



ISSN 2078-7138

АГРОПАНОРАМА

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ ДЛЯ РАБОТНИКОВ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

№ 3
июнь
2020

*Магнитно-абразивная обработка поверхности
металлических молочных катетеров*

*Исследование закономерностей формирования
акустических полей и кавитационных
процессов в ультразвуковой
ванне с водой*

*Устройство для диагностирования насосов
объемного гидропривода*

*Развитие системы агрострахования как фактор
повышения эффективности производства и
переработки льнопродукции*



Учреждение образования
«Белорусский государственный аграрный технический университет»
объявляет прием в аспирантуру в 2020 году
по следующим специальностям:

05.20.01 «Технологии и средства механизации сельского хозяйства»
05.20.02 «Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве»
05.20.03 «Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве»
05.13.06 «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (по отраслям)»
05.14.08 «Энергоустановки на основе возобновляемых видов энергии»
05.18.12 «Процессы и аппараты пищевых производств»
08.00.05 «Экономика и управление народным хозяйством (по отраслям и сферам деятельности)»
06.01.04 «Агрохимия»

Прием документов – с 1 августа по 30 сентября 2020 г.

Вступительные экзамены по специальной дисциплине в объеме учебной программы I ступени высшего образования – с 10 по 21 октября 2020 г.

Начало занятий в аспирантуре – с 1 ноября 2020 г.

Поступающие в аспирантуру представляют в приемную комиссию следующие документы:

1. Заявление на имя руководителя учреждения образования, организации, реализующей образовательные программы послевузовского образования, по установленной форме.
2. Личный листок по учету кадров.
3. Автобиографию.
4. Копии диплома о высшем образовании и прилагаемой к нему выписки из зачетно-экзаменационной ведомости.
5. Копии диплома магистра и прилагаемой к нему выписки из зачетно-экзаменационной ведомости (при наличии).
6. Копию удостоверения о сдаче кандидатских зачетов (дифференцированных зачетов) и кандидатских экзаменов по общеобразовательным дисциплинам (для лиц, поступающих для обучения в форме соискательства, – при наличии).
7. Копию трудовой книжки либо иные документы, подтверждающие необходимый стаж работы, или рекомендацию ученого совета (совета) учреждения высшего образования или факультета этого учреждения (для поступающих в год окончания обучения в данном учреждении).
8. Заявку организации – заказчика кадров (при наличии).
9. Список и копии опубликованных научных работ, а при их отсутствии – научный реферат по профилю избранной специальности.
10. Материалы, относящиеся к объектам интеллектуальной собственности, зарегистрированные в установленном порядке, выписки из отчетов, справки об участии в выполнении научно-исследовательских и инновационных проектов, акты об использовании результатов научных разработок, копии материалов и (или) тезисов докладов на научных, научно-практических конференциях, съездах, симпозиумах и других подобных мероприятиях (при наличии).
11. Заключение научного семинара лаборатории (заседания кафедры) об актуальности темы, качестве и объеме самостоятельно выполненных данным лицом исследований по теме подготавливаемой диссертации (для поступающих в аспирантуру для обучения в форме соискательства).
12. Документы, дающие преимущественное право для зачисления в аспирантуру (при наличии).
13. Три фотографии размером 4×6 см (для поступающих в аспирантуру для обучения в форме соискательства – две фотографии).
14. Медицинскую справку о состоянии здоровья по форме, установленной Министерством здравоохранения.

*Документ, удостоверяющий личность, и подлинники документов
об образовании предъявляются лично*

*Подробная информация на сайте БГАТУ: <http://www.bsatu.by> и по телефону
аспирантуры (017) 385 91 07*

Адрес приемной комиссии:

220023, г. Минск, пр-т Независимости, 99, к. 5-1, каб. 504

АГРОПАНОРАМА 3 (139) июнь 2020

Издается с апреля 1997 г.

Научно-технический журнал
для работников
агропромышленного комплекса.
Зарегистрирован в Министерстве
информации Республики Беларусь
21 апреля 2010 года.
Регистрационный номер 1324

Учредитель
*Белорусский государственный
аграрный технический университет*

Главный редактор
Иван Николаевич Шилов

Заместитель главного редактора
Игорь Степанович Крук

Редакционная коллегия:

Г.И. Гануш	М.А. Прищепов
Л.С. Герасимович	А.С. Сайганов
Е.П. Забелло	В.Н. Тимошенко
П.П. Казакевич	Н.К. Толочко
А.Н. Карташевич	В.П. Чеботарёв
И.П. Козловская	Н.С. Яковчик

Е.В. Сенчуров – ответственный секретарь
Н.И. Цындрина – редактор

Компьютерная верстка
В.Г. Леван

Адрес редакции:

Минск, пр-т Независимости, 99/1, к. 220
Тел. (017) 272-47-71 Факс (017) 258-41-16

Прием статей и работа с авторами:

Минск, пр-т Независимости, 99/5, к. 602, 608
Тел. (017) 385-91-02, 355-22-14
Факс (017) 272-25-71
E-mail: AgroP@bsatu.by

БГАТУ, 2020.

Формат издания 60 x 84 1/8.

Подписано в печать с готового оригинала-макета 23.06.2020 г. Зак. № 464 от 22.06.2020 г.

Дата выхода в свет 30.06.2020 г.

Печать офсетная. Тираж 100 экз.

Статьи рецензируются.

Отпечатано в ИПЦ БГАТУ по адресу: г. Минск, пр-т Независимости, 99/2

ЛП № 02330/316 от 30.01.2015 г.

Выходит один раз в два месяца.

Подписной индекс в каталоге «Белпочта» - 74884.

Стоимость подписки на журнал на 2-е п/г 2020 г.:

для индивидуальных подписчиков - 25,77 руб.;

ведомственная - 28,02 руб.;

Цена журнала в киоске БГАТУ - 7,44 руб.

При перепечатке или использовании публикаций согласование с редакцией и ссылка на журнал обязательны.
Ответственность за достоверность рекламных материалов несет рекламодатель.

СОДЕРЖАНИЕ

Сельскохозяйственное машиностроение. Металлообработка

**Л.М. Акулович, Л.Е. Сергеев, С.И. Мендалиева,
Е.В. Сенчуров, М.А. Залуцкий**
Магнитно-абразивная обработка поверхности металлических
молочных катетеров.....2

**Н.Н. Романюк, П.Н. Логвинович, К.В. Сашко,
А.А. Степанюк**
Устройство, сигнализирующее о наступлении предельного
рабочего состояния фрикционных накладок колодок
тормозов.....6

**В.В. Гуськов, А.С. Поварехо, А.А. Сушнёв,
В.И. Шимукович, П.А. Шишко**
К вопросу оптимизации параметров двигателя многоцелевых
колесных машин.....11

Технологии производства продукции растениеводства и животноводства. Зоотехния

**А.Н. Орда, В.А. Шкляревич, Н.Л. Ракова,
А.Г. Вабищевич**
Методика расчета урожайности сельскохозяйственных культур
для различных технологий возделывания с учетом уплотняющего
воздействия ходовых систем МТА на почву.....17

Технологии переработки продукции АПК

В.Я. Груданов, А.Б. Торган, Л.Т.Ткачева, А.А. Лелевич
Совершенствование конструкции режущего механизма
макаронного прессы на основе закономерностей
скользящего резания.....22

Энергетика. Транспорт

В.С. Корко
Исследование закономерностей формирования акустических полей
и кавитационных процессов в ультразвуковой ванне с водой.....26

Технический сервис в АПК. Экономика

Д.А. Жданко, В.Я. Тимошенко, П.С. Хмельницкий
Устройство для диагностирования насосов объемного
гидропривода.....31

Г.И. Гануш, В.В. Липницкая, А.А. Бурачевский
Методологические принципы, направления и методика
адаптации трудовых ресурсов АПК к природным и
экономическим условиям хозяйствования.....35

И.А. Войтко
Развитие системы агрострахования как фактор повышения
эффективности производства и переработки льнопродукции.....39

Л.В. Корбут, С.Д. Юдицкая
Актуальные направления диверсификации сельской
экономики в Республике Беларусь.....44

УДК 621.9

МАГНИТНО-АБРАЗИВНАЯ ОБРАБОТКА ПОВЕРХНОСТИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МОЛОЧНЫХ КАТЕТЕРОВ

Л.М. Акулович,

профессор каф. технологии металлов БГАТУ, докт. техн. наук, профессор

Л.Е. Сергеев,

доцент каф. технологии металлов БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

С.И. Мендалиева,

сотрудник АО «Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина», канд. техн. наук

Е.В. Сенчуров,

начальник отдела внедрения НТР НИИМЭСХ БГАТУ

М.А. Залуцкий,

студент факультета технического сервиса БГАТУ

Представлены результаты исследования параметров качества поверхности катетеров при магнитно-абразивной обработке (МАО). Установлены аналитические зависимости для определения напряженности электромагнитного поля. Определены технологические параметры МАО молочных катетеров.

Ключевые слова: мастит, молочный катетер, магнитно-абразивная обработка, ферроабразивный порошок, шероховатость.

The results of a study of the surface quality parameters of catheters during magnetic abrasive treatment (MAT) are presented. Analytical dependencies for determining the electromagnetic field strength are established. The technological parameters of MAT milk catheters are determined.

Keywords: mastitis, milk catheter, magnetic abrasive treatment, abrasive powder, roughness.

Введение

Заболевание маститом вымени – одна из серьезных проблем современного молочного животноводства. Дояние коровы с таким заболеванием становится невозможным. Кроме того, молоко от больных животных вообще запрещено к употреблению. На отдельных фермах маститом могут болеть сразу до 35 % животных [1]. Мастит наносит серьезный экономический ущерб всей сельскохозяйственной отрасли. По данным Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, за 2018 год было собрано около 15 млн тонн молока, и если смоделировать ситуацию с маститом, то потери могут составлять около 5 млн тонн молока, что приведет к снижению рентабельности предприятий молочной промышленности [2].

Цель настоящей работы – исследование технологических возможностей процесса магнитно-абразивной обработки (МАО) тонкостенных полых изделий на примере металлического молочного катетера.

Основная часть

Мастит у коров лечится с помощью антибактериальной терапии, но лечение антибиотиками имеет существенный недостаток: антибактериальные препараты имеют свойство накапливаться в клетках жи-

вотного. Присутствие антибиотиков обнаруживается и в молоке, из-за чего оно становится непригодным для использования в пищевой промышленности. Альтернативным методом, способным эффективно осуществлять лечение мастита у коров, является внутримаститеральный метод, с применением молочного катетера [3]. Его назначение заключается в эвакуации молока из вымени или введении лекарственных препаратов. За счет своей формы он создает минимум дискомфорта для животного и легко извлекается, не требуя дополнительных усилий.

Металлический катетер (рис. 1) изготавливают из нержавеющей стали (например, 12Х18Н10Т ГОСТ 5632-2014), он используется многократно, при условии стерилизации. Исходные размеры металлических молочных катетеров – $D \times d = 3,3 \times 2,5$ мм, $L = 50$ мм. На поверхности трубки катетера должны отсутствовать трещины, раковины, царапины, заусенцы, расслоения, прижоги и другие загрязнения типа окалин и следов смазки. Радиус скругления рабочих кромок катетера должен составлять не менее 0,3 мм [4], а шероховатость поверхности по параметру Ra – не более 0,63 – 0,80 мкм. Это требование должно быть обеспечено при изготовлении катетера с применением соответствующих методов и технологий обработки.

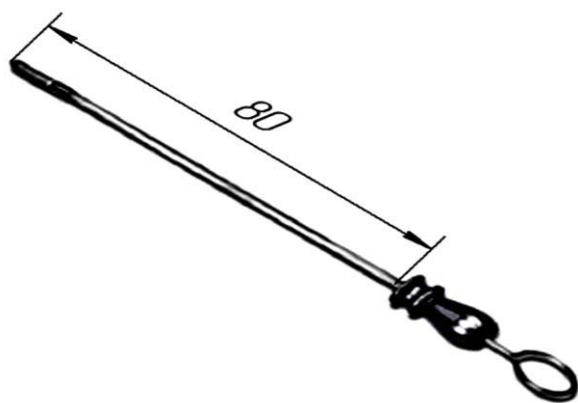


Рисунок 1. Молочный катетер

В настоящее время наиболее перспективными являются электрофизические и электрохимические методы обработки, среди которых особое место занимает магнитно-абразивная обработка [5]. Проблема обработки полых поверхностей вращения методом МАО заключается в необходимости определения топографии электромагнитного поля (ЭМП) в зоне обработки обусловленных напряженностью H этого поля, обеспечивающей наибольшие величины сил резания, место их приложения и эффективный съем неровностей на обрабатываемой поверхности. ЭМП в каждой точке пространства и в каждый момент времени характеризуется вектором его напряженности, поскольку оно рассматривается как самостоятельный материальный объект. В этих условиях грамотное конструктивное решение не должно полностью связываться с интуитивным подходом. Расчет и создание необходимой напряженности ЭМП, основанной на геометрическом и силовом изменении параметров МАО, необходимы для конструирования технологической оснастки и оборудования, обеспечивающих стабильность давления ФАП по всей площади обрабатываемой поверхности. Тожественность математического описания процесса МАО и его природы обеспечивает управление обрабатываемостью деталей из различных материалов и позволяет назначать режимы резания при учете структуры и марки материала изделия, его конфигурации и топологического пространства зоны обработки. Расчет производился в системе цилиндрических координат (рис. 2).

Значение векторного потенциала ЭМП $\vec{A}$, связанного с током I в определенной точке M , находящейся на расстоянии r_1 и r_2 от осей проводников с током, осуществляется с использованием метода наложения через выражение ротора $\text{rot } \vec{A}$ в цилиндрических координатах [6] и определяется по формуле:

$$A_z = -\frac{\mu_0 I}{2\pi} \ln \frac{r_2}{r_1} + C \quad (1)$$

где A_z – осевая составляющая векторного потенциала ЭМП, Вб/м;

μ_0 – магнитная проницаемость снаружи детали, Гн/м;

I – сила тока в проводниках, А;

C – постоянная, Вб/м.

Ротор ($\text{rot } \vec{A}$) равен магнитной индукции $\vec{B}$, а сам векторный потенциал является векторной величиной, плавно изменяющейся от точки к точке при учете того, что его дивергенция $\text{div } B = 0$. По причине возможности нахождения $\vec{A}$ как функции координат, индукция B в любой точке магнитного поля определяется путем нахождения ротора от $\vec{A}$. Преимуществом использования векторного потенциала служит то обстоятельство, что его применяют как для областей занятых, так и незанятых током.

Поскольку $\vec{A}$ является расчетной функцией, имеющей пространственные производные и подчиняется условию того, что его линии есть замкнутые на себя ($\text{div } A = 0$), то формула (1), как частный случай, позволяет определить векторный потенциал в любой точке ЭМП и имеет вид

$$\vec{A} = \frac{\mu_0}{4\pi} \int_V \frac{\vec{\delta} dV}{r}, \quad (2)$$

где $\vec{\delta}$ – плотность тока, А/м²;

V – объем, м³;

r – расстояние от точки приложения до оси детали, м.

Линии магнитной индукции непосредственно у поверхности детали имеют вид, близкий к окружностям с центром внутри этой детали. По мере удаления от нее эти линии искажаются, и для обработки методом МАО необходимо знать величины и направления $\vec{B}$ на наружной поверхности детали, поскольку $\vec{B}$ определяет силу резания и давление ФАП для реали-

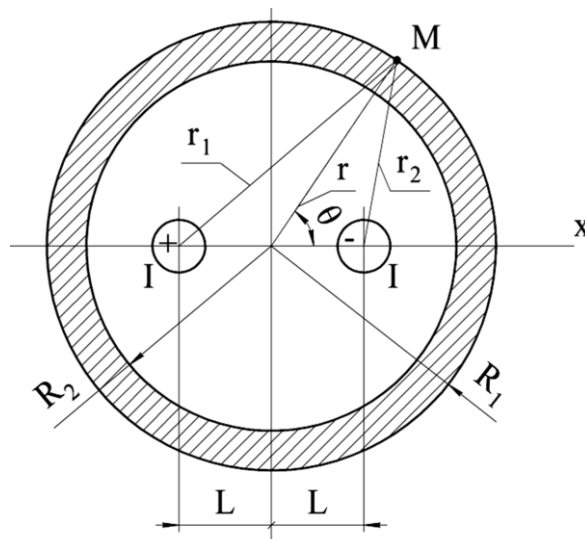


Рисунок 2. Схема расчета магнитного поля

зации размерного и массового съема материала. Таким образом, в зоне обработки методом МАО существует ось ветвления, проходящая через точку M с координатами $r = \frac{\mu_0 I}{2\pi B}$ и $\theta = 180^\circ$, где B во всех точ-

ках равно нулю, но в других точках на поверхности детали она нулю не равна, поскольку поле имеет вихревой характер. Следовательно, используя принцип того, что кривые $A_z = \text{const}$, линии магнитной индукции будут окружностями с центрами, лежащими на оси x и в любом месте пространства, где существует ток, имеется вихревое магнитное поле.

Двухпроводная линия при учете нахождения проводников на расстоянии $2L$ расположена во внутреннем пространстве детали, имеющей наружный радиус R_1 и внутренний радиус R_2 .

Следовательно, логарифм в формуле (1) имеет четыре слагаемых

$$\ln \frac{r_2}{r_1} = \frac{1}{2} \ln \left(\frac{r_2}{r_1} \right)^2 = \frac{1}{2} \left[\ln \left(1 - \frac{L}{r} e^{j\theta} \right) + \ln \left(1 - \frac{L}{r} e^{-j\theta} \right) - \ln \left(1 + \frac{L}{r} e^{j\theta} \right) - \ln \left(1 + \frac{L}{r} e^{-j\theta} \right) \right], \quad (3)$$

и каждый из них разлагается в ряд. Члены рядов с четными степенями сокращаются, и после $e^{jk\theta} + e^{-jk\theta} = 2 \cos k\theta$ следует:

$$\ln \frac{r_2}{r_1} = - \left[\frac{L}{r} \cos \theta + \frac{1}{3} \left(\frac{L}{r} \right)^3 \cos(3\theta) + \frac{1}{5} \left(\frac{L}{r} \right)^5 \cos(5\theta) + \dots \right], \quad (r > L). \quad (4)$$

Этот ряд сходится при $r > L$, что соответствует размерной цепи детали, и во внешней области по отношению к молочным катетерам в выражении векторного потенциала присутствуют члены, содержащие $1/r^n$, поскольку при $r \rightarrow \infty$ значение A_z для внешней области обращается в ноль, что вытекает из формулы (1). Тогда

$$A_z = - \frac{\mu_0 I}{\pi} \sum \frac{P_n}{r^n} \cos n\theta \quad \text{при } (r \geq R_1; \quad n = 1, 3, 5, \dots). \quad (5)$$

где P_n – постоянные коэффициенты для внешней области.

В соответствии с выражением ротора в цилиндрических координатах магнитная индукция имеет B_r и B_θ составляющие.

$$B_r = - \frac{1}{r} \frac{dA_z}{d\theta} \quad \text{и} \quad B_\theta = - \frac{dA_z}{dr}. \quad (6)$$

Поскольку, согласно приведенному расчету напряженности H на поверхности катетеров, ее наибольшее значение будет при $\theta = 0$ или $\theta = \pi$ и оно будет равно $H = -2H_0$, то основными условиями эффективности МАО этих катетеров служат кинематические и динамические показатели процесса.

Однако следует произвести строгий учет геометрии исследуемой области, и на основании синтеза получить точное знание картины сил резания, определяемых вектором напряженности $\vec{H}$. Системный подход является базой для решения комплексной задачи проблемы интенсификации МАО металлических молочных катетеров в области формообразования и средств его реализации. Для понимания процессов, происходящих при МАО, и расширения ее технологических возможностей, требуется исследование пространственного распределения ЭМП и, соответственно, его топографии. Для правильного выбора конструкции и размеров полюсных наконечников и самой электромагнитной системы (ЭМС), а также определения оптимального расположения обрабатываемых изделий следует произвести топографическое исследование ЭМП и магнитной индукции в рабочем зазоре. Для решения этой задачи самым доступным и эффективным способом является компьютерное моделирование, состоящее в численном решении системы уравнений Максвелла при заданных граничных условиях. В последнее время широкое распространение получают программные комплексы, позволяющие оптимизировать процессы применения численного решения уравнений Максвелла. Одним из вариантов совершенствования расчета ЭМС является применение метода конечных элементов для моделирования ЭМП [7]. Программный комплекс Femm используется для реализации сокращения разработки конфигурации межполюсного пространства и получения эффективного алгоритма компьютерного моделирования ЭМП [8]. В результате применения комплекса Femm было проведено модельное исследование пространственного распределения магнитной индукции в рабочем зазоре и выявлено, что ее показатели имеют различные значения, которые носят локальный характер.

