найменування	Маса 1000шт., г	Насипна щільність, г/л	Питома маса, г/см ³	Еквівалентний діаметр, мм
Одеський 122	61,66	404	0,728	5,45
Харьковський 49	67,00	410	0,748	5,55
Запорізький 9	58,46	421	0,745	5,31
Запорізький 10	52,28	430,9	0,738	5,13
Запорізький 12	57,62	426,9	0,741	5,30
Запорізький 14	62,73	419,5	0,735	5,46
Запорізький 16	56,15	436,9	0,753	5,22
Запорізький 18	43,87	462,8	0,779	4,76

В результаті сепарації вдається відбирати із загальної маси для посіву найбільш якісне насіння з насипною щільністю до 462,8 г/дм³.

Як показали дослідження [4], насіння з кращими посівними властивостями містять більше елементів живлення (азоту на 0,21%, фосфору на 0,25%). Енергія проростання, лабораторна схожість, сила росту і польова схожість важкого насіння у порівнянні з легкими зростають відповідно на 4,7%, 5%, 13-14%. Насіння з більшою силою зростання мають масу 43,87-67,00 г, що на 10-25г більше, ніж у рослин з меншою силою зростання. Це свідчить про те, що вже на початкових етапах розвитку проростка, коли потужність його визначалася тільки наявністю поживних речовин в насінні, відзначається невідповідність між його масою і масою проростка.

В таблиці 2 представлені вимоги до посівного матеріалу соняшника першого покоління [3,4].

Таблиця 2 – Вимоги до посівного матеріалу соняшника першого покоління

Показник	Якість сорту	
	I клас	II клас
Чистота насіння, %	99	98
Насіння інших рослин на 1кг, шт	7	20
Енергія проростання, %	90	85
Схожість, %	95	90
Вологість насіння, % (не більше)	8	10
Вологість насіння страхового фонду, %	7	7
Маса насіння 1000 шт, г	90-110	80-100

Дослідження насіння соняшника проводилися в ТОВ «Зоря» Приазовського району Запорізької області. В таблиці 1.3 представлені результати дослідження.

Таблиця 3 – Характеристика насіння соняшника після сепарації пневмогравітаційним сепаратором

Найменування	Маса 1000шт., г	Насипна щільність, г/л	Питома маса, г/см ³	Еквівалентний діаметр, мм
Одеський 122	65,60	420	0,745	5,75
Харьковський 49	72,00	430	0,752	5,70
Запорізький 9	59,70	430	0,755	5,65
Запорізький 10	54,20	435	0,743	5,45

Продовження таблиці 3 – Характеристика насіння соняшника після сепарації пневмогравітаційним сепаратором

Найменування	Маса 1000шт., г	Насипна щільність, г/л	Питома маса, г/см ³	Еквівалентний діаметр, мм
Запорізький 12	59,60	430	0,745	5,35
Запорізький 14	61,70	425	0,745	5,60
Запорізький 16	58,10	445	0,760	5,70
Запорізький 18	45,10	470	0,790	5,10

Як видно з таблиці 3, характеристики насіння після сепарації пневмогравітаційним сепаратором значно кращі, що говорить про гарну якість сепарації.

Після використання відсепарованого насіння запропонованим пневмогравітаційним сепаратором врожайність збільшилось на 5-10% у порівнянні з несепарованим насінням.

Висновки. Посівний матеріал соняшника, що використовуються на фермерських господарствах, мають недостатньо високі посівні якості. Сепарація запропонованим пневмогравітаційним сепаратором значно покращує посівний матеріал, тим самим збільшуючи врожайність соняшника.

Література:

1. Соняшник 2016 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://phoenix-agro.com.ua>.
2. Привабливість олійних культур [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.agro-business.com.ua>.
3. Єрмак В.П. Шляхи збільшення ефективності сепарування насінин у горизонтальному повітряному потоці / В.П. Єрмак // Збірник наукових праць ЛНАУ. Серія: Технічні науки. Вип. 42 (54). - Луганськ: ЛНАУ, 2004. - С.66-72.
4. Основные виды масличного сырья [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.znaytovar.ru>
5. Очистка и калибровка семян подсолнечника [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://fermerland.com>
6. Кюрчев С.В. Аналіз методів збільшення врожайності сільськогосподарських культур та вимоги до сепаруємого матеріалу / С.В. Кюрчев, О.С. Колодій // Праці ВНАУ: зб. наук. пр. – Вінниця, 2012. – Вип. 11(66). – С. 311-322.
7. Пат. 86300 Україна, МПК В07В 1/28. Аеродинамічний сепаратор для насіння / С.В. Кюрчев, О.С. Колодій (Україна). - №u201307937; заявл. 21.06.2013; опубл. 25.12.2013, Бюл.№24