Сопоставляя результаты компьютерного моделирования и использования программного комплекса Femm, можно сделать вывод о том, что они корреляционно согласуются с полученными теоретическими и экспериментальными данными. Распределение магнитной индукции и соответственно наибольшая концентрация ФАП осуществляется количественно на горизонтальной оси изделия при наличии образования зон на границах полюсных наконечников, препятствующих выбору ФАП (рис. 3).

В ходе исследований получены следующие результаты: достигнутая шероховатость $Ra_2 = 0,1$ мкм; величина массового съема материала $\Delta G = 170$ мг; величина размерного съема материала $\Delta D = 45$ мкм. Величину размерного съема (ΔD , мкм) определяли на микроскопе Bevision M1, массового съема (ΔG , мг) – на весах лабораторных ВЛТЭ-150, шероховатость поверхности до (Ra_1 , мкм) и после МАО (Ra_2 , мкм) – на профилографе-профилометре мод. 252 «Калибр».

Режимы и параметры МАО молочных катетеров: магнитная индукция, $B = 0,9$ Тл; частота осцилляции

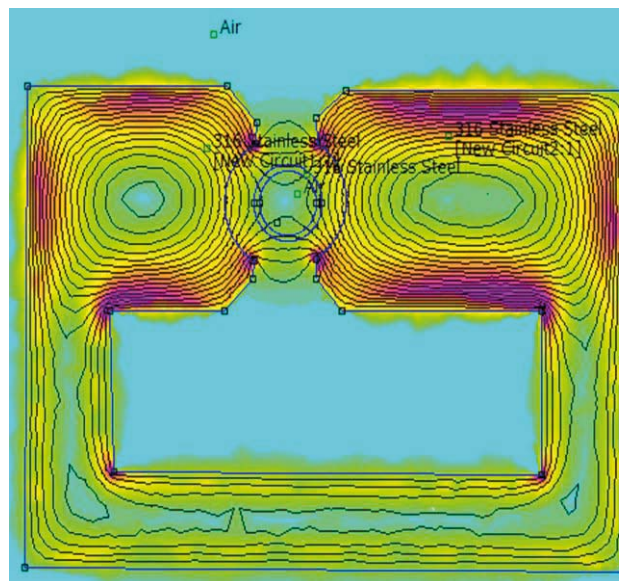


Рисунок 3. Топография магнитного поля, определенная методом компьютерного моделирования

полюсных наконечников, $n = 280$ дв.ход/мин; амплитуда осцилляции полюсных наконечников, $A = 0,8$ мм; скорость резания, $V_p = 2-3$ м/с; величина силы тока, подаваемого на катушки ЭМС, $I = 5$ А; величина рабочего зазора, $\delta = 1$ мм; коэффициент заполнения рабочего зазора, $K_z = 1$; время обработки, $t = 60$ с. В качестве ФАП использовался 100Ф5 ТУ 232-130-004-90 (рис. 4), размерность зерен, $\Delta = 0,1-0,16$ мм; смазочно-охлаждающее технологическое средство (СОТС) – СинМА-1 ТУ 38.5901176-91, 5 %-й водный раствор; расход СОТС – 200 мл/мин.

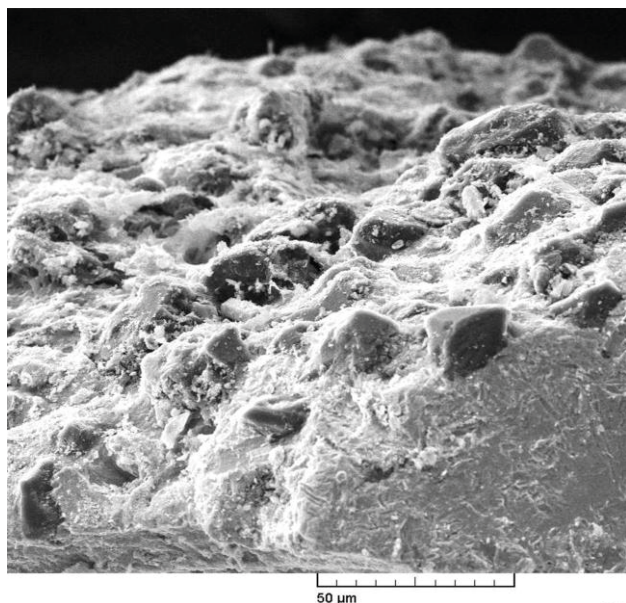


Рисунок 4. Микрорельеф ферромабразивного зерна

Исходная шероховатость составляла $Ra_1 = 0,6-0,8$ мкм. Величину магнитной индукции в рабочем зазоре (B , Тл) определяли тесламетром Т-3.

Заключение

В результате проведенных исследований установлены аналитические зависимости для определения величины напряженности ЭМП, что обеспечивает определение динамики процесса и степень силового воздействия на обрабатываемые детали. Экспериментально определены качественные показатели поверхностного слоя (шероховатость поверхности), величины массового и размерного съема материала, что позволило разработать технологию МАО металлических молочных катетеров.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Камышанов, А.С. Мастит у высокопродуктивных молочных коров в период лактации и их воспроизводительная функция: автореф. дис. ... канд. вет. наук: 16.00.07 / А.С. Камышанов. – Саратов: ФГОУ ВПО СГАУ, 2005. – 32 с.
2. AgroWeb Беларусь – национальный сайт-навигатор [Электронный ресурс] / Белорусская сельскохозяйственная библиотека. – Минск, 2020. – Режим доступа: <http://aw.belal.by/russian/belal.htm>. – Дата доступа: 03.04.2020.
3. Ветеринарная фармакология / И.Н. Николаенко [и др.]. – Минск: Вышэйшая школа, 2013. – 410 с.
4. Инструменты медицинские металлические. Общие технические условия: ГОСТ 19126-2007. – Введ. 01.01.2008. – Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации; Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2008. – 19 с.
5. Акулович, Л.М. Технология и оборудование магнитно-абразивной обработки металлических поверхностей различного профиля / Л.М. Акулович, Л.Е. Сергеев. – Минск: БГАТУ, 2013. – 372 с.
6. Говорков, В.А. Электрические и магнитные поля / В.А. Говорков. – М.: Энергия, 1968. – 328 с.
7. Галлагер, Р. Методы конечных элементов / Р. Галлагер. – М.: Мир, 1984. – 428 с.
8. Finite Element Method Magnetics [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа: <http://www.femm.info/wiki/homepage>. – Дата доступа: 30.03.2020.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 03.04.2020

УСТРОЙСТВО, СИГНАЛИЗИРУЮЩЕЕ О НАСТУПЛЕНИИ ПРЕДЕЛЬНОГО РАБОЧЕГО СОСТОЯНИЯ ФРИКЦИОННЫХ НАКЛАДОК КОЛОДОК ТОРМОЗОВ

Н.Н. Романюк,

первый проректор БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

П.Н. Логвинович,

доцент каф. физики БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

К.В. Сашко,

доцент каф. механики материалов и деталей машин БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

А.А. Степанюк,

студент факультета технического сервиса БГАТУ

В статье проведен анализ технического состояния подъемно-транспортных машин, причин аварий и несчастных случаев при эксплуатации грузоподъемных кранов. Теоретически рассмотрен процесс износа фрикционной накладки тормозной колодки и построена кривая ее износа в полярных координатах, которая показывает, что наибольший износ фрикционной накладки происходит у ее удаленного от точки поворота конца рычага.

Ключевые слова: подъемно-транспортная машина (ПТМ), работоспособность, тормоз, фрикционная накладка, кривая износа, включатель, электрический звонок, система электрических проводов.

The technical condition of lift-and-carry vehicles, causes of accidents and injuries during the use of cargo cranes are analyzed in the article. The process of friction lining wear of a brake plate is theoretically considered and the curve of its wear is constructed in polar coordinates which shows that the worst wear of friction lining occurs at its remote end from the turning point of the lever.

Keywords: lift-and-carry vehicle (LCV), working capacity, brake, friction disk, wear curve, switch, electric bell, system of electric conductor.

Введение

Развитие отечественного подъемно-транспортного машиностроения является важной задачей, решение которой возможно путем разработки комплекса мероприятий, направленных на повышение эффективности проектирования, изготовления и эксплуатации механизмов, узлов и деталей подъемно-транспортных машин (ПТМ).

По данным Гостехнадзора, наблюдается устойчивый рост травматизма и количества аварий при работе с использованием ПТМ. Сложившееся неудовлетворительное положение с травматизмом и аварийностью при эксплуатации грузоподъемных машин обусловлено в первую очередь продолжающимся старением основных фондов. В настоящее время 75 % работающих грузоподъемных кранов отработали нормативный срок службы. Обновление фондов производится крайне медленно: при норме в 8-10 % ежегодно обновляется не более 3 % кранового парка.

Основными причинами аварий и несчастных случаев при эксплуатации грузоподъемных кранов являются: неисправность тормозов, концевых выключателей механизмов подъема груза, передвиже-

ния крана и тележки, блокировки двери кабины и люка для выхода на мост крана. Тормоза являются одним из наиболее ответственных узлов, определяющих работоспособность и безопасность ПТМ. Опыт их эксплуатации показал, что не менее 10 % случаев выхода из строя крана обусловлено отказом тормозов. Кроме того, 33 % простоев ПТМ вызвано необходимостью замены изношенных элементов тормозов [1].

Целью настоящей работы является – обоснование конструкции и разработка устройства, сигнализирующего о наступлении предельного рабочего состояния фрикционных накладок колодок.

Задачи исследований:

1. Математически описать процесс износа фрикционной накладки тормозной колодки и построить кривую ее износа в полярных координатах.

2. Провести патентные исследования и проанализировать конструкции колодочных тормозов с электромагнитом.

3. Разработать конструкцию колодочного тормоза с электромагнитом, использование которого позволит производить автоматический контроль толщины фрикционных накладок, а также повысить надежность и безопасность его работы.

Основная часть

В механизмах подъема груза и изменения вылета стрелы с машинным приводом устанавливаются нормальнозамкнутые двухколодочные тормоза, автоматически размыкающиеся при включении привода механизма [2].

Двухколодочный тормоз с короткоходным электромагнитом (рис. 1) содержит два кованых рычага с шарнирно закрепленными на них колодками 3, огибающими шкив 4. Замыкание тормоза производит силовая винтовая пружина сжатия 1, установленная на штоке 2 в скобе. Рычаги тормоза соединены с основанием и за-

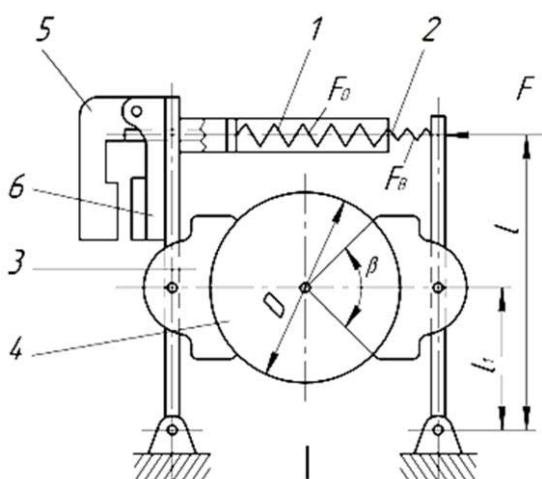


Рисунок 1. Колодочный тормоз ТКТ с приводом от электромагнита МО-Б

мыкающим элементом шарнирно при помощи пальцев, зафиксированных стопорными планками, и образуют шарнирный четырехзвенник. С целью исключения изнашивания верхних частей колодок при трении вращающегося шкива (при растормаживании) на рычагах установлены фрикционные фиксаторы (сухарики). Для растормаживания тормоза используется электромагнит 6 и якорь 5, шарнирно установленный на оси.

Величина тормозного момента, создаваемого тормозом [3]

$$T_{\tau} = \beta \frac{F_{\text{гр}} D_{\text{б}} \eta_{\text{м}}}{2U_{\text{пр}} i_{\text{п}} \eta_{\text{п}}}, \quad (1)$$

где β – коэффициент запаса торможения;

$F_{\text{гр}}$ – вес груза, Н;

$D_{\text{б}}$ – диаметр барабана, мм;

$U_{\text{пр}}$ – передаточное число привода;

$i_{\text{п}}$ – кратность полиспаста;

$\eta_{\text{м}}$ – КПД механизма ($\eta_{\text{м}} = 0,8 \dots 0,85$);

$\eta_{\text{п}}$ – КПД полиспаста.

Усилие прижатия колодки к тормозному шкиву [3]

$$F_{\text{к}} = \frac{T_{\tau}}{f D_{\tau}}, \quad (2)$$

где f – коэффициент трения между фрикционной накладкой колодки и тормозным шкивом;

D_{τ} – диаметр тормозного шкива, мм.

В процессе работы тормоза фрикционные накладки колодки изнашиваются. При вращении шкива, после некоторого износа фрикционной накладки, колодка должна повернуться на угол $d\beta$ относительно шарнира С, являющегося мгновенным центром вращения тормозной колодки (рис. 2).

Точка А, первоначально лежащая на дуге обхвата, должна перейти в положение А'. Так как угол $d\beta$ мал, то $AA' = AC \cdot d\beta$.

При этом радиальный износ колодки в точке А будет равен проекции AA' на радиус OA :

$$AB = AA' \cdot \sin \gamma = AC \cdot \sin \gamma \cdot d\beta. \quad (3)$$

Продолжим линию CA и опустим на нее перпендикуляр OD . Полученный треугольник COD состоит из двух треугольников: COA и AOD .

Из треугольника COA находим

$$AC \cdot \sin \beta = OA \cdot \sin \varphi, \quad AC = OA \frac{\sin \varphi}{\sin \beta}, \quad (4)$$

а из треугольников AOD и COD

$$OD = OA \cdot \sin \gamma = OC \cdot \sin \beta,$$

$$\sin \gamma = \frac{OC \cdot \sin \beta}{OA}. \quad (5)$$

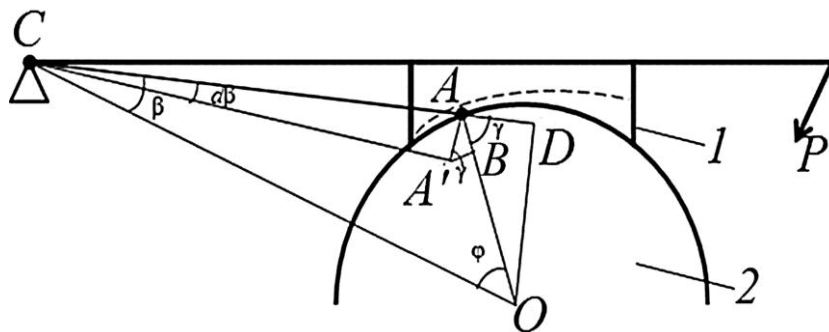


Рисунок 2. К расчету радиального износа фрикционной накладки тормозной колодки: 1 – тормозная колодка с фрикционной накладкой; 2 – обод шкива

Подставив уравнения (4) и (5) в уравнение (3), получим зависимость радиального износа AB от угла поворота φ

$$AB = OA \frac{\sin \varphi}{\sin \beta} OC \frac{\sin \beta}{OA} d\beta,$$

$$AB = OC \cdot d\beta \cdot \sin \varphi. \quad (6)$$

Так как OC и $d\beta$ для всех точек колодки одинаковы, то радиальный износ фрикционной накладки колодки определяется углом φ этой точки и пропорционален синусу этого угла.

При расчетах принималось, что все элементы конструкции тормоза абсолютно жесткие, и износу от трения подвергается только фрикционная накладка тормозной колодки.

Кривая износа в полярных координатах изображена на рисунке 2 штриховой линией, которая показывает, что наибольший износ фрикционной накладки происходит у ее удаленного от точки C торца.

Среднее давление между колодкой и шкивом проверяется по формуле [3]

$$p = \frac{F_k}{S} \leq [p], \quad (7)$$

где $[p]$ – допускаемое давление между фрикционной накладкой колодки и тормозным шкивом МПа;

S – расчетная площадь соприкосновения колодки и шкива [3]

$$S = \frac{\pi D_r}{360^\circ} \beta^\circ b, \quad (8)$$

где b – ширина колодки $b = (0,3 \dots 0,5) D_r$ мм,
 β° – угол обхвата шкива колодкой ($\beta \approx 70^\circ$).

Предполагая, что износ колодки пропорционален давлению, придем к выражению для распределения давления по дуге соприкосновения тормозной колодки со шкивом в виде

$$p = p_0 \sin \varphi, \quad (9)$$

где p_0 – максимальное давление при $\varphi = \pi/2$.

Рассмотрим силовое взаимодействие колодки со шкивом (рис. 3).

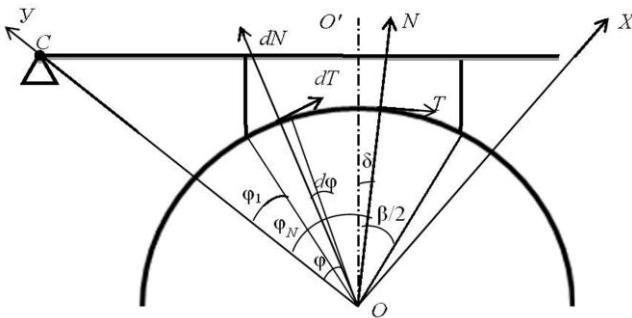


Рисунок 3. Силы, действующие на тормозную колодку

Сила давления, действующая на элементарную площадку колодки шириной b :

$$dN = p_0 b \frac{D_r}{2} d\varphi \sin \varphi. \quad (10)$$

Равнодействующая сил давления колодки на тормозной шкив определяется по формуле

$$\begin{aligned} N &= p_0 b \frac{D_r}{2} \int_{\varphi_1}^{\varphi_1+\beta} \sin \varphi d\varphi = \\ &= p_0 b \frac{D_r}{2} (\cos \varphi_1 - \cos(\varphi_1 + \beta)). \end{aligned} \quad (11)$$

Она направлена по радиусу под углом φ_N к оси Ох. Угол φ_N найдем из положения статики о том, что расстояние от начала координат линии действия равнодействующей равно частному от деления статического момента относительно того же начала площади нагрузки на эту площадь, т.е.

$$\begin{aligned} \varphi_N &= \frac{\int_{\varphi_1}^{\varphi_1+\beta} \varphi \sin \varphi d\varphi}{\int_{\varphi_1}^{\varphi_1+\beta} \sin \varphi d\varphi} = [\sin(\varphi_1 + \beta) - \sin \varphi_1 - \\ &- (\varphi_1 + \beta) \cos(\varphi_1 + \beta) + \varphi_1 \cos \varphi_1] \times \\ &\times [\cos \varphi_1 - \cos(\varphi_1 + \beta)]^{-1}. \end{aligned} \quad (12)$$

Момент силы трения, создаваемый на элементарной площадке шкива, соответствующей углу $d\varphi$

$$dM_T = f dN \frac{D_r}{2} = f p_0 b \frac{D_r^2}{4} \sin \varphi d\varphi. \quad (13)$$

Полный момент силы трения

$$\begin{aligned} dM_T &= f p_0 b \frac{D_r^2}{4} \int_{\varphi_1}^{\varphi_1+\beta} \sin \varphi d\varphi = \\ &= f p_0 b \frac{D_r^2}{4} (\cos \varphi_1 - \cos(\varphi_1 + \beta)). \end{aligned} \quad (14)$$

Для определения равнодействующей сил трения воспользуемся ее проекцией на координатную ось Ох:

$$\begin{aligned} dT_x &= dT \cos \varphi = f dN \cos \varphi = \\ &= f p_0 b \frac{D_r}{2} \sin \varphi \cos \varphi d\varphi. \end{aligned} \quad (15)$$

Проекция равнодействующей

$$\begin{aligned} T_x &= f p_0 b \frac{D_r}{2} \int_{\varphi_1}^{\varphi_1+\beta} \sin \varphi \cos \varphi d\varphi = \\ &= f p_0 b \frac{D_r}{4} (\sin^2(\varphi_1 + \beta) - \sin^2 \varphi_1). \end{aligned} \quad (16)$$

Так как направление равнодействующей сил трения перпендикулярно равнодействующей сил нормального давления, вызывающих силы трения, то

$$T = \frac{T_x}{\cos \varphi_N} = f p_0 b \frac{D_r}{4} \frac{\sin^2(\varphi_1 + \beta) - \sin^2 \varphi_1}{\cos \frac{\sin(\varphi_1 + \beta) - \sin \varphi_1 - (\varphi_1 + \beta) \cos(\varphi_1 + \beta) + \varphi_1 \cos \varphi_1}{\cos \varphi_1 - \cos(\varphi_1 + \beta)}}. \quad (17)$$

Графики зависимости $N(\varphi_1)$ и $T(\varphi_1)$ представлены на рисунках 4а и 4б, соответственно. При расчетах принято: $p_0 = 8 \cdot 10^5 \text{ Па}$, $b = 0,1 \text{ м}$, $D_r = 0,6 \text{ м}$, $f = 0,3$, $\beta = 70^\circ$.

Представляет интерес исследование зависимости угла между направлением равнодействующей сил нормального давления и линией симметрии тормозной колодки OO' (угла δ от угла φ_1) (рис. 5), так как она характеризует степень неравномерности распределения давления по дуге соприкосновения колодки с тормозным шкивом.

Таким образом, чем дальше расположен центр поворота колодки, положение которого характеризуется углом φ_1 , тем меньше неравномерность ее износа.

Контроль за техническим состоянием тормозных накладок и в целом за краном занимает много времени, следовательно совершенствование тормозов при обеспечении безопасной эксплуатации ПТМ является актуальной научно-технической проблемой.

Так колодочные тормоза грузоподъемных кранов, применяемых на ремонтных предприятиях агропромышленного комплекса, не могут эксплуатироваться при износе тормозных накладок до появления головок заклепок или более 50 % от первоначальной толщины тормозных накладок. Контроль за износом тормозных фрикционных накладок является важной и трудоемкой задачей [2].

Проведенный патентный поиск показывает, что известен колодочный тормоз с электромагнитом, включающий шкив, тормозные колодки (левую и правую), стойки (левую и правую), шток, серьгу, замыкающую пружину, вспомогательную пружину, электромагнит, якорь электромагнита [4].

Работа колодочного тормоза допускается до тех пор, пока износ фрикционных накладок не уменьшится до половины первоначальной толщины [5].

износа толщины фрикционных накладок.

Для повышения безопасности работы при эксплуатации мостового крана, в БГАТУ разработано запатентованное устройство, позволяющее сигнали-

Недостатком данного колодочного тормоза с электромагнитом является отсутствие автоматического контроля предельного

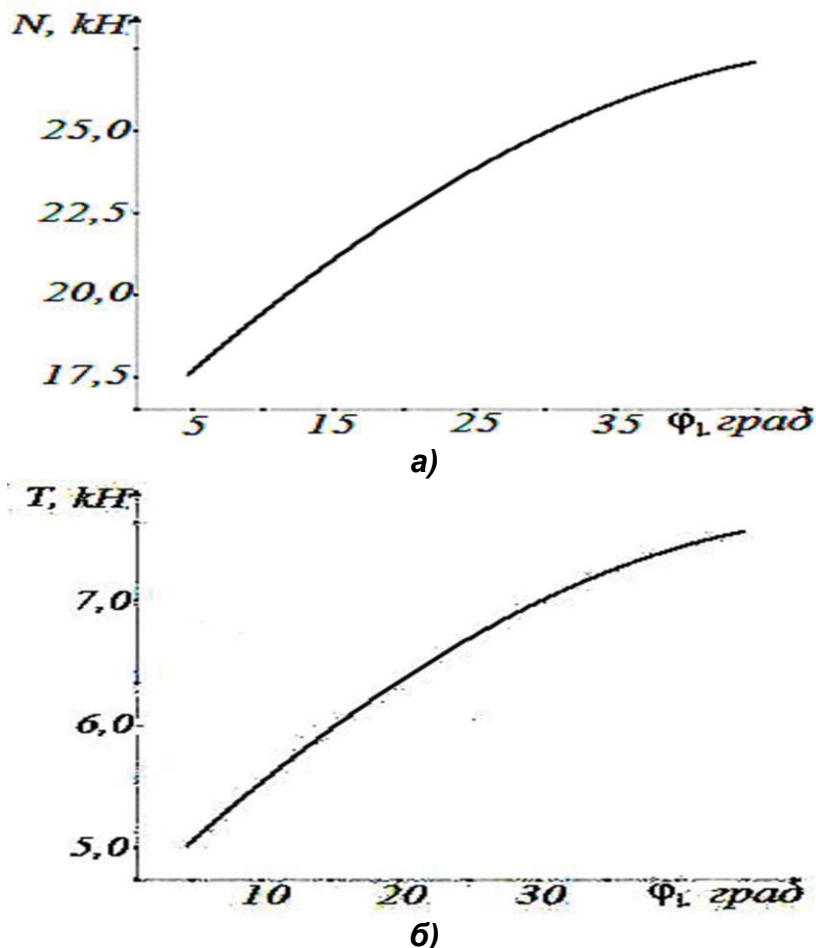


Рисунок 4. Графики зависимостей $N(\varphi_1)$ (а) и $T(\varphi_1)$ (б)

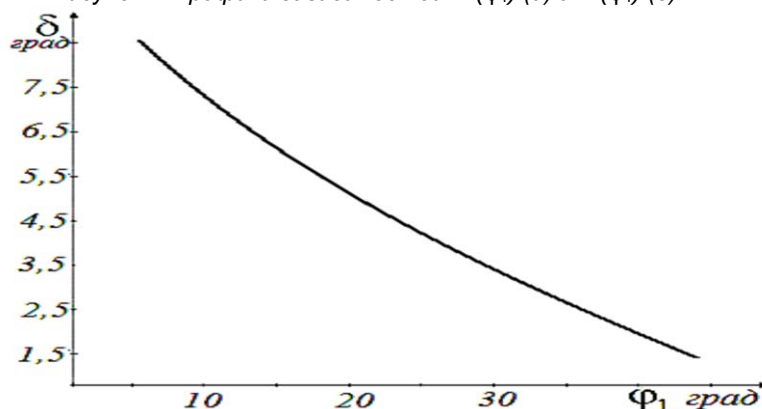


Рисунок 5. График зависимости угла δ от угла φ_1 .

зирать машинисту о наступлении предельного рабочего состояния фрикционных накладок тормозов [6] (рис. 6).

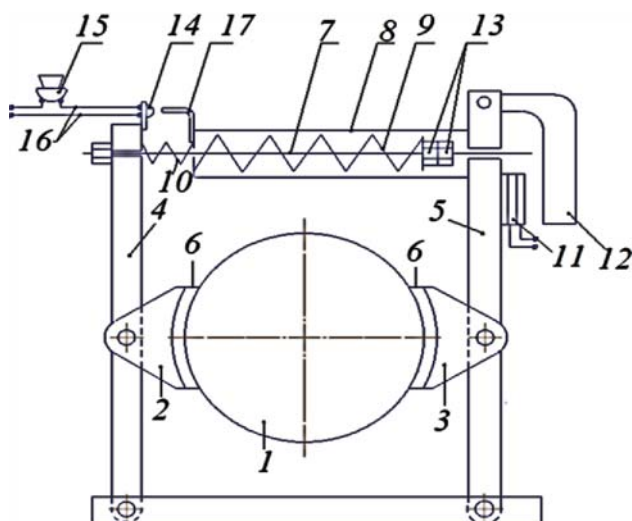


Рисунок 6. Колодочный тормоз с электромагнитом с системой автоматического контроля предельного износа толщины фрикционных накладок

Колодочный тормоз с электромагнитом включает шкив 1, тормозные колодки, левую 2 и правую 3, стойки, левую 4 и правую 5, фрикционные накладки 6, шток 7, серьгу 8, замыкающую пружину 9, вспомогательную пружину 10, электромагнит 11, якорь электромагнита 12, регулировочные гайки 13, включатель 14, установленный на левой стойке 4, электрический звонок 15, систему электрических проводов 16, толкатель 17, установленный на серьге 8.

Колодочный тормоз с электромагнитом работает следующим образом.

С помощью регулировочных гаек 13 устанавливают требуемое усилие сжатия замыкающей пружины 9, которая одним торцом через гайки 13 воздействует на шток 7, который через левую стойку 4 прижимает к шкиву левую колодку 2, вторым торцом замыкающая пружина 9 воздействует на серьгу 8, которая через правую стойку 5 прижимает к шкиву 1 правую колодку 3. Растормаживание производится электромагнитом 11.

В процессе износа фрикционных накладок 6 тормозных колодок, левой 2 и правой 3, замыкающая пружина 9 уменьшает расстояние между серьгой 8 и левой стойкой 4, при этом толкатель 17, укрепленный на серьге 8, воздействуя на включатель 14, установленный на левой стойке 4, замыкает электрическую цепь и звонит электрический звонок 15.

Применение системы автоматического контроля предельного износа толщины фрикционных накладок уменьшает трудоемкость технического обслуживания

тормоза с электромагнитом и повышает надежность и безопасность его работы.

Заключение

Математически описан процесс износа фрикционной накладки тормозной колодки и построена кривая ее износа в полярных координатах, которая показывает, что наибольший износ фрикционной накладки происходит у ее удаленного от точки поворота конца рычага.

На основании патентного поиска и анализа конструкции колодочных тормозов с электромагнитом для повышения безопасности работы при эксплуатации грузоподъемных кранов на кафедре механики материалов и деталей машин БГАТУ разработано запатентованное устройство, позволяющее сигнализировать машинисту о наступлении предельного рабочего состояния тормозных накладок, которое может быть внедрено в конструкции тормозов грузоподъемных кранов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Носко, А.Л. Методы повышения эффективности тормозов при обеспечении безопасности грузоподъемных машин: автореф... дис. докт. техн. наук: 05.05.04 / А.Л. Носко; Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана. – М., 2014. – 35 с.
2. Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов. – 6-е изд. – Минск: ДИЭКОС, 2010. – 226 с
3. Кузьмин, А.В. Справочник по расчетам механизмов подъемно-транспортных машин / А.В. Кузьмин, Ф.Л. Марон. – Минск: Вышэйшая школа, 1983. – 272 с.
4. Александров, И.П. Подъемно-транспортные машины: учеб. для машиностроит. спец. вуз. / И.П. Александров. – 6-е изд., перераб. – М.: Высш. шк., 1985. – 520 с.
5. Горбунов, И.В. Устройства и эксплуатация автомобильных кранов с электрическим и гидравлическим приводами: учеб. пос. / И.В. Горбунов, А.Ф. Лобзин. – М.: ДОСААФ, 1986. – 342 с.
6. Колодочный тормоз с электромагнитом: патент 4998 Респ. Беларусь, МПК В 60Т 17/18, F 16D 66/00 / К.В. Сашко, Н.Н. Романюк, П.В. Клавсуть, А.Л. Вольский, О.В. Полещук, Е.Ю. Иванова, Д.Д. Арабок, И.Е. Апостолюк; заяв. Белорус. гос. аграр. техн. ун-т. – № u20080533; заявл. 27.06.2008; опубл. 28.02.2009 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці, 2009. – № 1. – С. 165-166.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 05.05.2020

К ВОПРОСУ ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ ДВИЖИТЕЛЯ МНОГОЦЕЛЕВЫХ КОЛЁСНЫХ МАШИН

В.В. Гуськов,

профессор каф. «Тракторы» БНТУ, докт. техн. наук, профессор

А.С. Поварехо,

доцент каф. «Тракторы» БНТУ, канд. техн. наук, доцент

А.А. Сушнёв,

студент автотракторного факультета БНТУ

В.И. Шимукович,

студент автотракторного факультета БНТУ

П.А. Шишко,

студент автотракторного факультета БНТУ

В статье рассмотрен процесс взаимодействия движителя колесной машины с грунтовой поверхностью и определены тягово-сцепные свойства колеса в зависимости от физико-механических свойств грунтовой поверхности. Приведен пример оптимизации параметров ведущего колеса 580/70R42.

Ключевые слова: колесо, движитель, глубина колеи, касательная сила тяги, оптимизация, тяговый коэффициент полезного действия.

The article describes the process of interaction of wheeled machine mover with the ground surface and determines the traction properties of the wheel depending on the physical and mechanical properties of the ground surface. An example of optimizing the parameters of the drive wheel 580 / 70R42 is given.

Keywords: wheel, mover, depth gauge, tangential thrust, optimization of the traction coefficient.

Введение

Вопросы, связанные с исследованием тяговых качеств колесных машин, рассматриваются во многих работах [1-3]. Следует отметить, что для машины в целом тяговые и динамические качества принято оценивать тяговым КПД и динамическим фактором [3-5]. Однако каждое из колес функционирует в определенных условиях, с точки зрения вертикальной нагрузки, подводимого крутящего момента, условий движения. Кроме того, для большинства тракторов, колеса переднего и заднего мостов имеют различные размеры. В связи с этим особый интерес представляет оценка вклада каждого отдельного колеса в общую тяговую динамику многоосной колесной машины (МКМ) при ее движении по грунтовой поверхности.

Тягово-сцепные свойства колеса зависят от большого числа параметров. К ним относятся конструктивные параметры машин, с одной стороны, и физико-механические свойства грунтовой поверхности, с другой.

К основным конструктивным параметрам относятся: нормальная нагрузка на колесо G , параметры движителя – диаметр D и ширина b , давление в шинах p_w , высота h_z , шаг t_z и конфигурация грунтозацепов и ряд других.

К основным физико-механическим свойствам грунтов относятся: сопротивление грунтовой поверхности сжатию σ и сдвигу τ . Большое влияние на тяговые и динамические характеристики машины оказывает влажность грунта, определяемая по формуле:

$$W = \frac{Q_{\text{вод}}}{Q_{\text{обр}}} \cdot 100\%,$$

где $Q_{\text{вод}}$ – масса воды в исследуемом образце грунта, кг;

$Q_{\text{обр}}$ – масса всего образца, кг.

Тягово-сцепные свойства МКМ также зависят от категории грунта (минеральный или торфяно-болотный), вида грунтовой поверхности (целина, залежь, пахота и т.д.).

Целью данного исследования является оптимизация параметров движителя МКМ при движении по грунтовой поверхности.

В качестве критерия эффективности был принят тяговый коэффициент полезного действия колеса.

Основная часть

Как указывалось выше, при проектировании колесной машины возникают вопросы выбора параметров ее движителя при заданной нагрузке на колесо или определение оптимальной нормальной нагрузки при заданных параметрах колеса.

Многообразие конструктивных и компоновочных решений шасси колесных машин (рис. 1, 2) усложняет подбор шин и нагрузочных режимов работы колес отдельных мостов.

Компоновочные решения могут отличаться числом мостов колесной машины, количеством ведущих и ведомых, управляемых и не управляемых колес, характером их расположения вдоль базы машины. Могут использоваться сдвоенные и строенные тележки. Все это приводит к тому, что нагрузки на колеса и условия их движения оказываются различными. Поэтому выбор колесной схемы шасси, характера перевозимого груза, распределения нагрузки вдоль грузовой платформы необходимо производить из условия обеспечения наибольшей эффективности работы колес ведущих мостов, с точки зрения наилучшей реализации тяговых и динамических качеств. Все это позволит повысить тягово-сцепные качества машины, топливную экономичность и производительность в целом.

В зависимости от типа подвода крутящего момента к ведущим колесам (дифференциальный или

блокированный), условий движения (прямолинейное или на повороте), конструктивных особенностей трансмиссии колесо может работать в тяговом или тормозном режимах. В данной работе рассматривается движение колеса в тяговом режиме.

Расчетная схема движения ведущего колеса с учетом действующих на него сил представлена в работах [2, 3].

Согласно этой схеме, в статье приняты следующие обозначения: r_o , $r_{ст}$, r_d – номинальный, статический и динамический радиусы колеса, м; c – координата точки O'' приложения реакции грунтовой поверхности, м; $M_{кр}$, $M_{ин}$ – крутящий момент и инерционный момент, приложенные к центру O колеса, Н·м; h и $h_{ш}$ – глубина колеи и деформация шины под действием нормальной нагрузки G , м; $F_{ост}$, $F_{ин}$, $F_{воз}$ – силы сопротивления остова машины, инерции и сопротивления воздуха, Н.

Авторами предлагается метод оптимизации параметров колеса и его нагрузки, когда в качестве критерия эффективности (целевой функции) принимается



Рисунок 1. Некоторые варианты компоновок колесных шасси



Рисунок 2. Варианты компоновки колесных тракторов и тракторных агрегатов

коэффициент полезного действия ведущего колеса η_k , который определяется согласно выражению:

$$\eta_k = (1 - \delta) \cdot \left(1 - \frac{F_{\text{сопр}}}{F_k}\right),$$

где $F_{\text{сопр}}$ – сила сопротивления за счет смятия грунта движителем и образования колеи, Н;

F_k – касательная сила тяги, Н;

δ – буксование (в долях единицы).

Для определения параметров, входящих в формулу коэффициента полезного действия колеса, на основе принципа Даламбера были составлены уравнения равновесия сил и моментов, приложенных к ведущему колесу, движущимся по горизонтальной грунтовой поверхности в установившемся режиме:

$$\begin{cases} \Sigma X = x - F_{\text{ост}} = 0; & x = F_{\text{ост}}; \\ \Sigma Y = y - G = 0; & y = G; \\ \Sigma M_0 = y \cdot c + x \cdot r_d - M_{\text{кр}} = 0; \\ M_{\text{кр}} = y \cdot c + x \cdot r_d. \end{cases} \quad (1)$$

С учетом приведенных на рис. 3 обозначений, сила сопротивления движению за счет смятия грунта колесом и образования колеи, равна:

$$F_{\text{сопр}} = y \cdot \frac{G}{r_d} = G \cdot \frac{c}{r_d} = f \cdot G,$$

где f – коэффициент сопротивления движению за счет образования колеи.

Реакция x представляет движущую силу, которую обозначим как $F_k = x$.

Для определения величин, входящих в систему уравнений (1), разработаны теоретические основы процесса взаимодействия ведущего колеса с грунтовой поверхностью [2]. Они базируются на современных положениях теории механики грунтов при приложении динамических нагрузок и зависимостях сопротивлений грунта сжатию и сдвигу, предложенных профессором В.В. Кацыгиным [4].

В частности, напряжение сжатия грунта определяется по формуле:

$$\sigma = \sigma_0 \cdot th\left(\frac{k}{\sigma_0} \cdot h\right),$$

где σ_0 – несущая способность грунта, Н/м²;

k – коэффициент объемного смятия грунта, Н/м³;

h – глубина погружения штампа, м.

Напряжения сдвига, возникающие при деформации грунта:

$$\tau = f_{\text{ск}} \cdot q_x \cdot \left(1 + \frac{f_{\text{п}}}{ch \frac{\Delta}{k_{\tau}}}\right) \cdot th \frac{\Delta}{k_{\tau}},$$

где q_x – давление колеса на грунт, Н/м²;

$f_{\text{ск}}$ – коэффициент трения скольжения;

$f_{\text{п}}$ – коэффициент трения покоя;

k_{τ} – коэффициент деформации грунта, м;

Δ – деформация сдвига, м.

Графическое изображение зависимости напряжений сжатия грунта приведено на рис. 3.

Из рис. 3 видно, что имеется три участка этой зависимости: первый участок отражает упругую деформацию; второй – пластическую; третий – течение грунта.

Графическое изображение зависимости напряжений сдвига, возникающих при деформации грунта приведено на рис. 4.

На рис. 4 видно, что напряжения сдвига достигают максимума при некоторой деформации Δ_0 , а

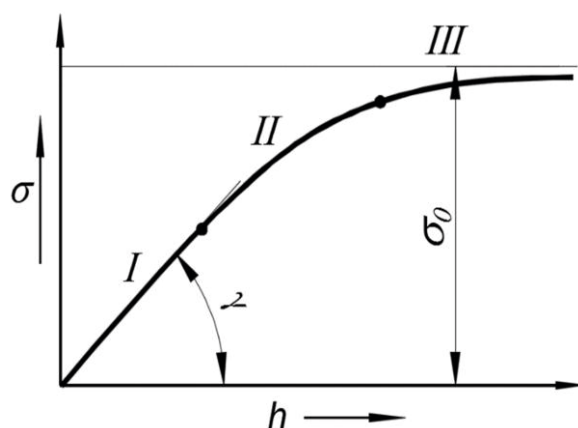


Рисунок 3. Зависимость напряжений сжатия от деформации ($k=\text{tg } \gamma$)

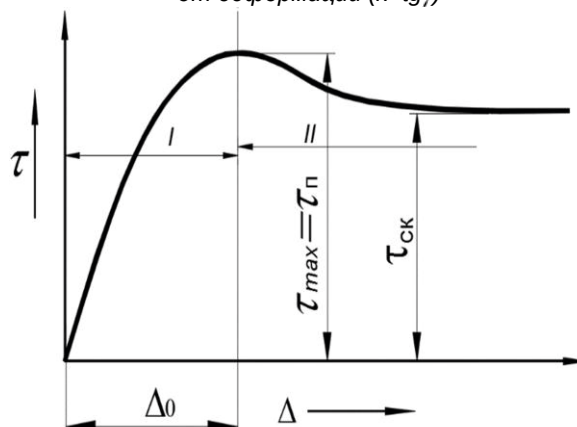


Рисунок 4. Зависимость напряжений сдвига от деформации

затем снижаются. Это явление объясняется тем, что на участке I грунт уплотняется (трение покоя), а на участке II – сдвигается (трение скольжения).