8. Колодій О.С., Кюрчев С.В. Методики исследования параметров сепаратора семян предложенного типа / С.В.Кюрчев, О.С. Колодій // Motrol "Motorization and energetics in agriculture", Lublin-Rzeszow, 2013 Vol.15, No2. p. 205-213

РЕЗУЛЬТАТЫ ВНЕДРЕНИЯ ПНЕВМОГРАВИТАЦИЙНОГО СЕПАРАТОРА СЕМЕНА ПОДСОЛНЕЧНИКА

Колодий А.С., Кюрчев С.В., Кюрчева Л.М.

Аннотация - работа посвящена научным исследованиям внедрения разработанного пневмогравитационного сепаратора семян подсолнечника. Представлены результаты исследования на базе фермерского хозяйства Приазовского района.

RESULTS OF PNEVMOHRAVITATSIYNOHO SUNFLOWER SEEDS SEPARATOR

O. Kolodiy, S. Kyurchev, L. Kyurcheva

Summary

Is devoted to investigating the implementation of the developed pnevmohravitatsiynoho separator sunflower seeds. The results of the study on the basis of farm Azov district.

УДК 664.724

ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕВАТОРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Верхоланцева В.А., к.т.н.,

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 42-04-42

Аннотация – работа посвящена изучению особенностей хранения зерна в различных типах элеваторов, а так же описано хранения зерновой массы в них. Представлены преимущества хранения зерна на элеваторах.

Ключевые слова – элеватор, емкость, зерновая масса, фермерские хозяйства, хранения зерна, хозяйство, урожай.

Постановка проблемы. Современные элеваторы в основном выполнены из железобетона. Вместимость таких хранилищ равна 10...20 тыс. т зерна и более, что не соответствует потребности в хранении урожая мелкотоварных фермерских хозяйств, сельскохозяйственных кооперативов и товариществ. Причина заключается как в небольших объемах урожая сельских хозяйств зернового направления, так и разных сортах зерновых культур. Поэтому за последнее время возникла потребность в строительстве элеваторов небольшой вместимости (1000...2000 т зерна)[1].

Анализ последних исследований. На сегодняшний день агропромышленный комплекс Украины, в виду морального и физического износа, старого элеваторного оборудования, очень остро нуждается в современном оборудовании для сушения и хранения зерна. Элеваторное оборудование, позволяющее решить проблемы, связанные с очисткой, сушением, хранением и транспортировкой зерна. Элеваторный рынок сегодня переживает очень интересное и, можно сказать, творческое время — время поиска нестандартных решений. К этому стимулирует сложившаяся ситуация. С одной стороны в Украине из-за растущего производства зерна существует дефицит элеваторных мощностей, а с другой — между имеющимися зернохранилищами растет конкуренция. В таких условиях побеждает тот, кто использует все шансы улучшить свою экономику.

Важным условием улучшения обеспечения населения Украины продовольственными товарами является развитие технической базы хранения и переработки сельскохозяйственной продукции[2].

Формулирование целей статьи (постановка задания). Проанализировать виды элеваторных зернохранилищ, отметить их преимущества и недостатки между собой.

Основная часть. Надежное и длительное хранение миллионов тонн зерна - дело затратное и трудоемкое. Выращенный урожай в силу биологической природы зерновых культур во избежание порчи и потерь необходимо убрать в сжатые сроки и в зависимости от состояния зерна и семян требуется высокими темпами провести их послеуборочную обработку[3,4].

Зерновая масса - это живая система, находящаяся в «подвижном состоянии, поэтому при ее обработке необходимо соблюдать специальные режимы обработки. При хранении - вести непрерывное наблюдение. Особое внимание следует уделять предупреждению повреждения зерна. Нарушения оболочек, зародыша, появление трещин, царапин, раскол зерна сильно сказываются на его качестве. Зерно, в нем происходят биохимические изменения, оно может греться, что ухудшает его потребительские свойства. В результате действия микроорганизмов и вредителей хлебных запасов зерно может стать даже токсичным и будет непригодным на продовольственные или кормовые цели. При неправильном хранении уменьшается и масса зерна.