На основе положений механики грунтов получены математические выражения для определения силовых параметров, действующих на колесо. Указанные показатели предлагается определить согласно разработанному алгоритму процесса взаимодействия ведущего колеса с грунтовой поверхностью [2].

При этом были приняты следующие допущения.

1. Колесо движется под действием приложенного к нему крутящего момента $M_{\text{кр}}$ в установившемся режиме по горизонтальной поверхности.

2. При рассмотрении процесса взаимодействия ведущего колеса с грунтовой поверхностью исполь-

зуются механические характеристики грунтов, определяемые по математическим зависимостям, предложенным профессором В.В. Кацыгиным [4].

3. Номинальный радиус r_0 реального колеса заменяется приведенным радиусом $r_{пр}$ жесткого колеса согласно расчетной схеме (рис. 5):

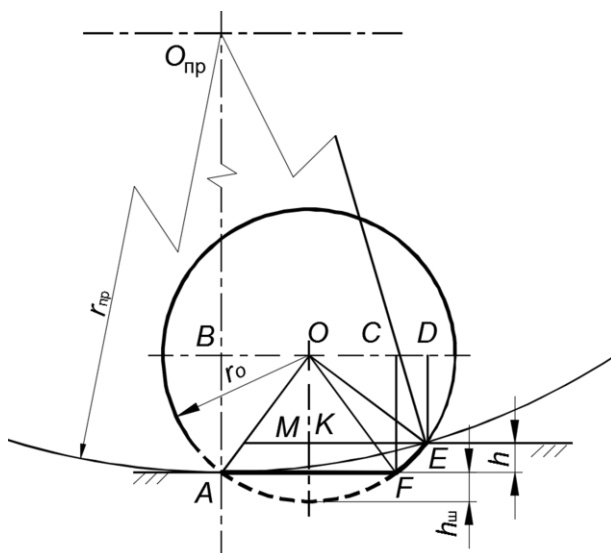


Рисунок 5. Схема приведения номинального радиуса r_0 шины к радиусу $r_{пр}$ жесткого колеса

$$r_{пр} = \frac{h^2 + [2\sqrt{r_0 \cdot h_{ш}} - h_{ш}^2 + \sqrt{2r_0 \cdot h - h^2}]^2}{2h}$$

4. Реакции грунта направлены перпендикулярно опорной поверхности колеса.

В соответствии с этими допущениями получим.

Сила сопротивления движению:

$$F_{сопр} = \int_0^{h_0} b \cdot \sigma_0 \cdot th \left[\frac{k}{4 \cdot b \cdot \sigma_0} \cdot D_{пр} \cdot \ln \left(\frac{D_{пр} - h}{D_{пр} - h_0} \right) \right] dh, \quad (2)$$

где b – ширина колеса, м;

$D_{пр}$ – приведенный диаметр колеса, м;

h_0 – деформация грунта при соответствующей вертикальной нагрузке, м.

Вертикальная нагрузка, приводящая к деформации грунта, на величину h_0 :

$$G = \int_0^{h_0} \frac{b \cdot \sigma_0 \cdot (D_{пр} - 2 \cdot h)}{2 \cdot \sqrt{D_{пр} \cdot h - h^2}} \cdot th \left[\frac{k}{4 \cdot b \cdot \sigma_0} \cdot D_{пр} \cdot \ln \left(\frac{D_{пр} - h}{D_{пр} - h_0} \right) \right] dh. \quad (3)$$

Процесс буксования ведущего колеса

При движении по естественной поверхности грунта процесс взаимодействия движителя МКМ с грунтовой поверхностью всегда сопровождается бук-

сованием. Чтобы раскрыть природу этого явления рассмотрим особенности этого процесса.

Как известно, при движении МКМ возникают потери скорости за счет буксования ведущих колес. Существует несколько видений процесса буксования ведущих колес [1, 2, 4]. Одно из них, наиболее отражающее реальный процесс буксования ведущих колес, заключается в том, что при взаимодействии ведущего колеса с грунтом действуют силы трения между опорной поверхностью шины и грунтом; силы, возникающие при упоре грунтозацепов шины в грунт; силы, возникающие при срезе грунтового кирпича боковыми гранями грунтозацепов [1, 2]. На дорогах с твердым покрытием основное значение имеют силы трения. На грунтовых поверхностях значение сил сдвига и среза возрастает, и во многих случаях является определяющим.

При движении ведущего колеса его грунтозацепы сдвигают и срезают грунт в направлении, обратном движению. Упор грунтозацепов в грунт, сдвиг и срез грунтовых кирпичей, зажатых между ними, возможны только при полном использовании сил трения, т.е. когда имеется пробуксовка колеса.

Теоретически передача ведущего момента обязательно должна сопровождаться буксованием, в результате чего ось колеса перемещается как бы на соответствующее расстояние назад. В этом, главным образом, заключается физическая сущность буксования ведущих колес на деформируемой поверхности и причина снижения их поступательной скорости. Дополнительное незначительное снижение поступательной скорости ведущих колес обуславливается тангенциальными деформациями шин.

Благодаря эластичности шин, в окружном направлении участки ее, приближающиеся при качении колеса к площадке контакта шины с грунтом, под действием ведущего момента сжимаются, вследствие чего путь, проходимый колесом за один оборот, уменьшается. Из сказанного выше следует, что сцепление опорной поверхности колеса с грунтом происходит за счет сил трения, возникающих между шиной и грунтом, и силы сдвига и среза грунтовых кирпичей, зажатых между грунтозацепами. При движении колеса ($v = const$) сдвиг и срез грунтовых кирпичей происходит в основном в период выхода последнего грунтозацепа опорной поверхности колеса из грунта. В этот момент нагрузка от вышедшего из зацепления грунтозацепа перераспределяется на остальные, находящиеся в зацеплении. Все грунтозацепы сдвигают и срезают грунт на одинаковую величину, причем первый сдвигается на величину Δ_1 , второй – на величину $\Delta_1 + \Delta_1 = 2 \cdot \Delta_1$, третий – на $\Delta_1 + \Delta_1 + \Delta_1 = 3 \cdot \Delta_1$ и т.д. Поскольку первый грунтозацеп пройдет все стадии зацепления от входа в грунт до выхода из не-

го, наибольший сдвиг и срез грунта при выходе его из зацепления равен

$$\Delta_{max} = n \cdot \Delta_1,$$

где n – число грунтозацепов в зацеплении опорной поверхности колеса с грунтом.

С другой стороны, наибольший сдвиг и срез грунта можно представить как произведение коэффициента буксования δ на длину опорной поверхности колеса $L_{пр}$, т.е.

$$\Delta_{max} = \delta \cdot L_{пр}.$$

Исследования [1, 2] показали, что распределение деформации сдвига и среза грунтовых кирпичей в контакте опорной поверхности колеса с грунтом можно представить в виде треугольника.

Напряжения сдвига $\tau_{сдi}$, возникающие в грунте при воздействии на него грунтозацепами, возрастают до определенного максимума, после чего они убывают, и при полном срезе грунтового кирпича достигают постоянного значения $\tau_{сдск}$ (рис. 4).

В то же время напряжение $\tau_{ср}$, возникающее при срезе грунтового кирпича боковыми гранями грунтозацепа с высотой h_r , можно в первом приближении считать не зависящим от деформации.

Коэффициенты трения f_n , покоя и скольжения $f_{ск}$ зависят от давления q_x , причем чем больше давление, тем меньше их величина.

Таким образом, движущая реакция x ведущего эластичного колеса, оборудованного грунтозацепами, равна сумме сил трения и реакций сдвига и среза на каждом грунтозацепе, и имеет максимальное значение при некотором буксовании меньше единицы (в пределах 25...45 % буксования в зависимости от категории грунта).

Давление q_x распределяется по длине опорной поверхности колеса неравномерно, и эпюра давления представляет сложную конфигурацию [6]. Для упрощения решения эту фигуру можно заменить в первом приближении треугольником.

С учетом этих допущений касательная сила тяги ведущего колеса может быть определена из следующего уравнения:

$$x = F_K = \int_0^{L_{пр}} \frac{2 \cdot b \cdot f_{ск} \cdot q_x}{L_{пр} \cdot \delta_x} \times \\ \times \left(1 + \frac{f_n}{ch \frac{\delta_x \cdot x}{k_\tau}} \right) \cdot th \frac{\delta_x \cdot x}{k_\tau} dL,$$

где $L_{пр}$ – длина АВ опорной поверхности колеса, м:

$$L_{пр} = 2\sqrt{2 \cdot r_0 \cdot h_{ш} - h_{ш}^2} + \\ + r_0 \cdot arccos \frac{r_0 - h}{r_0}.$$

Таким образом, на основе предложенных математических моделей оценка оптимальных условий

работы движителя колесной машины может решаться в двух направлениях.

1. Определяется оптимальная вертикальная нагрузка на колесо при его заданных конструктивных параметрах, т.е. решается уравнение вида:

$$\frac{\partial \eta_k}{\partial G} \rightarrow 0.$$

2. Определяются конструктивные параметры колеса при заданной нагрузке:

$$\frac{\partial \eta_k}{\partial (D_0, b_0, p_w, \dots)} \rightarrow 0.$$

Для верификации предложенной методики приводится пример решения задачи оптимизации нормальной G нагрузки на ведущее колесо (шина 580/70R42) с размерами: $D_0=1,9$ м; $b_0=0,714$ м при давлении $p_w=0,2$ МПа, движущегося по стерне суглинка нормальной влажности ($W=16\%$). Грунт имеет следующие физико-механические свойства: $f_{ск}=0,76$; $f_n=0,79$; $k_\tau=0,04$ м; $\sigma_0=1,58 \cdot 10^6$ Н/м², $k=0,58 \cdot 10^6$ Н/м³.

На рис. 6 представлены результаты расчета тягово-сцепных свойств указанной шины в зависимости от нормальной нагрузки.

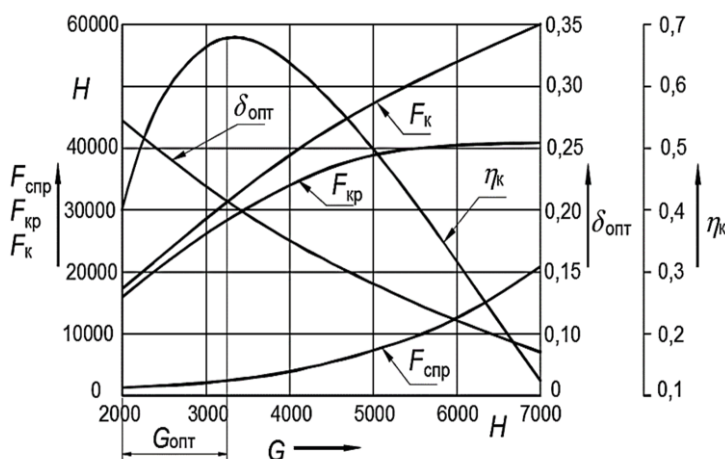


Рисунок 6. Тягово-сцепные свойства шин 580/70R42 в зависимости от вертикальной нагрузки: $\delta_{опт}$ – буксование при наибольшей касательной силе тяги колеса F_K ; $F_{кр}$ – крюковое усилие

Крюковое усилие представляет полезное усилие, реализуемое колесом, и определяется:

$$F_{кр} = F_K - F_{сопр}$$

Как видно из представленных графических зависимостей, с ростом вертикальной нагрузки на колесо происходит рост касательной силы тяги F_K , силы сопротивления движению колеса $F_{сопр}$ и, соответственно, реализуемой крюковой нагрузки $F_{кр}$.

При этом зависимость коэффициента полезного действия колеса η_k имеет ярко выраженный макси-

мум, соответствующий вертикальной нагрузке $G_{\text{опт}}=32,5$ кН.

Заключение

1. Разработана модель взаимодействия ведущего колеса с грунтовой поверхностью, позволяющая с достаточной точностью определить тягово-сцепные и экономические свойства колесного движителя МКМ.

2. Предложен метод оптимизации при использовании в качестве критерия эффективности тягового коэффициента полезного действия колеса, позволяющий определить рациональные параметры проектируемого колесного движителя, обладающего высокой эффективностью и экономичностью.

3. Указанный метод внедрен в практику проектирования перспективных колесных тракторов семейства «Беларус» Минского тракторного завода.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Беккер, М.Г. Введение в теорию местности колесных машин / М.Г. Беккер; пер. с англ. д-ра техн. наук В.В. Гуськова. – М.: Машиностроение, 1973. – 519 с.

2. Гуськов, В.В. Оптимальные параметры сельскохозяйственных тракторов / В.В. Гуськов. – М.: Машиностроение, 1966. – 196 с.

3. Исследование тягово-сцепных свойств колесного трактора при работе на переувлажненных почвах / В.В. Гуськов [и др.] // Агропанорама. – 2019. – № 5. – С. 8-12.

4. Кацыгин, В.В. Некоторые вопросы деформации почв / В.В. Кацыгин // Вопросы сельскохозяйственной механики. – Мн.: Урожай, 1964. – Т. XIII. – С. 28-43.

5. Проектирование полноприводных колесных машин: учеб. для вузов: в 3-х т. / Б.А. Афанасьев [и др.]; под ред. А.А. Полуняна. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. – Т. 1. – 496 с.

6. Zhdanovich, Ch. Selection of formulas for calculating the normal deformation of tractor tires and the area of the tire contact spot with the soil / Ch Zhdanovich, Yu Atamanov // Bioagrotechnical systems engineering. – 2009. – Vol. 4. – P. 119-126.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 06.05.2020

“Агропанорама” - научно-технический журнал для работников агропромышленного комплекса. Это издание для тех, кто стремится донести результаты своих исследований до широкого круга читателей, кого интересуют новые технологии, кто обладает практическим опытом решения задач.

Журнал “Агропанорама” включен в список изданий, рекомендуемых Высшей аттестационной комиссией для опубликования результатов диссертационных исследований по техническим (сельскохозяйственное машиностроение и энергетика, технический сервис в АПК), экономическим (АПК) и сельскохозяйственным наукам (зоотехния).

Журнал выходит один раз в два месяца, распространяется по подписке и в розницу в киоске БГАТУ. Подписной индекс в каталоге Республики Беларусь: для индивидуальных подписчиков - 74884, предприятий и организаций - 748842.

Стоимость подписки на 2-е полугодие 2020 года: для индивидуальных подписчиков - 25,77 руб., ведомственная подписка - 28,02 руб.

МЕТОДИКА РАСЧЕТА УРОЖАЙНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ С УЧЕТОМ УПЛОТНЯЮЩЕГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ХОДОВЫХ СИСТЕМ МТА НА ПОЧВУ

А.Н. Орда,

зав. каф. теоретической механики и теории механизмов и машин БГАТУ, докт. техн. наук, профессор

В.А. Шкляревич,

ст. преподаватель каф. теоретической механики и теории механизмов и машин БГАТУ

Н.Л. Ракова,

доцент каф. теоретической механики и теории механизмов и машин БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

А.Г. Вабищевич,

доцент каф. инженерной графики БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

В статье обоснована и разработана методика расчета урожайности сельскохозяйственных культур для различных технологий возделывания с учетом уплотняющего воздействия ходовых систем машинно-тракторных агрегатов на почву. Согласно предложенной методике, приведен пример расчета урожайности пшеницы, возделываемой по технологиям с традиционной и минимальной обработкой почвы.

Ключевые слова: технология возделывания, урожайность, переуплотнение почвы, плотность почвы, количество проходов по одному следу, площадь участка поля, пшеница.

The methodology for calculating crop yields for various cultivation technologies taking into account the compacting effect of the running systems of machine-tractor units on the soil is justified and developed in the article. According to the proposed method, an example of the calculation of wheat yields cultivated according to traditional and minimal technologies is given.

Keywords: cultivation technology, yield, overconsolidation, soil density, number of passes on the same trail, parcel size, wheat.

Введение

Применяемые в настоящее время интенсивные технологии земледелия в растениеводстве позволяют, с одной стороны, получать высокие урожаи сельскохозяйственных культур, а с другой – ведут к деградации земель сельскохозяйственного назначения – процессу, снижающему продуктивность и плодородие почвы в результате ухудшения ее свойств в сравнении с их оптимальными значениями. Одной из основных причин деградации сельскохозяйственных земель в условиях ведения интенсивного земледелия, при котором значительно усиливается воздействие на почву ходовых систем машинно-тракторных агрегатов (МТА), является ее переуплотнение. Чрезмерное уплотнение почвы, происходящее под воздействием ходовых систем тяжелых мощных тракторов и сельскохозяйственных машин, стало серьезной угрозой плодородию, приводит к нарушению ее структуры, и является одной из причин развития эрозионных процессов. Так, плотность пахотных слоев почвы под воздействием ходовых систем машинно-тракторных

агрегатов возрастает до 1500 кг/м^3 [1], в то время как оптимальная плотность для возделывания сельскохозяйственных культур составляет $1000\text{--}1300 \text{ кг/м}^3$ [2, 3]. Плотность подпахотных слоев почвы достигает величины 1700 кг/м^3 , близкой к критической [1, 4].

Чрезмерное уплотнение почвы приводит к снижению урожайности сельскохозяйственных культур в среднем на 5–20 %, а в редких случаях и более [5, 6], повышению затрат энергии и расхода топлива, уменьшению производительности [7].

Цель данного исследования – обосновать и разработать методику расчета урожайности сельскохозяйственных культур для различных технологий возделывания с учетом уплотняющего воздействия ходовых систем машинно-тракторных агрегатов на почву.

Основная часть

Урожайность сельскохозяйственной культуры является важнейшим критерием оценки целесообразности выбора и использования той, либо иной технологии ее возделывания. Технологические операции, связанные с обработкой почвы, – основные операции

производственного процесса возделывания сельскохозяйственной культуры. От количества и качества выполнения операций по обработке почвы зависит будущий урожай. Обработка почвы – механическое воздействие на почву рабочими органами почвообрабатывающих машинно-тракторных агрегатов, способствующее созданию оптимальных условий для роста и развития возделываемых сельскохозяйственных культур. Переуплотнение почвы и разрушение ее структуры ходовыми системами и рабочими органами почвообрабатывающих машинно-тракторных агрегатов – основные причины снижения урожайности сельскохозяйственных культур, ухудшения условий обработки почвы и повышения затрат на производство продукции растениеводства.

В целом все разнообразие путей и способов снижения чрезмерного уплотняющего воздействия ходовых систем МТА на почву можно условно разделить на три группы: технологические, конструктивные и агротехнические.

Технологические способы борьбы с переуплотнением почвы заключаются в уменьшении количества механических воздействий, глубины обработки и совмещении нескольких технологических операций. Так, к данному способу относятся: технологии возделывания, при которых площадь уплотненной поверхности поля минимальна; применение комбинирован-

ных широкозахватных агрегатов; внедрение в сельскохозяйственное производство мостового земледелия, секционных мобильных энергетических средств и модульного агрегатирования; использование агрегатов с рабочими органами-двигателями. То есть технологические способы борьбы с переуплотнением почвы напрямую связаны с технологией возделывания сельскохозяйственных культур и со способами ее обработки.

Применяются несколько общепризнанных технологий возделывания сельскохозяйственных культур, включающих различные способы обработки почвы: традиционная максимально развернутая; безотвальная; минимальная и нулевая (рис. 1).

Являясь частью технологии возделывания, минимальная обработка почвы заключается в том, что культуры выращиваются с меньшим количеством операций по обработке почвы в сравнении с традиционной максимально развернутой технологией [8]. Термин «минимальная обработка» (*minimum tillage*) носит обобщающий характер. Это понятие включает в себя все виды почвозащитной обработки за исключением нулевой.

Минимальной технологии обработки почвы в полной мере соответствуют получившие в наши дни повсеместное распространение комбинированные широкозахватные почвообрабатывающие и посевные агрегаты.