Элеватор предназначен для приема зерна с автомобильного, железнодорожного и водного транспорта, взвешивания, очистки и сушки зерна, хранения его в силосах, а также отгрузки на тот или иной вид транспорта, либо сразу на перерабатывающие предприятия[5].

В зависимости от назначения элеваторы подразделяют на: фермерские элеваторы и коммерческие элеваторы, которые включают:

- базисные элеваторы;
- производственные элеваторы;
- линейные элеваторы;
- портовые зернохранилища;
- фондовые элеваторы.

Элеваторы производятся из высококачественного металла с высоким содержанием цинка (380-430 г/м²) и имеют более десяти лет гарантии на отсутствие коррозии. Оборудование, входящее в состав элеватора — исключительно индустриального качества с запасом прочности и защитой всех трущихся элементов от протирания сменными, легко заменяемыми, вставками. Все технологические процессы, происходящие на элеваторе, управляются компьютеризированным центральным электропультом, практически исключая ошибки персонала, (элеватор) приводящие к сбоям в работе оборудования.

У фермерских элеваторов (рис.1) общая емкость должна обеспечивать хранение урожая одного года, произведенного на собственных землях.

Элеватор имеет вместимость до 8 тысяч тонн, количество емкостей — 3-6 штук. Рекомендуются емкости вместимостью 500, 1000, 1500 тонн



Рис.1. Фермерский элеватор

В основном коммерческие элеваторы (рис.2) располагаются в центре сельскохозяйственного предприятия на пересечении автомобильных дорог. Его задачи — приемка зерна с автомобильного транспорта во время уборки, сортировка, взвешивание, очистка, сушка, хранение и отгрузка в большегрузные автомобили.



Рис.2. Коммерческий элеватор

В случае, когда коммерческий элеватор располагается рядом с железнодорожной веткой, предусматривается отгрузка в ж/д вагоны. На коммерческих элеваторах обрабатывают различные виды и классы

зерновых культур; в связи с этим хранение осуществляется в силосах различной емкости. Общая вместимость элеватора — 8-16 тысяч тонн[1,3].

Существуют еще линейные элеваторы (рис.3), которые располагаются на стыке железнодорожных и автомобильных дорог. Его задачи — прием зерна с железнодорожного и автомобильного транспорта, классификация, взвешивание, очистка, сушка, хранение и отгрузка в железнодорожные вагоны для транспортировки зерна на производственные и портовые элеваторы.



Рис.3. Линейный элеватор

На линейных элеваторах обрабатывают различные виды и классы зерновых культур; поэтому хранение осуществляется в силосах различной емкости. Общая вместимость элеватора — 30-50 тысяч тонн. Рекомендуемая вместимость одной емкости — от 3 до 10 тысяч тонн. Количество емкостей — 8-10 штук.

Если рассмотреть портовой элеватор (рис.4), то он имеет оборудование для разгрузки (погрузки) судов, кратковременного хранения, приемки зерна с железнодорожного и автомобильного транспорта и отгрузки в ж/д вагоны. Портовой элеватор располагается на стыке железнодорожных и водных путей. Предназначен для приемки зерна, его классификации, взвешивания, хранения и отгрузки в суда. В последнее время в портовых элеваторах стали устанавливать линии очистки и сушки зерна для доведения зерна до экспортных стандартов [4,5].

На портовых элеваторах обрабатывают крупные партии различных видов зерновых культур. Общая вместимость элеватор — 50-150 тысяч тонн.



Рис.4. Портовой элеватор

Примельничный элеватор (рис.5) специализируется на обработке продовольственной пшеницы и ржи для последующей переработки на мельнице. Поэтому такие элеваторы имеют устройства для приема зерновых культур с автомобильного и железнодорожного транспорта



Рис.5. Примельничный элеватор

Кроме того, эти элеваторы имеют оборудование для хранения и сортировки, сушки зерна и формирования помольной партии. Вместимость элеватора определяется с учетом производительности мельницы и создания запаса для обеспечения бесперебойной работы предприятия в течение 3 месяцев — от 5 до 15 тысяч тонн.