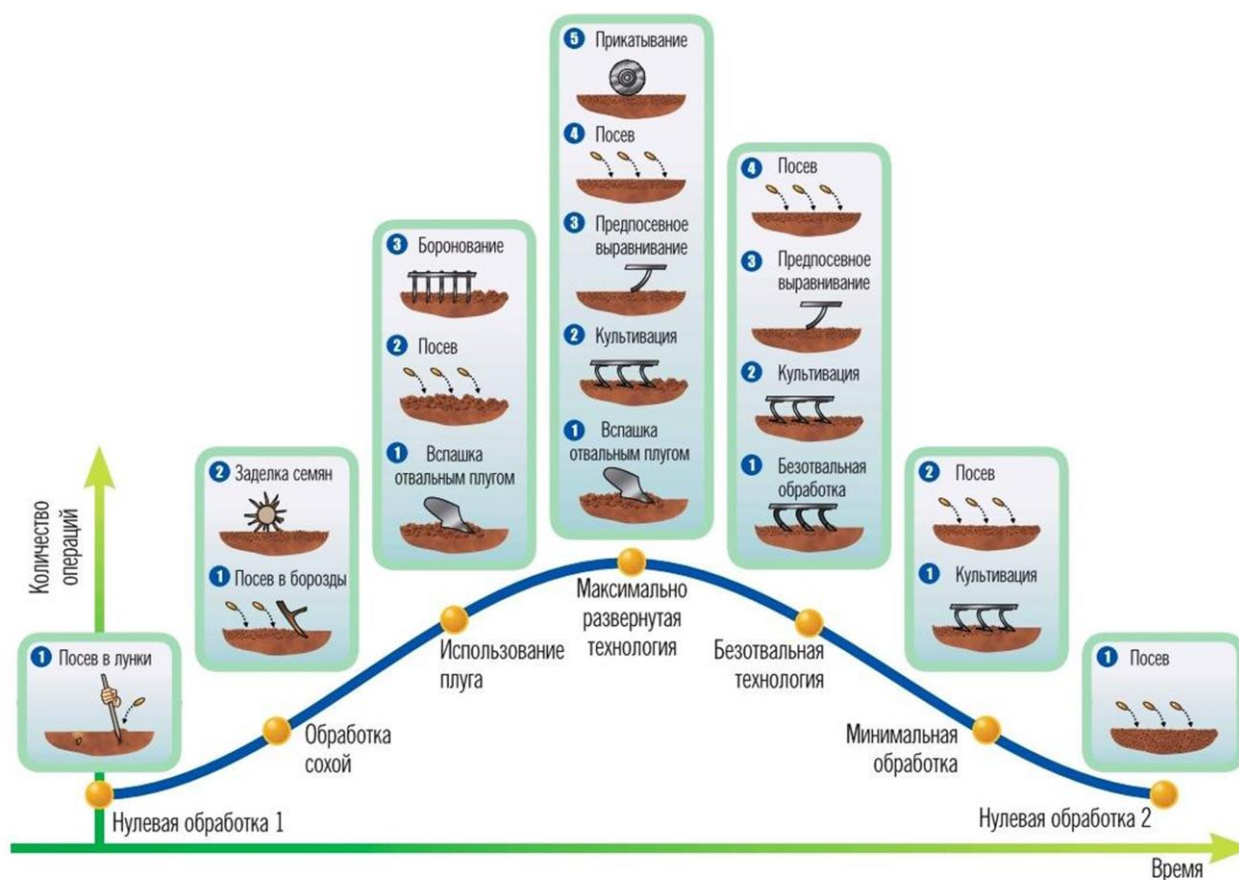


Рисунок 1. Историческое развитие способов обработки почвы [8]

Как уже отмечалось, плотность почвы является одним из важнейших факторов получения высокой урожайности сельскохозяйственных культур. Использование той, либо иной технологии возделывания определяет интенсивность воздействия ходовых систем МТА на почву. За период времени от подготовки почвы до уборки урожая разнообразные машины проходят по полю от 5 до 15 раз, а иногда и более. Суммарная площадь следов ходовых систем нередко вдвое превышает площадь поля, а на поворотных полосах – в 6-20 раз [9].

На основании взаимосвязи элементов системы «урожайность – плотность почвы» (рис. 2) предложена методика расчета урожайности сельскохозяйственных культур, возделываемых по различным технологиям, с учетом уплотняющего воздействия ходовых систем МТА на почву. Согласно методике, вначале производится расчет степени уплотнения верхнего слоя почвы при многократных проходах по ней ходовых систем МТА по следующей зависимости [10]:

$$\left(\frac{\rho_n}{\rho_0}\right) = 1 + \frac{\beta}{k} \left[p_0 \operatorname{th} \left(\frac{n \frac{B_1 k}{\rho_0^2}}{1 - \frac{\sigma_0^2}{\rho_0^2}} \right) + k_i \sigma_0 \lg n \right], \quad (1)$$

где ρ_n – плотность почвы после уплотнения, кг/м³;

ρ_0 – плотность верхнего слоя почвы до нагружения, кг/м³;

β – коэффициент распределения напряжений в почве, м⁻¹;

k – коэффициент объемного смятия почвы, Н/м³;

p_0 – предел несущей способности почвы, Па;

B_1 – коэффициент накопления повторных осадок почвы, кН/м;

σ_0 – напряжение в почве в пятне контакта под движителем, Па;

k_i – коэффициент интенсивности накопления необратимой деформации;

n – количество уплотняющих воздействий на почву (число повторных проходов ходовых систем по одному следу).

Плотность поверхностного слоя почвы после многократного уплотнения ее ходовыми системами МТА [10]:

$$\rho_n = \rho_0 \left(\frac{\rho_n}{\rho_0} \right). \quad (2)$$

Затем, в зависимости от используемой технологии возделывания, определяется кратность уплотняющих воздействий почвы ходовыми системами МТА. Рассчитываются площади участков поля, подверг-

шихся n -кратному числу повторных проходов ходовых систем МТА по одному следу.

Урожайность сельскохозяйственной культуры, получаемая после n -го количества уплотнений почвы с рыхлым верхним (пахотным) слоем и плотным нижним подстилающим основанием (плужной подшовой), определяется согласно зависимости [11]:

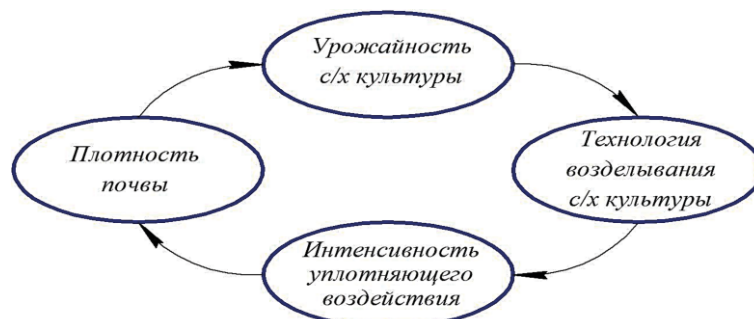


Рисунок 2. Взаимосвязь элементов системы «урожайность – плотность почвы»

$$Y_n = Y_{\max} \left[1 - \left(c_p (\rho_{pc} - \rho_{opt}) \right)^n + \left(c_{пп} (\rho_{ппс} - \rho_{opt}) \right)^n \right], \quad (3)$$

где $Y_{\max}$ – максимальная урожайность сельскохозяйственной культуры, получаемая при обеспечении оптимальных условий для ее возделывания;

c_p – почвенный коэффициент для пахотного слоя почвы, м³/кг;

$c_{пп}$ – почвенный коэффициент для подпахотного слоя почвы, м³/кг;

ρ_{pc} – плотность пахотного слоя почвы, кг/м³;

$\rho_{ппс}$ – плотность подпахотного слоя почвы, кг/м³;

ρ_{opt} – оптимальная плотность почвы для возделывания сельскохозяйственной культуры, кг/м³.

Расчет урожайности сельскохозяйственной культуры, получаемой после n -го количества уплотнений почвы с одинаковыми по глубине физико-механическими свойствами, например, стерни, производится по зависимости [11]:

$$Y_n = Y_{\max} \left(1 - c_{cp} (\rho_{cp} - \rho_{opt}) \right)^n, \quad (4)$$

где c_{cp} – почвенный коэффициент слоя почвы 0-40 см, м³/кг;

ρ_{cp} – средняя плотность слоя почвы 0-40 см, кг/м³.

Используя полученные данные по площадям участков поля, подвергшихся различной степени уплотняющего воздействия, и урожайности на них, определяется средневзвешенная урожайность сельскохозяйственной культуры, возделываемой по используемой технологии.

В качестве примера, согласно предложенной методике, рассчитаем и сравним урожайность пшеницы, возделываемой на дерново-подзолистой суглинистой

почве по технологиям с традиционной максимально развернутой и минимальной обработки почвы, с учетом уплотняющего воздействия ходовых систем машинно-тракторных агрегатов на почву.

Принимаем, что при возделывании пшеницы по традиционной технологии образуются участки поля, на которых число повторных проходов ходовых систем МТА по одному следу равняется 15 (поворотные полосы), т. е. $n = 15$. Часть поверхности поля подвергается десятикратному уплотнению ($n = 10$), часть – пятикратному ($n = 5$), а оставшаяся – не уплотняется ходовыми системами.

При использовании технологии возделывания пшеницы с минимальной обработкой почвы, при которой количество технологических операций значительно меньше в сравнении с традиционной, считаем, что некоторые участки поля подвергаются только пятикратному уплотнению ходовыми системами МТА ($n = 5$), оставшаяся площадь поля не уплотняется.

После подстановки значений величин и коэффициентов, входящих в зависимость (1), степень уплотнения дерново-подзолистой суглинистой почвы ($\beta = 3 \text{ м}^{-1}$; $k = 1500 \text{ кН/м}^3$; $p_0 = 400 \text{ кПа}$; $B_1 = 1,3 \text{ кН/м}$ и $k_n = 0,22$ при $n = 15$; $B_1 = 1,1 \text{ кН/м}$ и $k_n = 0,19$ при $n = 10$; $B_1 = 0,8 \text{ кН/м}$ и $k_n = 0,16$ при $n = 5$ [10]) при среднем значении $\sigma_0 = 100 \text{ кПа}$ для всех технологических операций, связанных с уплотняющим воздействием ходовых систем МТА на почву, при $n = 15$: $(\rho_n/\rho_0)_{15} = 1,39$, при $n = 10$: $(\rho_n/\rho_0)_{10} = 1,36$, при $n = 5$: $(\rho_n/\rho_0)_5 = 1,32$. То есть плотность почвы после 15 повторных проходов по ней ходовых систем МТА увеличилась в 1,39 раза, после 10 – в 1,36 раза, а после 5 – в 1,32 раза.

Согласно источникам [2, 3], оптимальная плотность ($\rho_{\text{опт}}$) дерново-подзолистых суглинистых почв для возделывания пшеницы находится в диапазоне 1100–1300 кг/м^3 (принимаем $\rho_{\text{опт}} = 1200 \text{ кг/м}^3$). Следовательно, согласно зависимости (2), при оптимальной плотности поверхностного слоя почвы и $n = 15$: $\rho_n = 1200 \cdot 1,39 = 1667 \text{ кг/м}^3$; при $n = 10$: $\rho_n = 1200 \cdot 1,36 = 1632 \text{ кг/м}^3$, а при $n = 5$: $\rho_n = 1200 \cdot 1,32 = 1584 \text{ кг/м}^3$.

Далее при расчетах площадей участков поля, подвергшихся различной степени уплотняющего воздействия, и урожайности пшеницы на этих участках используем соответственно индекс «1» для традиционной технологии возделывания и индекс «2» для технологии с минимальной обработкой почвы.

Известно, что при традиционной максимально развернутой технологии возделывания сельскохозяйственных культур, в среднем 10–12 % площади поля подвергаются воздействию движителей от 6 до 20 раз, 65–85 % – от 1 до 6 раз и только 10–15 % не уплотняются машинами [12, 13].

Примем площадь поля (A) под пшеницу, равную 50 га. Согласно приведенным данным, рассчитываем площади участков поля, n -кратно уплотненные ходовыми системами МТА. Тогда при $n = 15$: $A_{15}^1 = 0,05 \cdot A =$

$= 0,05 \cdot 50 = 2,5 \text{ га}$; при $n = 10$: $A_{10}^1 = 0,05 \cdot A = 0,05 \cdot 50 = 2,5 \text{ га}$; при $n = 5$: $A_5^1 = 0,75 \cdot A = 0,75 \cdot 50 = 37,5 \text{ га}$; площадь поля, не подвергшаяся уплотнению: $A_0^1 = 0,15 \cdot A = 0,15 \cdot 50 = 7,5 \text{ га}$.

При использовании технологии с минимальной обработкой почвы при возделывании сельскохозяйственных культур площадь следов в среднем не превышает 15 % площади поля [12, 13]. То есть площадь поля, подвергшаяся 5-кратному уплотнению, в нашем случае составляет: $A_5^2 = 0,15 \cdot A = 0,15 \cdot 50 = 7,5 \text{ га}$. Площадь поля, которая не уплотняется под воздействием ходовых систем МТА: $A_0^2 = 0,85 \cdot A = 0,85 \cdot 50 = 42,5 \text{ га}$.

Несмотря на то, что в нынешних условиях производства продукции растениеводства урожайность высокопродуктивных сортов пшеницы при условии строгого соблюдения технологии ее возделывания достигает 100 и более центнеров с гектара, для реалистичности расчетов принимаем в качестве максимальной среднюю урожайность пшеницы по республике за 2018 год – $Y_{\text{max}} = 27,5 \text{ ц/га}$ [14].

Так как в результате возделывания пшеницы по рассматриваемым технологиям в почве образуются рыхлый верхний слой и плотное нижнее подстилающее основание, расчеты урожайности проводим по зависимости (3). Значения коэффициентов, входящих в зависимость (3), принимаем равными: $c_n = 0,002 \text{ кг/м}^3$, $c_{\text{пл}} = 0,0012 \text{ кг/м}^3$ при $n = 15$; $c_n = 0,0019 \text{ кг/м}^3$, $c_{\text{пл}} = 0,0011 \text{ кг/м}^3$ при $n = 10$; $c_n = 0,0015 \text{ кг/м}^3$, $c_{\text{пл}} = 0,0009 \text{ кг/м}^3$ при $n = 5$ [11]. Плотность подпахотного слоя почвы $\rho_{\text{плс}} = 1700 \text{ кг/м}^3$ [1, 4].

Так, урожайность пшеницы в следах ходовых систем МТА после 15 повторных проходов: $Y_{15} = 17,8 \text{ ц/га}$; после 10 – 23,8 ц/га; после 5 – 25,1 ц/га.

Используя полученные выше данные по площадям участков поля, подвергшихся различной степени уплотняющего воздействия, и урожайности на них, найдем средневзвешенную урожайность пшеницы, возделываемой по обеим технологиям, с учетом уплотнения поверхности поля ходовыми системами МТА.

При использовании традиционной максимально развернутой технологии возделывания, урожайность пшеницы с учетом уплотнения поверхности поля ходовыми системами МТА составит:

$$Y^1 = \frac{Y_{15} \cdot A_{15}^1 + Y_{10} \cdot A_{10}^1 + Y_5 \cdot A_5^1 + Y_0 \cdot A_0^1}{A_{15}^1 + A_{10}^1 + A_5^1 + A_0^1} = \frac{17,8 \cdot 2,5 + 23,8 \cdot 2,5 + 25,1 \cdot 37,5 + 27,5 \cdot 7,5}{2,5 + 2,5 + 37,5 + 7,5} = 25,0 \text{ ц/га.} \quad (5)$$

При возделывании пшеницы по технологии с минимальной обработкой почвы с учетом уплотнения

поверхности поля ходовыми системами МТА урожайность пшеницы составит:

$$y^2 = \frac{Y_5 A_5^2 + Y_0 A_0^2}{A_5^2 + A_0^2} = \frac{25,1 \cdot 7,5 + 27,5 \cdot 42,5}{7,5 + 42,5} = 27,1 \text{ ц/га.} \quad (6)$$

Расчеты урожайности по зависимостям (5) и (6) показывают, что применение технологии возделывания пшеницы с минимальной обработкой почвы в сравнении с традиционной максимально развернутой позволяет уменьшить потери ее урожайности на 2,1 ц/га за счет сокращения количества уплотняющих воздействий ходовых систем МТА на почву. В масштабах республики прирост урожайности пшеницы на 2,1 ц/га, возделываемой по данным Национального статистического комитета Республики Беларусь [14] в 2018 году на 11,5 % (270 тыс. га) посевных площадей зерновых и зернобобовых культур (2 348 тыс. га), прибавил бы к ее валовому сбору:

$$0,21 \text{ т/га} \cdot 270 \text{ 000 га} = 56 \text{ 700 т.}$$

Заключение

Урожайность сельскохозяйственных культур является важнейшим критерием оценки целесообразности выбора и использования той или иной технологии возделывания. Выбор технологии возделывания определяет интенсивность воздействия ходовых систем МТА на почву. Оптимальная плотность почвы является одним из главных факторов получения высокой урожайности сельскохозяйственных культур. Поэтому использование технологий возделывания, обеспечивающих снижение количества и интенсивности уплотняющих воздействий ходовых систем машинно-тракторных агрегатов на почву, – важный резерв повышения урожайности сельскохозяйственных культур и эффективности производства продукции растениеводства в целом.

На основании взаимосвязи элементов системы «урожайность – плотность почвы» обоснована и разработана методика расчета урожайности сельскохозяйственных культур для различных технологий возделывания с учетом уплотняющего воздействия ходовых систем машинно-тракторных агрегатов на почву.

Согласно предложенной методике, приведен пример расчета урожайности пшеницы, который показывает, что использование технологии с минимальной обработкой почвы в сравнении с традиционной, максимально развернутой, только за счет сокращения количества уплотняющих воздействий ходовых систем МТА на почву позволяет уменьшить потери ее урожайности на 2,1 ц/га.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Афанасьев, Н.И. Основные проблемы физики дерново-подзолистых почв БССР и пути их решения / Н.И. Афанасьев // Почвоведение. – 1990 – № 5. – С. 128-138.
2. Роль оптимизации физических свойств почв Белоруссии в повышении урожайности сельскохозяйственных культур / Н.И. Афанасьев [и др.]; под общ. ред. Н.И. Афанасьева. – Минск : БелНИИТИ, 1985. – 35 с.
3. Шеин, Е.В. Агрофизика / Е.В. Шеин, В.М. Гончаров. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2006. – 400 с.
4. Орда, А.Н. Определение показателей уплотняющего воздействия на почву ходовых систем колесных тракторов / А.Н. Орда, В.А. Шкляревич, А.С. Воробей // Агропанорама. – 2016. – № 3. – С. 6-12.
5. Кушнарв, А.С. Механико-технологические основы обработки почвы / А.С. Кушнарв, В.И. Кочев. – Киев: Урожай, 1989. – 144 с.
6. Белов, Г.Д. Уплотнение почвы и урожайность зерновых / Г.Д. Белов, А.П. Подолько. – Минск: Ураджай, 1985. – 64 с.
7. Севернев, М.М. Энергосберегающие технологии в сельскохозяйственном производстве / М.М. Севернев. – Минск: Ураджай, 1994. – 222 с.
8. Шпаковский, Н.А. Эволюция технологий обработки почвы / Н.А. Шпаковский // Триз-профи: эффективные решения. – 2007. – № 2. – С. 62-65.
9. Кушнарв, А.С. Механико-технологические основы обработки почвы / А.С. Кушнарв, В.И. Кочев. – Киев: Урожай, 1989. – 144 с.
10. Орда, А.Н. Эколого-энергетические основы формирования машинно-тракторных агрегатов: дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.03 / А. Н. Орда. – Минск, 1997. – 226 с.
11. Русанов, В.А. Проблема переуплотнения почв движителями и эффективные пути ее решения / В.А. Русанов. – М.: ВИМ, 1998. – 368 с.
12. Кушнарв, А.С. Механико-технологические основы обработки почвы / А.С. Кушнарв, В.И. Кочев. – Киев: Урожай, 1989. – 144 с.
13. Нагорский, И.С. Научные основы повышения эффективности интенсивных технологий в сельскохозяйственном производстве / И.С. Нагорский // Техника в сельском хозяйстве. – 1989. – № 3. – С. 8-10.
14. Сельское хозяйство Республики Беларусь: стат. сб. / Национальный статистический комитет Республики Беларусь; редкол.: И.В. Медведева (пред. ред. кол.) [и др.]. – Минск, 2019. – 212 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 05.02.2020

УДК 664.692.5

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ РЕЖУЩЕГО МЕХАНИЗМА МАКАРОННОГО ПРЕССА НА ОСНОВЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ СКОЛЬЗЯЩЕГО РЕЗАНИЯ

В.Я. Груданов,

профессор каф. технологий и технического обеспечения процессов переработки сельскохозяйственной продукции БГАТУ, докт. техн. наук, профессор

А.Б. Торган,

доцент каф. технологий и технического обеспечения процессов переработки сельскохозяйственной продукции БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

Л.Т. Ткачева,

доцент каф. управления охраной труда БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

А.А. Лелевич,

студент инженерно-технологического факультета БГАТУ

В статье проанализированы основные закономерности теории резания материалов и сформулированы основные направления совершенствования конструкции режущего механизма макаронного пресса. Получена формула для определения оптимальной длины режущей кромки лезвий вращающегося ножа в зависимости от ширины кольцевой рабочей поверхности матрицы.

Ключевые слова: теория резания, скользящее резание, коэффициент скольжения, макаронный пресс, режущая кромка лезвия.

The basic laws of the theory of materials cutting and formulates the main directions for improving the design of the cutting mechanism of pasta press are analyzed in the article. The formula for determining the optimal length of the cutting edge of the blades of a rotating knife depending on the width of the annular working surface of the matrix was obtained.

Keywords: cutting theory, sliding cutting, sliding coefficient, pasta press, cutting edge of the blade.

Введение

Резание может быть осуществлено при относительно перемещении режущего инструмента и продукта, а также в зависимости от направления этого перемещения. Резание принято подразделять на рубящее и скользящее [1, 2].

При рубящем резании лезвие ножа, перемещаясь перпендикулярно режущей кромке, деформирует продукт и уплотняет его поверхностный слой, в котором возникают контактные напряжения, имеющие максимальное значение в зоне контакта с острой кромкой ножа.

В отличие от рубящего резания, при скользящем для резания продукта требуются меньшие уплотнение и усилие, т.к. перерезание продукта осуществляется отдельными микрозубчиками, причем суммарная длина микрозубчиков, одновременно участвующих в резании продукта, всегда меньше длины режущей кромки лезвия. По этой причине при скользящем резании величина контактных напряжений, необходимая для резания продукта, следовательно, и требующая усилия, значительно меньше, чем при рубящем резании. Важно отметить, что поверхности среза при скользящем резании получают более гладкими и

ровными, чем при рубящем резании, т.к. продукт подвержен меньшему силовому воздействию со стороны режущего инструмента. Скользящее резание целесообразно применять при резании пластичных продуктов с невысокой механической прочностью, при этом продукт значительно меньше деформируется. Сочные продукты не теряют сока, а их ломтики не разваливаются и не деформируются [3, 4].

Однако, как показывает опыт изучения технологий производства макаронных изделий, в макаронных прессах отечественного и зарубежного производства работа режущего механизма для отрезания отформованных полуфабрикатов основана на теории рубящего резания: макаронные прессы ЛПЛ-2М, ЛПЛ-1М, ЛМБ, ЛПШ-500, ЛПШ-750, ЛПШ-1000, швейцарский макаронный пресс ТРХО (210/520, 210/600, 2×210/520 и 2×2210/600). Рубящее резание (отрезание) применяется в современных пресс-автоматах РТ-ПМ-21, РТ-ПМ-21-01, РТ-ПМ-31, а также в пресс-автомате МИТ-2 (г. Барановичи). Неравномерная скорость прессования в сочетании с методом рубящего резания приводит к увеличению количества отходов в виде обрезков и в конечном счете – к снижению производительности. Количество отходов по указанной причине на

макаронных прессах достигает 20 %, а качество отрезанных полуфабрикатов не отвечает технологическим требованиям.

Кроме того, в учебной и научно-технической литературе до настоящего времени отсутствуют данные о взаимосвязи геометрических и конструктивных параметров трущейся пары нож-матрица, что не позволяет оптимизировать процесс резания.

С целью получения поверхности среза гладкой и ровной и уменьшения отходов, режущий механизм макаронных прессов должен работать на основе теории скользящего резания трущейся пары нож-матрица, при этом его геометрические характеристики должны быть максимально взаимоувязаны с конструктивными параметрами матрицы [5-7].

Цель работы – на основе законов скользящего резания разработать математическую модель, позволяющую взаимоувязать основные геометрические и конструктивные параметры трущейся пары нож-матрица и оптимизировать процесс отрезания отформованных полуфабрикатов, что, в свою очередь, приведет к уменьшению удельных энергозатрат, снижению процента бракованных изделий и улучшению качества готового продукта.

Основная часть

Скорость ϑ любой точки ножа относительно продукта может быть представлена суммой двух скоростей: ϑ_n , направленной по нормали к режущей кромке лезвия, и ϑ_τ , направленной по касательной к ней [8, 9]. Абсолютная величина скорости

$$\vartheta = \sqrt{\vartheta_n^2 + \vartheta_\tau^2} \quad (1)$$

Угол β , заключенный между нормалью к режущей кромке и скоростью относительно продукта, называется углом скольжения. Тангенс угла скольжения называется коэффициентом скольжения K_β , который численно равен отношению касательной скорости ϑ_τ к нормальной ϑ_n

$$K_\beta = \operatorname{tg} \beta = \frac{\vartheta_\tau}{\vartheta_n} \quad (2)$$

С увеличением коэффициента скольжения K_β улучшается и качество нарезанного продукта: кусочки меньше деформируются, имеют более чистую поверхность среза. При скользящем резании сопротивление перерезанию волокон и стенок клеток продукта уменьшается с возрастанием угла скольжения.

Коэффициент скольжения может принимать численные значения от нуля до ∞ . При $K_\beta = 0$ имеет место рубящее резание, при $K_\beta = \infty$, режущий инструмент совершает скользящее движение вдоль продукта, не разрезая его.

При скользящем резании с увеличением коэффициента скольжения K_β величина общего усилия, действующая на инструмент, а также нормальная составляющая этого усилия, от которых в большей степени зависит деформация продукта при резании, уменьшается, что способствует более качественному отрезанию отформованных полуфабрикатов

$$\begin{aligned} \vartheta_n &= \omega r \cos \beta \\ \vartheta_\tau &= \omega r \sin \beta \end{aligned} \quad (3)$$

где ω – угловая скорость ножа.

При использовании вращающегося ножа с прямолинейной кромкой лезвия, расположенной под углом к радиусу, минимальная скорость ϑ произвольной точки A равна $\vartheta = \omega r$ и направлена перпендикулярно к радиусу.

Рассмотрим изменение K_β по длине прямолинейного лезвия (рис. 1).

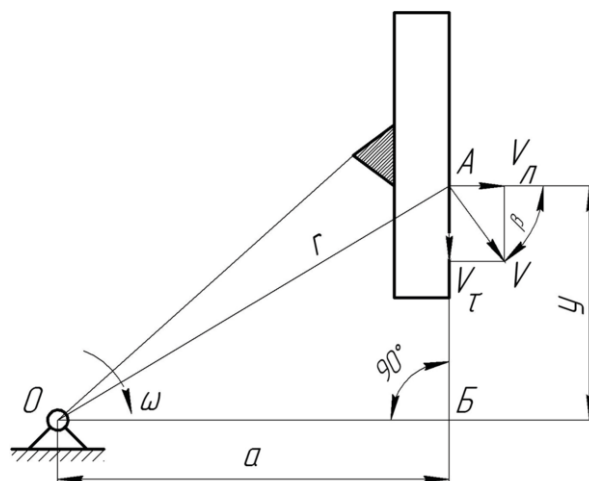


Рисунок 1. Схема определения коэффициента скольжения по длине прямолинейного лезвия

Как видно из рисунка 1, коэффициент скольжения

$$K_\beta = \frac{\vartheta_\tau}{\vartheta_n} = \operatorname{tg} \beta = \frac{a}{y}, \quad (4)$$

где a – наименьшее расстояние от центра вращения до режущей кромки лезвия или ее продолжение;

y – расстояние от рассматриваемой точки A до пересечения режущей кромки с опущенным на нее перпендикуляром из центра вращения.

При постоянной a коэффициент скольжения K_β изменяется по длине лезвия в зависимости от y по закону гиперболы. В точке B ($y = 0$) нормальная составляющая скорости $\vartheta_n = 0$, $K_\beta = \infty$, т.е. резания не будет. При увеличении y , K_β уменьшается. При $y = \text{const}$ K_β возрастает с увеличением a . Если $a = 0$, режущая кромка лезвия совпадает с радиусом, $K_\beta = 0$. Значит, осуществляется рубящее резание. Для качественного нарезки пищевых продуктов необходимо, чтобы K_β по длине лезвия был постоянным или мало изменялся. С учетом вышеизложенных теоретических предпосылок определим коэффициент скольжения трущейся пары нож-матрица макаронного пресса.

Коэффициент скольжения трущейся пары нож-матрица. Построение математической модели. Как уже отмечалось, при скользящем резании сопротивление перерезанию волокон и стенок клеток продукта уменьшается с возрастанием угла скольжения или, что то же самое, – с увеличением коэффициента скольжения и длины режущей кромки лезвия.

Поэтому в системе нож-матрица необходимо учитывать не только законы скользящего резания, но и максимальную длину режущей кромки лезвия. На рисунке 2 представлена схема определения коэффициента скольжения по длине прямолинейного лезвия в трущейся паре нож-матрица.

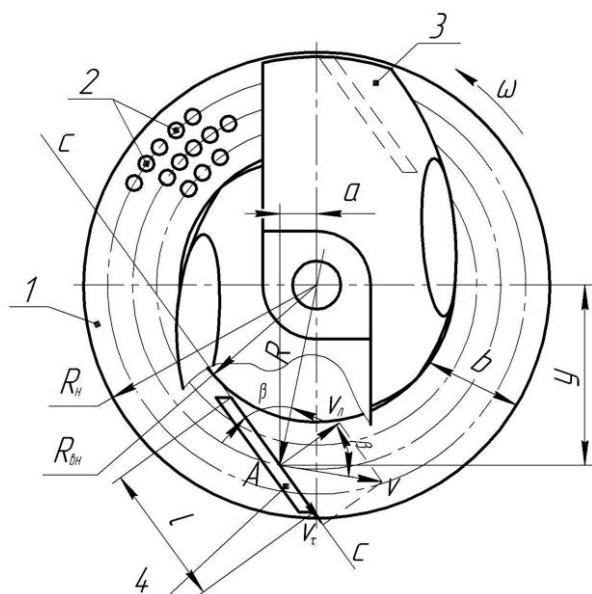


Рисунок 2. Схема определения коэффициента скольжения по длине прямолинейного лезвия:
1 – матрица; 2 – отверстия перфорации; 3 – вращающийся нож; 4 – лезвие ножа; l – длина режущей кромки лезвия; R_n – наружный радиус матрицы; $R_{вн}$ – внутренний радиус матрицы; C-C – касательная к внутренней окружности $R_{вн}$; V – линейная скорость произвольной точки A; V_n , V_τ – нормальная и касательная составляющие линейной скорости V ; β – угол скольжения; a , y – координаты точки A; R – радиус вращения точки A; b – ширина рабочей поверхности матрицы; ω – угловая скорость ножа

Как видно из рисунка 2, коэффициент скольжения K_β определяется по формуле

$$K_\beta = \frac{V_\tau}{V_n} = \operatorname{tg} \beta \frac{a}{y} \quad (5)$$

Режущая кромка лезвия 4 вращающегося ножа 3 проходит по касательной C-C к внутренней окружности $R_{вн}$ и в этом случае длина l режущей кромки лезвия 4 будет максимальной, а коэффициент скольжения K_β – наибольшим.

При увеличении y коэффициент скольжения K_β уменьшается. При $y = \operatorname{const}$ K_β возрастает с увеличением a . Если $a = 0$, $K_\beta = 0$ – имеет место рубящее резание.

Таким образом, расположение режущей кромки лезвия наклонено по касательной C-C к внутренней окружности $R_{вн}$ матрицы, позволяет получить наибольшую длину l лезвия 4 и, как следствие, создать наилучшие условия для скользящего резания и процесса измельчения в целом.

Определение оптимальной длины режущей кромки лезвия ножа. С увеличением коэффициента

скольжения K_β суммарная сила сопротивления перерезанию продукта P и ее нормальная составляющая P_n уменьшаются, что и приводит к снижению энергозатрат на процесс измельчения.

Нормальная P_n и касательная P_τ составляющие сопротивления перерезанию P (рис. 3) определяются по формулам:

$$P_n = P \cos \beta = ql \cos^2 \beta \quad (6)$$

$$P_\tau = P \sin \beta = ql \sin \beta \cdot \cos \beta, \quad (7)$$

где q – удельное сопротивление продукта на единицу длины лезвия, $H \cdot м$;

l – длина режущей кромки лезвия ножа, участвующая в отрезании слоя продукта, м.

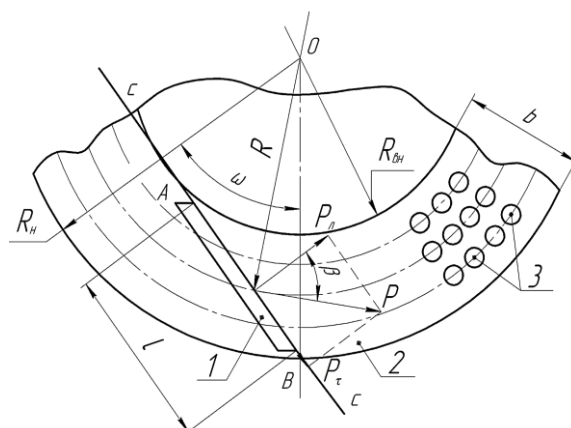


Рисунок 3. Схема определения оптимальной длины режущей кромки лезвия ножа:
 P – сила сопротивления перерезанию продукта; P_n – нормальная составляющая силы P ; P_τ – касательная составляющая силы P ; β – угол скольжения; 1 – лезвие ножа; 2 – матрица; 3 – отверстие перфорации; l – длина режущей кромки лезвия

Сопротивление перерезанию P и его составляющие P_n и P_τ в зависимости от коэффициента скольжения K_β имеют вид:

$$P = q \cdot l \cdot \frac{1}{\sqrt{1+K_\beta^2}} \quad (8)$$

$$P_n = q \cdot l \cdot \frac{1}{1+K_\beta^2} \quad (9)$$

$$P_\tau = q \cdot l \cdot \frac{K_\beta}{1+K_\beta^2} \quad (10)$$

Из формул (8-10) следует, что с увеличением коэффициента скольжения K_β суммарная сила сопротивления перерезания P и ее нормальная составляющая P_n уменьшаются, причем P_n – более значительно, чем P .

Из рисунка 3 определяем оптимальную длину режущей кромки лезвия ножа. Касательная, проведенная к окружности, есть перпендикуляр к радиусу вращения, опущенному в точку касания окружности и касательной. Следовательно, треугольник OAB – прямоугольный (рис. 3).

По теореме Пифагора $AB = \sqrt{OB^2 - OA^2}$,

где $AB = l$ – длина прямолинейной режущей кромки лезвия ножа;

$OA = R_{вн}$ – внутренний радиус рабочей поверхности матрицы;

$OB = R_{н}$ – наружный радиус рабочей поверхности матрицы.

$$\text{Значит } l = \sqrt{R_{н}^2 - R_{вн}^2} = \sqrt{(R_{вн} + b)^2 - R_{вн}^2} = \sqrt{b(2R_{вн} + b)}.$$

Таким образом

$$l = \sqrt{b(2R_{вн} + b)} \quad (11)$$

Данная формула позволяет увидеть взаимосвязь геометрических и конструктивных параметров трущейся пары нож-матрица.

Оценка эффективности скользящего резания. Графические зависимости формул (8), (9) и (10) представлены на рисунке 4.

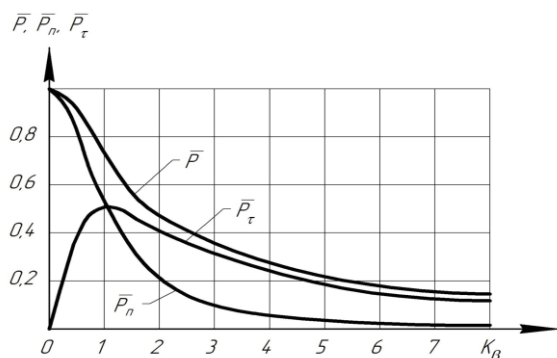


Рисунок 4. Зависимость сопротивления перерезанию от коэффициента скольжения при скользящем резании

Как следует из формул (8), (9), (10) и рисунка 4, с увеличением коэффициента скольжения K_{β} суммарная сила сопротивления перерезанию P и ее нормальная составляющая P_n уменьшаются, причем P_n более значительно, чем P . Касательная составляющая P_{τ} вначале возрастает, достигая максимума при $K_{\beta} = 1$, после чего убывает, приближаясь по величине к P .

Из графиков на рисунке 4 можно сделать вывод о том, что при скользящем резании суммарная сила сопротивления перерезанию P уменьшается в несколько раз, а следовательно, и удельные энергозатраты.

Заключение

На основе анализа литературных данных, а также изучения основных закономерностей теории резания материалов сформулированы основные направления совершенствования конструкции режущего механизма макаронного пресса. В частности, установлено, что наилучшие показатели по энергозатратам и качеству готового продукта обеспечивает скользящее резание макаронных полуфабрикатов, а не рубящее, имеющее место в режущих механизмах макаронных прессов.

На основе закономерностей скользящего резания получена формула для определения оптимальной длины режущей кромки лезвия вращающегося ножа в зависи-

мости от ширины кольцевой рабочей поверхности матрицы, при этом определен оптимальный угол наклона режущей кромки лезвия ножа, позволяющей получить наибольший коэффициент скольжения [10-12].

Полученные результаты были использованы при разработке матриц для производства макаронных изделий [10-12].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ивашов, В.И. Технологическое оборудование предприятий мясной промышленности: учеб. пос.: в 2 ч. Оборудование для переработки мяса / В.И. Ивашов. – СПб.: Гиорд, 2007. – Ч. 2. – 464 с.
2. Клименко, М.Н. Развитие теории процесса резания мяса и совершенствование машин для измельчения сырья в производстве колбасных изделий: дис. ...д-ра техн. наук: 05.18.12 / М.Н. Клименко. – М., 1990. – 460 с.
3. Чижилова, Т.В. Машины для измельчения мяса и мясных продуктов / Т.В. Чижилова. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. – 302 с.
4. Медведев, Г.М. Технология макаронного производства: учебник для вузов / Г.М. Медведев. – М.: Колос, 1998. – 272 с.
5. Чернов, М.С. Оборудование макаронной промышленности за рубежом / М.С. Чернов. – М.: ЦНИИТЭИпищепром, 1978. – 232 с.
6. Оборудование предприятий общественного питания: в 3-х т. / В.Д. Елхина [и др.]. – Механическое оборудование: т. 1. – М.: Экономика, 1987. – 447.
7. Назаров, Н.И. Технология макаронных изделий: учебник для вузов / Н.И. Назаров. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Пищевая промышленность, 1978. – 286 с.
8. Вайтехович П.Е. Моделирование и оптимизация технологических процессов и оборудования / П.Е. Вайтехович, В.С. Франкевич. – Мн.: БГТУ, 2014 – 268 с.
9. Груданов, В.Я. Основы инженерного творчества / В.Я. Груданов. – Мн.: БГУ, 2005. – 299 с.
10. Груданов, В.Я. «Золотая» пропорция в инженерных задачах / В.Я. Груданов. – Могилев: МГУ им. А.А. Кулешова, 2006. – 288 с.
11. Матрица для производства макаронных изделий: пат. 7401 Респ. Беларусь, МПК A21C11/16 / В.Я. Груданов, В.Я. Смагин, А.А. Выхварко; заявитель Могилевский государственный университет продовольствия. – № а 20020639; заявл. 18.07.2002; опубл. 30.09.2005 // Афіц. бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2005. – № 2. – С. 42.
12. Матрица для производства макаронных изделий: пат. 12618 Респ. Беларусь, МПК A21C3/00 / В.Я. Груданов, А.А. Бренч, Р.В. Флексер; заявитель Белор. государственный аграрный технический университет. – № а 20070358; заявл. 05.04.2007; опубл. 30.12.2009. – Афіц. бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2009. – № 3. – С. 58.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 13.03.2020

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ФОРМИРОВАНИЯ АКУСТИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ И КАВИТАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ВАННЕ С ВОДОЙ

В.С. Корко,

доцент каф. электротехнологий БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

Рассмотрены свойства и технологические действия ультразвука, приведены результаты аналитических и экспериментальных исследований акустических полей и кавитационных процессов при распространении ультразвуковых колебаний в ванне с водой.

Ключевые слова: ультразвуковая ванна, эффекты ультразвука, технологические действия, кавитация, акустическое поле.