Элеватор для комбикормовых заводов (рис.6) специализируется на хранении и обработке зернового сырья для производства комбикорма.[2]



Рис.6 Элеватор для комбикормовых заводов

Эти элеваторы имеют устройства для приема зерновых культур с (элеватор) автомобильного и железнодорожного транспорта, очистки, сушки и хранения вместимостью 7-40 тысяч тонн

Элеваторы, в отличие от зерноскладов, занимая значительно меньшие площади, имеют вертикальные емкости для зерна в виде силосных корпусов, похожих в плане на пчелиные соты. Элеваторы оснащены полным комплексом оборудования и других объектов, необходимых для выполнения приемки, обработки (очистки, сушки, обеззараживания), учета, хранения и отпуска (отгрузки) зерна различных культур. Современные элеваторы имеют высокий уровень автоматизации, для работы на них требуется минимальная численность производственного персонала.

Выводы. Таким образом, элеваторы имеют такие преимущества: операции с зерном полностью механизированы, небольшая трудоемкость работ по обеспечению сохранности зерна, лучшая изоляция зерна от внешней среды, небольшая площадь застройки, лучшее использование строительного объема, простота борьбы с грызунами и минимальные потери зерна.

Литература:

1. *Вобликов Е.М.* Технология элеваторной промышленности/ *Е.М. Вобликов*: Учебник. – СПб.: Издательство «Лань», 2010. – 384с.:ил.
2. *Верхоланцева В.О.* Обґрунтування режимних параметрів охолодження зернової сировини у процесі зберігання: дис. кандидата техн. наук : 05.18.12 / Верхоланцевої Валентини Олександрівни. – Вінниця, 2016. – 200 с.
3. *Вобликов Е.М.* Технология хранения зерна /*Е.М. Вобликов*. Учебн.для вузов. Под ред. *Е.М. Вобликова*. – СПб.: Издательство «Лань», 2003. – 448с.

4. Системи та засоби захисту зернових запасів: навч. посібник / Чурсінов Ю.О, Черних С.А., Кошулько В.С. – Дніпропетровськ: ДДАУ, 2009. – 313 с.

5. Тихонов Н.И. Хранение зерна [Текст] : учеб. пособие / Н. И. Тихонов, А. М. Беляков ; ФГОУ ДПОС «ВИПККА», Каф. инновац. технологий. – Волгоград : Изд-во ВолГУ, 2006. – 108 с.

ОСОБЛИВОСТІ ЕЛЕВАТОРНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Верхоланцева В.О.

Анотація - робота присвячена вивченню особливостей зберігання зерна в різних типах елеваторів, а так же описано зберігання зернової маси в них. Представлені переваги зберігання зерна на елеваторах

OSOBLIVOSTI ELEVATORNOЇ PROMISLOVOSTI

V. Verholantseva

Summary

The paper studies the characteristics of grain storage in various types of elevators, as well as storage of grain mass described in them. Presented the benefits of storing grain in the elevators.

УДК 621.3

**МЕТОДИКА ПРОЕКТУВАННЯ ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЧНОГО
КОМПЛЕКСУ ОЧИЩЕННЯ РОСЛИННИХ ОЛІЙ**

Дідур В. А., д.т.н.,

Назаренко І.П., д.т.н.,

Дідур В.В., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619)42-11-52

Анотація - в роботі представлена методика проектування електротехнологічного комплексу очищення рослинних олій в змінному електричному полі.

Ключові слова – електричне поле, електротехнологічний комплекс, система електродів, рослинні олії, очищення.

Постановка проблеми. Технологія виготовлення рослинних олій вміщує процес очищення від механічних домішок. Ця операція потребує значних ресурсо- та енерговитрат. Використання електричних методів показало високу ефективність [1] при очищенні діелектричних рідин, наприклад, нафтопродуктів, соняшникової олії та інших. При очищенні в електричному полі застосовують як постійний струм, так і змінний однофазний [2] та багатфазний. При цьому методики розрахунку складових електротехнологічних комплексів будуть відрізнятися.

Аналіз останніх досліджень. У роботі [3] показано, що ефективна очистка рідин може бути отримана завдяки організації в робочій зоні електросепаратора біжучого електричного поля, що створюється багатфазною системою електродів, які розташовуються рядами. Дослідження роботи таких пристроїв показало їх ефективність при очищенні і сепарації соняшникової олії. В роботах [4,5] показано, що на процес очищення впливає частота електричного поля, напруженість електричного поля, відстань між електродами, електрофізичні властивості середовища та механічних домішок.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). В статті поставлена задача розробити методику проектування електротехнологічного комплексу очищення рослинних олій.