The properties and technological actions of ultrasound are considered, the results of analytical and experimental studies of acoustic fields and cavitation processes during the propagation of ultrasonic vibrations in a bath with water are presented in the article.

Keywords: ultrasonic bath, ultrasonic effects, technological actions, cavitation, acoustic field.

Введение

Ультразвук представляет собой волнообразно распространяющееся колебательное движение частиц среды, возбуждаемое излучателем, и характеризуется рядом специфических особенностей. В ультразвуковом диапазоне частот сравнительно легко получить направленное излучение; ультразвуковые колебания хорошо поддаются фокусировке, в результате чего повышается их интенсивность в определенных зонах воздействия. При распространении в газах, жидкостях и твердых телах ультразвук порождает уникальные явления, многие из которых нашли практическое применение в различных областях науки и техники [1-3].

Действие ультразвука на вещества связано в первую очередь с деформациями, вызванными в среде чередованиями сжатий и разрежений одинаковой амплитуды, которые соответствуют частоте колебаний. При вынужденном колебательном движении частицы создают переменное давление в среде, амплитуда которого изменяется в зависимости от плотности среды, скорости распространения волн и частоты колебания частиц среды. В момент растяжения образуется пониженное давление, из-за чего жидкость может разорваться и в ней могут образоваться микрополости, заполненные парами жидкости. Происходящие в жидкости процессы кавитации, ультразвукового ветра, переменного давления, наряду с другими эффектами ультразвука, используются в различных технологических процессах очистки, мойки, стерилизации и др. [1, 2].

Цель настоящей работы – исследование закономерностей формирования акустических полей и кавитационных процессов при распространении ультразвуковых колебаний в ванне с водой.

Основная часть

Создаваемые ультразвуковым излучателем в жидкой среде упругие напряжения сжатия и разрежения возбуждают механические колебания частиц среды около положения равновесия – звуковые волны, которые при распространении подчиняются законам акустики [4, 5].

Ультразвуковое поле характеризуется колебательной скоростью частиц, их ускорением, давлением, интенсивностью и другими параметрами [3].

Давление (Па), создаваемое ультразвуковыми колебаниями в среде с плотностью ρ (кг/м³) и скоростью ультразвука c (м/с),

$$p = v\rho c = \omega\rho c B \cos \omega(\tau - x/c), \quad (1)$$

где v – амплитуда скорости распространения звуковой волны, м/с;

B – амплитуда смещения частицы, м;

ω – угловая частота колебаний, с⁻¹;

τ – текущее значение времени, с;

x – текущая координата частицы, м.

Действующее значение интенсивности ультразвука выражается зависимостью

$$I = \frac{p^2}{2\rho c} = \frac{pv}{2} = \frac{v^2\rho c}{2} = \frac{p^2}{2z_a}, \quad (2)$$

где z_a – удельное акустическое сопротивление среды, Па·с/м.

Среда, в которой происходит распространение колебаний, поглощает часть их энергии, которая переходит в тепловую энергию, а также расходуется на изменение структуры вещества. При этом поглощение всегда растет с увеличением частоты колебаний [2, 3].

Затухание амплитуды смещения в плоской волне

$$B = B_0 e^{-\alpha h}, \quad (3)$$

где α – коэффициент затухания, зависящий от свойств среды, м^{-1} ;

h – расстояние, пройденное волной, м.

Значение коэффициента затухания может быть определено по формуле

$$\alpha = \frac{1}{h_2 - h_1} \ln \frac{B_1}{B_2}, \quad (4)$$

где B_1 и B_2 – амплитуды колебаний соответственно на расстояниях h_1 и h_2 до излучателя, м;

Так как интенсивность колебаний зависит от квадрата скорости смещения частиц и, следовательно, от квадрата амплитуды смещения, затухание интенсивности может быть выражено зависимостью

$$I = I_0 e^{-2\alpha h}. \quad (5)$$

Для проведения экспериментов использовали две ультразвуковые установки: прибор «ULTRASONIC CLEANER» (модель 900S) с потребляемой мощностью 35 Вт, частотой 42 кГц и ванной с одним пьезоэлектрическим преобразователем, установку УЗУ-0,25 с выходной мощностью 250 Вт, рабочей частотой 18 кГц и ванной с тремя пьезоэлектрическими преобразователями. Основные размеры, схемы расположения пьезоэлектрических преобразователей в днищах ванн и точек измерения активности кавитации приведены на рисунке 1.

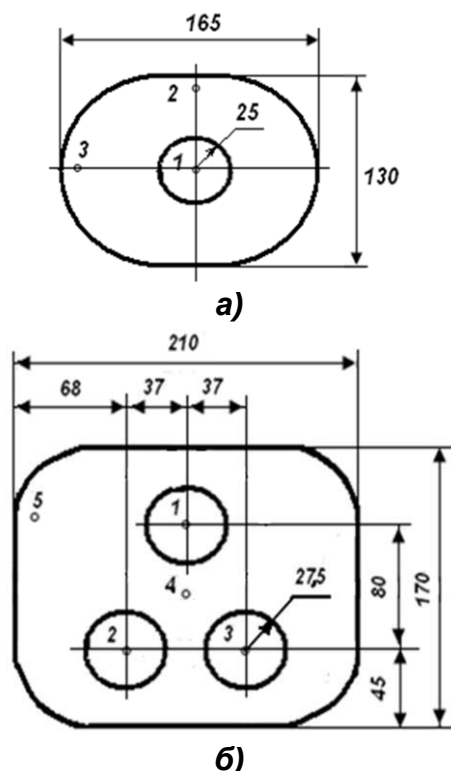


Рисунок 1. Схемы расположения пьезоэлектрических преобразователей (а) и характерных контрольных точек измерения активности кавитации (б) в ваннах установок 900S (а) и УЗУ-0,25 (б)

Для измерения активности кавитации в ультразвуковых ваннах использовали кавитометр ICA – 6D (производства БГУИР), состоящий из электронного блока и широкополосного первичного преобразователя с волноводом. Так как в мощном ультразвуковом поле кавитационная область состоит из двух типов пузырьков – стабильно пульсирующих и захлопывающихся (нестационарных), то прибор имеет 2 режима измерений: полной активности кавитации (Total) и активности нестандартной кавитации (Transient).

Полная активность кавитации определяется прибором как интеграл кавитационного шума, генерируемого всеми пузырьками кавитационной зоны в спектральном диапазоне 0,01...10 МГц. Нестационарные пузырьки при захлопывании генерируют ударные волны, высокие температуры и давления, которыми определяется воздействие кавитации на физико-химические процессы в жидкостях. Чем сильнее ударная волна, тем более высокие частоты включает ряд Фурье, описывающий эту волну. Активность нестационарной кавитации определяется прибором как интеграл кавитационного шума в соответствующем спектральном диапазоне.

В использованных для экспериментов установках длина ультразвуковой волны составляет:

$$\text{для установки 900S } \lambda_1 = \frac{c}{f_1} = \frac{1500}{42000} = 0,036 \text{ м};$$

$$\text{для УЗУ-0,25 } \lambda_2 = \frac{c}{f_2} = \frac{1500}{18000} = 0,083 \text{ м},$$

где c – скорость распространения УЗ-волны в воде при температуре 20°C;

f_1, f_2 – соответствующая частота ультразвука в установках, с^{-1} .

Если размеры излучателей, изображенных на рисунке 1, длина волны ультразвуковых колебаний в установке сравнимы с размерами обрабатываемых объектов, то в таких условиях в однородной жидкости при одностороннем излучении единичного излучателя акустическое поле в некотором приближении можно представить в виде направленного пучка (рис. 2а).

При этом различают ближнюю к излучателю зону 3 луча, в которой до некоторого расстояния R_6 интенсивность поля практически неизменна, и дальнюю зону 5 в виде расходящегося усеченного конуса [4, 6].

Вычислим размер ближней зоны немонотонного изменения акустического поля (зоны дифракции Френеля) одного излучателя [4]:

$$\text{для установки 900S } h_{61} = \frac{d_1^2}{4\lambda_1} = \frac{0,05^2}{4 \cdot 0,036} = 0,017 \text{ м};$$

$$\text{для УЗУ-0,25 } h_{62} = \frac{d_2^2}{4\lambda_2} = \frac{0,055^2}{4 \cdot 0,083} = 0,0091 \text{ м}.$$

Как следует из рисунка 2б и приведенного расчета, акустическое поле на расстоянии h_6 от излучателя в сечениях поперек оси распространения УЗ-волны представляет собой чередующиеся кольцевые зоны минимумов и максимумов вследствие дифракции волн,

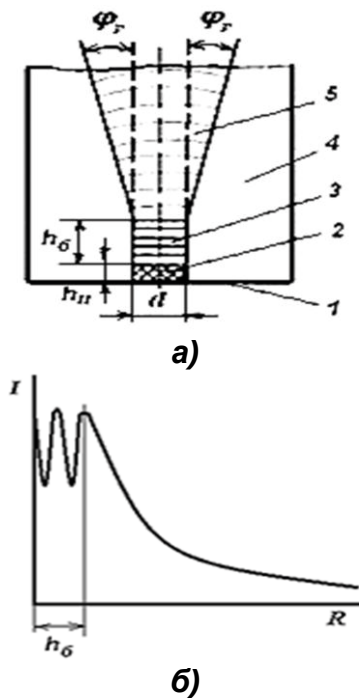


Рисунок 2. Схема формирования акустического поля пьезоэлектрического излучателя в УЗ-ванне (а) и график распределения интенсивности ультразвука по оси распространения луча (б): 1 – корпус ванны; 2 – излучатель; 3 и 5 соответственно ближняя и дальняя зона акустического поля; 4 – жидкая среда; h_{δ} и d соответственно высота и диаметр излучателя; φ_r – размер ближней зоны акустического поля

и имеет практически максимальную интенсивность, что подтверждают литературные источники [4, 6].

С началом дальней зоны луч начинает расходиться, и вследствие поглощения энергии средой, интенсивность ультразвукового поля монотонно убывает по мере удаления от излучателя. Таким образом, акустическую кавитацию можно отнести к числу нелинейных явлений, возникающих в ультразвуковом поле.

Затухание акустических колебаний, обусловленное рассеянием и поглощением, описывается экспоненциальным законом убывания амплитуды с расстоянием в соответствии с уравнением (3), а интенсивность в отличие от степенного закона убывания амплитуды при расхождении волны – в соответствии с уравнением (5).

Основными факторами поглощения ультразвука являются вязкость и теплопроводность среды, взаимодействие волны с различными молекулярными процессами вещества, с тепловыми колебаниями кристаллической решетки и др. [1-3].

Угол расхождения луча от вертикали (рис. 2а) можно определить по формуле Фраунгофера [6]:

$$\varphi_p = \frac{\lambda}{d} \arcsin 0,61,$$

в соответствии с которой для установки 900S $\varphi_{p1} = 27^\circ$, а для УЗГ-0,25. $\varphi_{p2} = 56^\circ$

Как показывают расчеты, ультразвуковое поле, образованное единичным излучателем в однородной жидкой среде, имеет в дальней зоне форму усеченного конуса и определяется длиной волны и размерами излучателя. При этом с увеличением частоты луч становится более узконаправленным и с большим размером ближней зоны. Значит, в дальней зоне излучения степень рассеяния единичного луча в установке УЗУ-0,25 должна быть большей, чем в ванне 900S.

Замеры уровней активности кавитации в ультразвуковых ваннах с водой производились в указанных на рис. 1 точках на разных высотах от пьезоэлектрических преобразователей (рис. 3, 4) в пятикратной повторности. Нежирными линиями на зависимостях I показаны линии тренда.

Учитывая сложность переходных процессов, происходящих во время кавитации, а также явления дифракции, интерференции нескольких волн, получить точное фиксированное значение измеряемых параметров относительно сложно. Полученные данные имеют усредненное значение, но позволяют определить распределение активности кавитации в ультразвуковой ванне и провести сравнительный анализ значений кавитации в различных точках.

Необходимо отметить, что в режиме измерения нестационарной кавитации, показания кавитометра

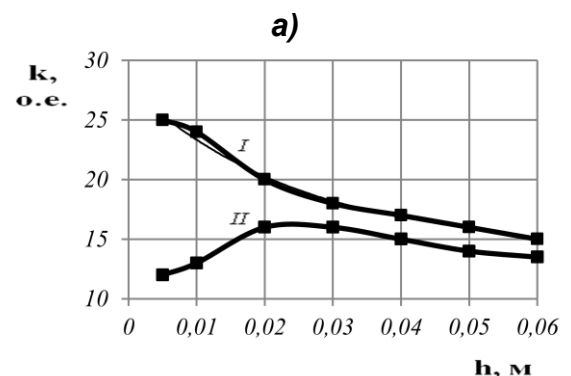
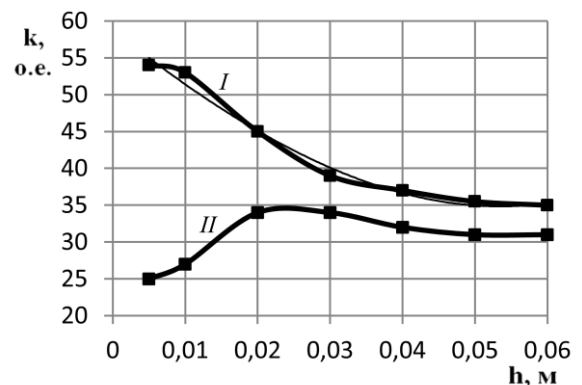
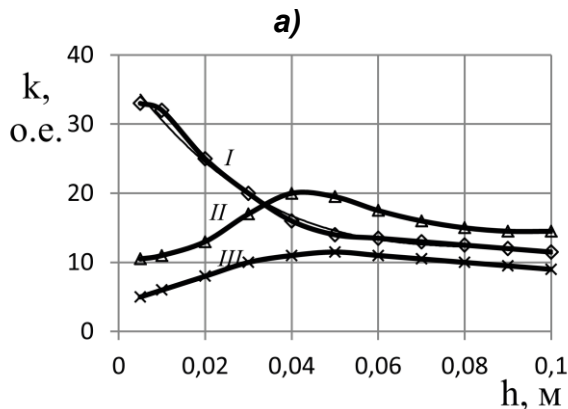
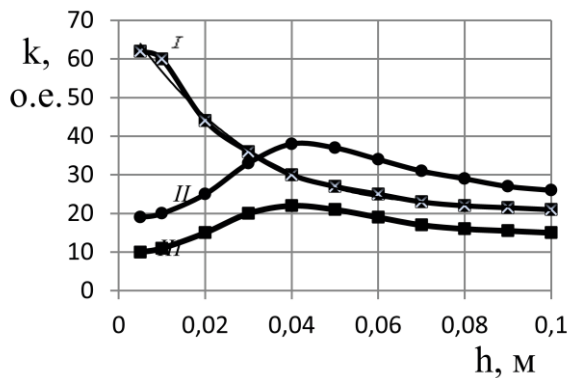


Рисунок 3. Зависимость уровня полной (а) и нестандартной (б) кавитации от расстояния до излучателя в ванне установки 900S: I – в точке 1 над излучателем; II – усредненная в точках 2 и 3 между корпусом и излучателем



б)

Рисунок 4. Зависимость уровня полной (а) и нестандартной (б) кавитации от расстояния до излучателя в ванне установки УЗУ – 0,25:

I – усредненная в точках 1...3 над излучателями; II – в точке 4 в центре между излучателями; III – в точке 5 между корпусом и двумя излучателями

более устойчивые, чем в режиме измерения полной кавитации.

Наиболее высокие уровни полной и нестандартной кавитации наблюдаются в ближней зоне ультразвукового поля непосредственно над излучателями по направлению распространения волны. Датчик кавитометра не допускает физического контакта с излучателем, поэтому зафиксировать уровень кавитации ближе 0,005 м затруднительно. В других точках ближней зоны в стороне от излучателей интенсивность падает, но, очевидно вследствие жесткой связи днища с излучателями это снижение не превышает 25...30%.

В дальней зоне вследствие расхождения луча, поглощения энергии, дифракции и интерференции волн уровни кавитации уменьшаются по закону, близкому к экспоненциальному, что с определенными допущениями соответствует уравнению (5). При этом в горизонтальной плоскости с увеличением h картина поля постепенно выравнивается и разброс показаний кавитометра на удалении 0,1 м находится в пределах 10...12 %.

Представим уравнения линий трендов, наиболее близко аппроксимирующие зависимости I, в виде полиномов третьей степени:

а) на рисунке 3

– полной кавитации

$$k_{нк} = 58,8 - 787h + 4283h^2 - 38183h^3;$$

– нестандартной кавитации

$$k_{нк} = 27,8 - 521h + 8304h^2 - 52534h^3;$$

б) на рисунке 4

– полной кавитации

$$k_{нк} = 72 - 1720h + 20406h^2 - 83238h^3;$$

– нестандартной

кавитации

$$k_{нк} = 38,5 - 887h + 10204h^2 - 40096h^3.$$

Если сравнивать конфигурации полей (рис. 3, 4) в исследуемых ваннах в горизонтальной плоскости, то заметно, что в ванне с тремя излучателями с увеличением h наблюдается несколько больший разброс уровней активности кавитации, так как ванна имеет большие размеры и больший угол расхождения луча $\varphi_{p2} = 56^\circ$.

Определим радиус окружности поля излучателя ультразвуковой установки на расстояниях $h_1 = 0,02$ м и $h_1 = 0,05$ м от начала дальней зоны по рисунку 2:

$$R_1 = \frac{d}{2} + h_1 \cdot \operatorname{tg} \varphi_p = \frac{0,055}{2} + 0,02 \cdot \operatorname{tg} 56^\circ = 0,057 \text{ м};$$

$$R_2 = \frac{d}{2} + h_2 \cdot \operatorname{tg} \varphi_p = \frac{0,055}{2} + 0,05 \cdot \operatorname{tg} 56^\circ = 0,102 \text{ м}.$$

Расчеты показывают, что в ванне с тремя излучателями вследствие расхождения пучков излучения в дальней зоне в определенных точках горизонтального сечения, особенно в центре между излучателями, происходит наложение всех волн, что существенно изменяет картину поля в сторону его большей равномерности в горизонтальной плоскости, что подтверждается изображением конфигурации полей трех излучателей и результатами исследований активности кавитации. Для указанных размеров ванны при $h_1 > 0,05$ м будет наблюдаться суперпозиция волн двух излучателей даже в наиболее удаленной от них точке 5 (рис. 1 б), чего еще не происходит при $h_1 > 0,02$ м (рис. 5).

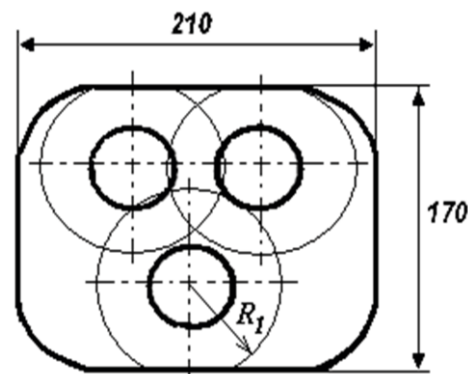


Рисунок 5. Иллюстрация конфигурации полей трех излучателей в ванне УЗУ-0,25 в горизонтальной плоскости на расстоянии 0,02 м от начала дальней зоны

Приведенные на рисунке 5 графические построения подтверждают результаты исследований и объясняют большее значение активности кавитации в

центре ванны на расстоянии около 0,04 м (рис. 4) при наличии трех излучателей, чем непосредственно над излучателями. Учитывая значительный угол отклонения луча $\varphi_{p2} = 56^\circ$, в центре ванны в ванне установки УЗУ-0,25 уже на расстоянии 0,02 м наблюдаются наложения волн от всех излучателей, значит, происходит их интерференция и усиление колебаний. С увеличением расстояния h эти явления распространяются по всему объему ванны.

Заключение

Закономерности формирования акустических полей и кавитационных процессов при распространении ультразвуковых колебаний в жидких средах имеют многофакторный характер. При этом ультразвуковые волны в ванне с водой по-разному представлены в ближнем (на расстоянии менее длины волны) и дальнем (на расстоянии более длины волны ультразвука) акустическом поле, создаваемом одним излучателем или группой излучателей.

Большая направленность излучения наблюдается в случае, когда диаметр излучателя больше или сопоставим с длиной волны излучаемого ультразвука. В горизонтальной плоскости, параллельной ультразвуковым излучателям, на расстоянии, не превышающем размер ближней зоны поля, имеет место наибольшая неравномерность уровня кавитации – максимальная непосредственно над излучателем и минимальная за ее пределами.

В дальней зоне поля кавитационные процессы ослабевают обратно пропорционально расстоянию от источника излучения вследствие поглощения и рассеяния энергии в жидкости. При этом процессы распространения ультразвуковых колебаний, создаваемых одним или группой излучателей в жидкости, определяются законами геометрической акустики.