Основна частина. Електротехнологічний комплекс очищення рослинних олій (рис.1) вміщує трифазний частотний перетворювач, трансформаторний блок та технологічний блок.

Трифазний частотний перетворювач дозволяє отримати трифазну низьку регульовану напругу частотою від 40 до 400 Гц. Ця напруга підвищується трифазним високовольтним трансформатором і подається на електродну систему технологічного блоку. Електродна система являє собою ряди циліндричних електродів.

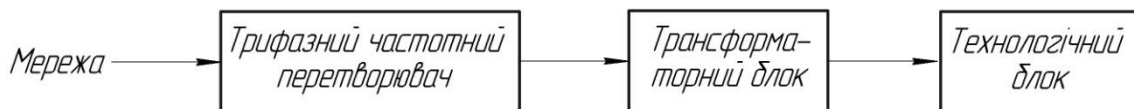


Рис.1. Структурна схема електротехнологічного комплексу очищення рослинних олій

При проектуванні електротехнологічного комплексу зазвичай задається продуктивність та ступінь очищення рідини з відомими електрофізичними властивостями дисперсної фази та дисперсійного середовища.

Методика проектування електротехнологічного комплексу вміщує дві стадії: розрахунок параметрів джерела живлення (перетворювача частоти та трифазного високовольтного трансформатора) і розрахунок конструктивних параметрів технологічного блоку.

При розрахунку параметрів джерела живлення визначається робоча частота та напруга на електродах.

Робоча частота визначається за формулою [4]:

$$\omega = \frac{\sigma_q + 2\sigma_c}{\varepsilon_q + 2\varepsilon_c}, \quad (1)$$

де ω - кутова частота електричного поля, рад/с;

σ_q, σ_c - питома електропровідність частинки та середовища, См/м;

$\varepsilon_q, \varepsilon_c$ - діелектрична проникність частинки та середовища, Ф/м.

Напруга на електродах вибирається за експериментально визначеною напругою пробою і повинна відповідати нерівності:

$$U_p < \frac{U_{\Pi}}{k_3}, \quad (2)$$

де U_p - робоча напруга, В;

U_{Π} - напруга пробою, В;

k_3 - коефіцієнт запасу.

При розрахунку конструктивних параметрів технологічного блоку визначаються його геометричні розміри, розміри та кількість циліндричних електродів.

Вибір висоти технологічного блоку. Теоретично висота не впливає на продуктивність пристрою, тому її доцільно зменшувати, але вона повинна бути такою, щоб забезпечувати якість очищення, можливість відбору очищеної рідини. Тому висота технологічного блоку приймається в межах від 100 до 500 мм.

Визначення активного об'єму технологічного блоку. Активний об'єм блоку розраховується за формулою

$$V = k_v \cdot Q \cdot t, \quad (3)$$

де k_v - коефіцієнт, що враховує неповне використання зони очищення;

V - об'єм технологічного блоку, м^3 ;

Q - продуктивність пристрою, $\text{м}^3/\text{с}$;

t - час, с.

Коефіцієнт k_v може бути визначений експериментально або орієнтовно прийнятий на рівні від 1,5 до 1,7. Час очищення складає величину від 70 до 350 с при висоті технологічного блоку від 100 до 500 мм [5].

Розрахунок кількості електродів. Кількість циліндричних електродів в ряду:

$$N_1 = \frac{H}{h}, \quad (4)$$

де N_1 - кількість електродів в ряду;

H - висота технологічного блоку, м;

h - відстань між електродами в ряду, м.

Кількість рядів електродів:

$$N_2 = \frac{L}{l}, \quad (5)$$

де N_2 - кількість рядів електродів;

L - ширина технологічного блоку, м;

l - відстань між рядами електродів, м.

Ширину доцільно вибирати такою, що дорівнює висоті блоку, оскільки при цьому поверхня блоку буде меншою.

Загальна кількість електродів:

$$N = N_1 \cdot N_2, \quad (6)$$

де N - загальна кількість електродів.

Розрахунок довжини технологічного блоку. Довжина технологічного блоку розраховується за формулою

$$B = \frac{V}{H \cdot l \cdot N_2}. \quad (7)$$

Розрахунок потужності. Повна споживана потужність технологічного блоку:

$$S = 2 \cdot m \cdot K \cdot B \cdot N \cdot U^2 \sqrt{\sigma_c^2 + (\omega \varepsilon_c)^2}, \quad (8)$$

де S - повна потужність, ВА;

m - кількість фаз;

K - геометричний коефіцієнт системи електродів, що визначається за графічними залежностями [6];

U - фазна напруга, В;

σ_c - питома електропровідність середовища, См/м;

ω - кутова частота, рад/с;

ε_c - діелектрична проникність середовища, Ф/м.

За розробленою методикою було спроектовано електротехнологічний комплекс очищення соняшникової олії. Вихідні дані для проектування надані в таблиці 1, а результати розрахунку та вибору - в таблиці 2.

Таблиця 1 – Вихідні дані для проектування електротехнологічного комплексу очищення соняшникової олії

Показники	Продуктивність, м ³ /год	Ступінь очищення, %	Питома електропровідність олії, См/м	Питома електропровідність домішок, См/м	Діелектрична проникність олії, Ф/м	Діелектрична проникність домішок, Ф/м	Фазна напруга джерела живлення, кВ
Величина	0,1	95	10 ⁻⁹	1,4·10 ⁻⁷	3·10 ⁻¹¹	7·10 ⁻¹¹	6

Таблиця 2 – Результати проектування електротехнологічного комплексу очищення соняшникової олії

Показники	Кутова частота електричного поля, рад/с	Діаметр електродів, мм	Відстань між електродами, мм	Висота технологічного блоку, мм	Довжина технологічного блоку, мм	Активний об'єм технологічного блоку, дм ³	Кількість електродів	Споживана потужність, ВА
Величина	1070	2	6	100	200	2	256	6,5

Висновки.

1. Розроблена методика проектування електротехнологічного комплексу очищення рослинних олій дозволяє визначити необхідні електротехнічні характеристики комплексу та конструктивні показники технологічного блоку.

2. Розрахунок електротехнічних характеристики комплексу для очищення соняшникової олії та конструктивних показників технологічного блоку показали його високу ефективність, зокрема, споживана повна потужність технологічного блоку складає 6,5 ВА при продуктивності 0,1 м³/год.

Література:

1. *Эфендиев О. Ф.* Электроочистка жидкости в пищевой промышленности / *О. Ф. Эфендиев.* - М.: Пищевая промышленность, 1977. -149 с.
2. *Болога М. К.* Исследование процесса очистки диэлектрических жидкостей от механической примеси в постоянном электрическом поле / *М. К. Болога [и др.]* // Электронная обработка материалов. - 2001. - № 5. - С. 34-39.
3. *Назаренко І. П.* Сепарація діелектричних суспензій у біжучому електричному полі / *І. П. Назаренко* // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. – К.: Видавничий центр НУБіП України, 2010. – Вип. 148: Техніка та енергетика АПК. – С. 117–123.
4. *Назаренко І. П.* Обґрунтування частоти біжучого електричного поля в пристроях очистки діелектричних рідин / *І. П. Назаренко* // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету: наук. фах. видання. – Мелітополь: ТДАТУ, 2010. – Вип. 10, т. 3. – С. 171–175.
5. *Назаренко І. П.* Теоретичне обґрунтування геометричних параметрів багатофазних електродних систем електросепараторів слабопровідних суспензій / *І. П. Назаренко* // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету: наук. фах. видання – Мелітополь: ТДАТУ, 2013. – Вип. 13, т. 2. – С. 75–82.
6. *Назаренко І. П.* Дослідження енергетичних показників електродних систем електросепараторів / *І. П. Назаренко* // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету: наук. фах. видання.– Мелітополь: ТДАТУ, 2013. – Вип. 13, т. 5. – С. 112–118.

**МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ
ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ОЧИСТКИ
РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ**

Дидур В. А., Назаренко И.П., Дидур В.В.

Аннотация- в работе представлена методика проектирования электротехнологического комплекса очистки растительных масел в переменном электрическом поле.

**METHOD OF DESIGNING ELECTRO-TECHNOLOGICAL COM-
PLEX REFINING OF PLANT OILS**

V. Didur, I. Nazarenko, V. Didur

Summary

The technique of designing electro-technological complex refining of plant oils in the alternating electric field is presented in the article.

ЗМІСТ

<i>Панченко А.И., Волошина А.А., Гуйва С.Д., Леус Г.В.</i> Методика контроля точности изготовления элементов вытеснительных и распределительных систем планетарных гидромашин	3
<i>Андренко П.М., Цента Є.М., Свинарченко М.С.</i> Методика прогнозування надійності гідравлічних мереж	28
<i>Панченко А.И., Волошина А.А., Костюк А.М., Вишневський В.М.</i> Обґрунтування початкових умов моделювання роботи гідрообертача планетарного типу, працюючого у складі гідроагрегата	40
<i>Сёмин Д.А., Левашов А.Н., Левашов Я.Н., Роговой А.С.</i> Экспериментальные исследования рабочих характеристик вихрекамерных нагнетателей с двухсторонним всасыванием	65
<i>Пастушенко С.И.</i> Анализ процесса сепарации очесанного вороха зерновых	75
<i>Діордієв В.Т., Новіков Г.В.</i> Апаратний спосіб оцінки впливу електричного поля на обробку насіння зернових аерозолем робочого розчину	81
<i>Скляр О.Г., Болтянський Б.В., Гвоздєв О.В.</i> Підвищення ефективності використання технічних засобів комбікормового виробництва методом системного підходу	92
<i>Волошина А.А., Лобода О.І.</i> Дослідження коронного генератора аероіонів	98
<i>Бренч А.А., Груданов В.Я.</i> Куттерные ножи с режущей кромкой в виде ломаной линии	105
<i>Дідур В.А., Лисенко О.В., Адамова С.В.</i> Сучасна енергетика: стан, проблеми, перспективи розвитку	113
<i>Тарасенко В.В., Гомонець О.П.</i> Особливості проведення досліджень мікробіологічної забрудненості комбікорму з використанням методу газорозрядної візуалізації	120
<i>Тарасенко В.В., Болтянський Б.В., Дереза С.В.</i> Використання енергозберігаючого обладнання для вологотеплової і термічної обробки концентрованих кормів	125
<i>Тарасенко В.В., Сушко О.В.</i> Аналіз існуючих теорій руйнування крихких матеріалів	131
<i>Стефановський О.Б.</i> Вплив основних факторів на тривалості етапів згоряння однорідних робочих сумішей в автомобільних двигунах	139
<i>Кушлик Р.Р.</i> Дослідження фізичних властивостей сумішевого біодизеля після обробки його в гомогенізаторі	146

<i>Болтянський О.В., Болтянська Н.І.</i> Умови забезпечення ефективного застосування ресурсозберігаючих технологій в молочному скотарстві	153
<i>Даниленко А.Л., Козлов В.Н., Максютов Р.Р.</i> Оценка показателей качества и безопасности йод-полифруктозана методом хемилюминесцентного анализа	160
<i>Стефановський О.Б.</i> Статистична залежність між кутами затримки займання і випередження впорскування палива у транспортних дизелів	167
<i>Милаева И.И.</i> Бесступенчатая гидрообъемно-механическая трансмиссия тракторов	174
<i>Гуйва С.Д.</i> Повышение экономичности и мощности бензинового двигателя	179
<i>Милаева И.И.</i> Сравнение преимуществ и недостатков бензиновых и дизельных двигателей	186
<i>Пеньов О.В.</i> Вибір матеріалу ріжучої частини лезового інструменту	191
<i>Павленко С.І.</i> Обґрунтування механізованих комплексів для прискореного компостування на базі розкидачів органічних добрив	196
<i>Колодій О.С., Кюрчев С.В., Кюрчева Л.М.</i> Результати впровадження пневмогравітаційного сепаратора насіння соняшника	211
<i>Верхоланцева В.А.</i> Особенности элеваторной промышленности	217
<i>Дідур В.А., Назаренко І.П., Дідур В.В.</i> Методика проектування електротехнологічного комплексу очищення рослинних олій	224

Наукове фахове видання

Праці
Таврійського державного агротехнологічного університету

Випуск 16. Том 2

Свідоцтво про державну реєстрацію
Міністерство юстиції
13503-2387 ПР від 03.12.2007 р.

Відповідальний за випуск – д.т.н., проф. Панченко А.І.

Підписано до друку 23.12.2016 р. друк Rizo. Друкарня ТДАТУ.
10,2 умов. друк. арк. тираж 100 прим.

73312 ПП Верескун.
Запорізька обл., м. Мелітополь, вул. К. Маркса, 10
тел. (6192) 6-88-38