С учетом неравномерности распространения ультразвукового поля по объему ванны при одностороннем расположении излучателей в днище, нелинейного характера зависимости уровней активности кавитации от расстояния, результаты исследований позволяют определить в данных установках наиболее оптимальные размеры и зоны взаимного расположения излучателей и обрабатываемых объектов для более интенсивной их обработки, а также уровни активности кавитационных процессов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ланин, В.Л. Физические эффекты ультразвука в жидких средах и их применение в технике / В.Л. Ланин // Технологии в электронной промышленности. – 2013. – №2. – С. 10-15.
2. Шиляев, А.С. Физические основы применения ультразвука в медицине и экологии: учебно-методическое пособие / А.С. Шиляев, С.П. Кундас, А.С. Стукин; под общ. ред. профессора С.П. Кундаса. – Минск: МГЭУ им. А.Д. Сахарова, 2009. – 110 с.
3. Электротехнологии: пособие / И.Б. Дубодел [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2014. – 252 с.
4. Агранат, Б.А. Основы физики и техники ультразвука: учебное пособие / Б.А. Агранат [и др.] – Москва: Высшая школа, 1987. – 352 с.
5. Зацепин, А.Ф. Методы и средства измерений и контроля: дефектоскопы: учебное пособие / А.Ф. Зацепин, Д.Ю. Бирюков; под науч. ред. В.Н. Костина. – Москва: Юрайт, 2018. – 120 с.
6. Ландау, Л.Д. Теория поля. Теоретическая физика / Л.Д. Ландау. – 7-е изд. испр. – Москва: Наука, 1988. – Т. 2. – 512 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 02.06.2020

Малогабаритная система очистки рабочих жидкостей гидравлических систем

Предназначена для профилактической очистки рабочих жидкостей гидравлических приводов мобильной сельскохозяйственной техники.



Основные технические данные

Производительность	Не менее 24 л/мин
Давление на входе в блок центрифугирования	0,8 МПа
Давление на входе в блок фильтрования	0,2-0,3 МПа
Давление на выходе из блока фильтрования	0,15 МПа
Тонкость очистки	15-40 мкм

Применение системы позволяет при обкатке двигателей расходовать масло без остатка, не снижать качество повторно используемого моторного масла, постоянно добавляя в него свежее товарное масло (гомогенизировать), полностью устранить расход электроэнергии, необходимой для подогрева масла, отказаться от необходимости хранения и утилизации масла. Она может применяться на ремонтно-обслуживающих предприятиях, а также непосредственно в хозяйствах для технического обслуживания машинно-тракторного парка.

УДК 621.43.001.4

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ НАСОСОВ ОБЪЕМНОГО ГИДРОПРИВОДА

Д.А. Жданко,

зав. каф. эксплуатации машинно-тракторного парка БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

В.Я. Тимошенко,

доцент каф. эксплуатации машинно-тракторного парка БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

П.С. Хмельницкий,

студент агромеханического факультета БГАТУ

В статье приведен сравнительный обзор устройств для диагностирования насосов объемного гидропривода, представлены конструкция диагностического устройства и результаты ее экспериментальной проверки.

Ключевые слова: диагностика, диагностическое устройство, оценка технического состояния, аксиально-поршневой насос, гидростатическая трансмиссия, гидрообъемный привод.

A comparative overview of devices for diagnosing volumetric hydraulic drive pumps is provided in the article, the design of the diagnostic device and the results of its experimental verification are presented.

Keywords: diagnostics, diagnostic device, technical condition assessment, axial piston pump, hydrostatic transmission, hydraulic volume drive.

Введение

Качество диагностирования в основном определяется достоверностью, а также другими необходимыми показателями, которые зависят от уровня диагностики в системе эксплуатации и ремонта машин [1].

В процессе эксплуатации машин с гидроприводом технические параметры гидрооборудования изменяются от номинального значения до предельного в зависимости от влияния, как конструктивно-технологических факторов, так и эксплуатационных.

В гидропривод входят гидростатические, или объемные, и гидродинамические гидропередачи. В сельскохозяйственной технике наиболее часто применяют гидростатические гидропередачи, так как они позволяют распределять энергию по нескольким силовым потокам, обеспечивая при помощи гидродвигателей привод ходовой части и рабочих органов машины. Гидродвигатели могут быть удалены от насоса и установлены на машине в любом положении.

На основе гидростатических гидропередач с насосами и силовыми цилиндрами построены гидросистемы тракторов, предназначенные для управления навесными машинами. Гидростатические гидропередачи, выходным звеном которых являются гидродвигатели непрерывного действия, применяют в трансмиссиях самоходных машин, обеспечивая бесступенчатое регулирование скорости движения в широком диапазоне.

Основное испытание гидропривод проходит во время использования, тогда и проявляются отказы и неисправности системы. Так, например, по данным Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, во время уборочной кампании

2018 года из-за неисправности гидростатической трансмиссии простояло 21,9 % зерноуборочных комбайнов. Поэтому обеспечение ее надежности является важной производственной задачей. Для предупреждения и устранения неисправностей необходимо проводить своевременную диагностику гидроприводов.

Существует много методов функционального диагностирования, которые применяются в процессе использования оборудования по прямому назначению [2].

Основной метод, который применялся для исследований оценки технического состояния насосов объемного гидропривода, – статопараметрический – это самый точный и, в некоторой степени, трудоемкий метод. Объемный КПД определяется по величине утечек рабочей жидкости, давлению и ее расходу. Метод основан на измерении параметров установившегося дросселированного потока рабочей жидкости. Проверка гидросистемы статопараметрическим методом проводится следующим образом: измеряют подачу насоса при номинальном давлении; увеличивают сопротивление последовательно включенного дросселя, что повышает давление на выходе из насоса. По полученному результату подачи вычисляют коэффициент подачи, по которому судят о величине зазоров в гидрооборудовании и степени износа.

Целью исследований является разработка устройства для оценки технического состояния насосов объемного гидропривода.

Основная часть

Российскими и зарубежными учеными сделан большой вклад в развитие расходомерии [2-4]. Бла-

года их исследованиям, созданы и применяются в различных отраслях промышленности расходомеры с большим разнообразием конструкций, основанных на различных методах измерений. Их можно условно разделить на следующие четыре группы:

1. Приборы с механическим движением рабочего объема: тахометрические и силовые.

2. Приборы, основанные на гидродинамических методах: переменного перепада давления, переменного уровня, обтекания, вихревых, парциальных.

3. Приборы, в которых используются физические, не относящиеся к механическим и гидродинамическим, явления: тепловые, электромагнитные, акустические, оптические, ядерномагнитные, ионизационные.

4. Приборы, основанные на особых методах: корреляционных, концентрационных.

Оценивая существующие приборы для измерения расхода, необходимо учитывать условия, в которых будет проводиться техническое обслуживание мобильных машин. На поле и на территории машинного двора практически невозможно обеспечить надежную защиту этих приборов от повреждающего воздействия таких внешних факторов, как низкие температуры, атмосферные осадки, запыленность воздушной среды, вибрации, случайные удары при монтаже.

Небольшой имеющийся опыт применения импортных переносных приборов для контроля технического состояния машинно-тракторного парка свидетельствует о том, что эти приборы несовместимы с условиями эксплуатации машин, так как содержат легко повреждаемые электрические преобразователи, элементы электроники и сложные коммуникации. По этой причине эксплуатационные и ремонтные предприятия часто отказываются от приобретения подобных средств диагностики.

Тахометрическими называют расходомеры, имеющие вращающийся элемент, частота вращения которого пропорциональна объемному расходу. По конструкции вращающегося элемента эти расходомеры разделяют на камерные, турбинные, шариковые и роторно-шаровые [2-4].

Камерные тахометрические расходомеры снабжаются ротором в виде блока цилиндров, шестерен и др. Жидкость заполняет рабочие камеры и, таким образом, разделяется на порции, перемещаемые от входа к выходу за счет вращения ротора. На этом принципе, например, построены счетчики количества топлива в раздаточных бензоколонках. В составе стационарного оборудования для диагностирования гидроприводов часто используют обычные серийные низкомомментные гидромоторы, соединенные с тахогенераторами. Наряду с простотой, достаточной точностью, доступностью и сравнительно небольшой стоимостью таких расходомеров, у них есть существенные недостатки – громоздкость и тяжеловесность, что исключает возможность их применения в качестве переносных средств диагностирования [2, 4].

Основным недостатком турбинных расходомеров, затрудняющим их широкое применение в гидроприводе мобильных машин, является требование

строгости ограничения загрязненности рабочей жидкости, что часто оказывается невыполнимым.

Анализ существующих конструкций шариковых тахометрических расходомеров позволяет сделать вывод о принципиальной возможности их применения в составе переносных средств измерения расхода рабочей жидкости мобильных машин. Следует, однако, учитывать, что общими недостатками всех тахометрических приборов, ограничивающими их применение, являются: значительная зависимость точности измерений от вязкости контролируемой жидкости и необходимость использования электрических преобразователей [2, 4].

Недостатком всех расходомеров обтекания является зависимость показаний прибора от его ориентации в пространстве, что исключает возможность их использования в составе переносных средств диагностики гидропривода [2, 4].

Вихревые расходомеры предложены сравнительно недавно, но широкого распространения они не получили. Эти приборы основаны на зависимости частоты колебаний давления от расхода. Колебания давления возникают в результате вихреобразования струи в потоке [4]. Как показывает опыт, вихревые расходомеры имеют погрешность $\pm 40\%$ при измерении расхода в пульсирующих потоках. Следует также отметить, что на работу вихревых расходомеров существенное влияние оказывают помехи, создаваемые при работе различными элементами гидропривода (вибрации, толчки, удары и т. п.) [2, 4].

Все рассмотренные приборы, кроме расходомеров переменного перепада давления и камерных, отличаются сложной конструкцией и высокой стоимостью. Обычные расходомеры переменного перепада давления имеют простые первичные преобразователи, но конструкции приборов сильно усложняются за счет наличия вторичного преобразователя – дифманометра, из-за чего исключается возможность применения этих расходомеров в составе переносных средств диагностики [2, 4].

Эксплуатационные и ремонтные предприятия в первую очередь нуждаются в переносных средствах диагностики – простых, дешевых, защищенных от повреждений, даже в ущерб точности измерений. Поэтому наибольший интерес представляют дроссели-расходомеры типа ДР-70, ДР-90, КИ-1078 и другие, построенные на принципе переменного перепада давления. Эти приборы широко применяются в практике эксплуатации сельскохозяйственных машин.

К достоинствам этих приборов относятся – простота конструкции и компактность. Недостатком конструкции является сильное влияние вязкости жидкости на точность измерений, поэтому условия испытаний (сорт масла, температура) строго регламентированы. Другой недостаток состоит в том, что угол поворота плунжера ограничен 120° , вследствие чего приборы такого типа отличаются низкой чувствительностью. Кроме того, предел измерения расхода у КИ-1078 – $1,5 \text{ дм}^3/\text{с}$, что недостаточно для диагностирования гидроприводов большинства мобильных машин, в том числе комбайнов [2, 4].

Цифровые гидротестеры Webtec (рис. 1) измеряют поток, давление и температуру и предназначены для удобного контроля работы гидравлических насосов,



Рисунок 1. Гидротестеры Webtec

двигателей, клапанов и гидростатических передач [2, 5].

Гидротестеры имеют упрощенные элементы управления и могут выявлять неисправности гидравлической системы, сокращать время простоя и помогать в профилактическом обслуживании.

Тестеры содержат блок турбинного расходомера до 800 л/мин и большой, легко читаемый жидкокристаллический дисплей, который показывает поток и температуру.

К недостаткам гидротестеров Webtec можно отнести недостатки турбинных расходомеров и создание дополнительного сопротивления жидкости конструктивными особенностями корпуса дросселя (малый диаметр подсоединяемых рукавов высокого давления, изгиб корпуса под углом 90°).

На кафедре эксплуатации машинно-тракторного парка БГАТУ разработан дроссель-расходомер [6] (рис. 2), позволяющий в условиях хозяйств и предприятий агросервиса проводить объективное безразборное диагностирование насосов гидропривода.

Дроссель-расходомер может быть использован как в составе диагностического устройства [6], так и отдельно при техническом диагностировании гидроприводов и гидropердач сельскохозяйственной техники, строительных и дорожных машин в условиях производства, ремонта или в условиях эксплуатации.

Дроссель-расходомер (рис. 2) содержит корпус 1 со сквозным каналом, с одной стороны которого нарезана резьба до центра корпуса, заканчивающаяся упорным буртиком, сменный дроссель постоянного сечения 2, уплотнительный элемент 3, а также по обе стороны вставки имеются отверстия 4 с резьбой, соединенные с основным каналом, для ввинчивания датчиков давления и датчиков температуры рабочей жидкости и отверстия 5 с резьбой для присоединения рукавов высокого давления. Для удобства завинчивания нагрузочного дросселя на нем имеются два симметрично расположенных сверления 6 малого диаметра под специальный инструмент.

Диаметр отверстия сменной цилиндрической вставки определяется по параметрам диагностируемого гидронасоса по зависимости [7]:

$$d_{отм} = 2 \cdot \sqrt{\frac{V_{о.н} n_n \eta_o}{\pi \mu \sqrt{\frac{2}{\rho} (p_{ном} - p_1)}}}, \quad (1)$$

где $V_{о.н}$ – рабочий объем насоса, м^3 ;

n_n – номинальная частота вращения коленчатого вала двигателя, с^{-1} ;

η_o – объемный КПД насоса;

μ – коэффициент расхода;

ρ – плотность жидкости, $\text{кг}/\text{м}^3$;

$p_{ном}$ – номинальное давление насоса, Па;

p_1 – давление на входе в насос (после дросселя), Па.

Отдельно нагрузочный дроссель постоянного сечения работает следующим образом. По параметрам диагностируемого насоса определяется диаметр отверстия нагрузочного дросселя 2 по приведенной выше зависимости. С помощью специального инструмента сменный дроссель постоянного сечения 2, посредством симметрично расположенных сверлений 6 малого диаметра, вворачивается в корпус 1 до упора в буртик и уплотнительный элемент 3. К корпусу устройства присоединяются рукава высокого давления с помощью прижимных шайб и болтов, ввинчиваемых в резьбовые отверстия 5, расположенные с торцевых сторон корпуса 1. Включается привод диа-

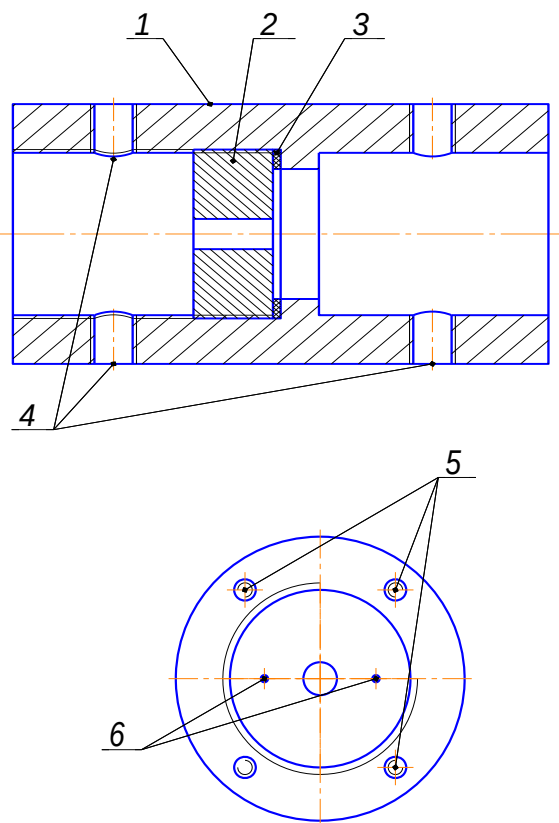


Рисунок 2. Дроссель-расходомер (общий вид):

1 – корпус; 2 – сменный дроссель постоянного сечения; 3 – уплотнительный элемент; 4 – отверстия с резьбой для ввинчивания датчиков давления и датчиков температуры рабочей жидкости; 5 – отверстия с резьбой для присоединения рукавов высокого давления; 6 – сверления под специальный инструмент

гностируемого насоса (например, двигатель внутреннего сгорания) и включается полная подача жидкости (если насос с регулируемой подачей) и по показаниям датчиков давления и датчиков температуры, вставленных в корпус 1 через резьбовые отверстия 4, и датчика частоты вращения вала насоса (двигателя внутреннего сгорания), соединенных с блоком обработки данных, выводится информация диагностирования на внешний дисплей, компьютер или смартфон об объеме коэффициента полезного действия насоса.

В результате экспериментальных исследований по определению объемного КПД аксиально-плунжерного насоса НП-90 с применением разработанного дросселя-расходомера были получены данные, приведенные в таблице 1.

Объемный КПД насоса определяли двумя способами:

– по расходу через нагрузочный дроссель [6]

$$\eta_o = \frac{\pi \cdot \mu \cdot d_{\text{отт}}^2 \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho} (p_{\text{ном}} - p_1)}}{4 \cdot V_{o.n} \cdot n_n}; \quad (2)$$

Таблица 1. Экспериментальные данные испытания аксиально-плунжерного насоса НП-90

Диаметр нагрузочно-го дросселя, мм	Давление (номинальное) до нагрузочного дросселя, МПа	Давление после нагрузочного дросселя, МПа	Частота вращения вала насоса, с ⁻¹	Утечки рабочей жидкости из корпуса насоса, л/мин
4	25	0	25,67	15,8

– по утечкам рабочей жидкости из корпуса насоса

$$\eta_o = \frac{Q_m - q_{\text{ут}}}{Q_m} = 1 - \frac{q_{\text{ут}}}{V_o n}, \quad (3)$$

где Q_m – теоретическая производительность насоса, м³/с.

По зависимости 2 получим

$$\eta_o = \frac{3,14 \cdot 0,68 \cdot 0,004^2 \cdot \sqrt{\frac{2}{881} (25 \cdot 10^6 - 0)}}{4 \cdot 89 \cdot 10^{-6} \cdot 25,67} = 0,88;$$

По зависимости 3

$$\eta_o = 1 - \frac{15,8}{89 \cdot 10^{-3} \cdot 1540} = 0,88.$$

Для сравнения экспериментальных исследований по определению объемного КПД аксиально-плунжерного насоса НП-90 с применением разработанного дросселя-расходомера, объемный КПД определяли также с помощью цифрового гидротестера Webtec DHT-401. В результате проведения серий измерений получили объемный КПД, равный 0,87.

Заключение

1. Полученные теоретические зависимости (1, 2) и конструкция дросселя-расходомера могут быть использованы при техническом диагностировании гидроприводов и гидропередач сельскохозяйственной техники, строительных и дорожных машин в условиях производства, ремонта или в условиях эксплуатации.

2. Разработанный дроссель-расходомер позволяет определять объемный КПД с большей точностью, чем турбинный гидротестер. Это связано, в первую очередь, с недостатками турбинных расходомеров, описанных выше.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Современные методы обеспечения безотказности сложных технических систем / Л.Н. Александровская [и др.]. – М.: Логос, 2001. – 206 с.

2. Методические рекомендации по оценке технического состояния агрегатов гидростатических трансмиссий мобильных энергетических средств / Д.А. Жданко [и др.]; под общ. ред. Д.А. Жданко. – Минск: БГАТУ, 2019. – 124 с.: ил.

3. Столяров, А.В. Повышение долговечности аксиально-поршневого гидронасоса с наклонным блоком восстановлением и

упрочнением изношенных поверхностей деталей: автореф... дис. канд. техн. наук: 05.20.03 / А.В. Столяров; МГУ им. Н.П. Огарева. – Саранск, 2009. – 18 с.

4. Петрович, А.А. Совершенствование технологии диагностирования гидропривода одноковшовых строительных экскаваторов по объемному коэффициенту полезного действия: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.04 / А.А. Петрович; Санкт-Петербург. гос. архитектур.-строит. ун-т. – СПб., 2001. – 165 с.

5. Управление надежностью сельскохозяйственной техники методами диагностики и триботехники / В.П. Миклуш [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2019. – 392 с.

6. Тимошенко, В.Я. Мобильное устройство для диагностирования агрегатов гидростатических трансмиссий / В.Я. Тимошенко, Д.А. Жданко, В.В. Ярош // Изобретатель. – 2019. – № 2-3. – С. 34-38.

7. Жданко, Д.А. Обоснование параметров дросселя постоянного сечения как нагрузочного элемента электрогидравлического обкаточно-тормозного стенда / Д.А. Жданко // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2009. – № 43. – С. 139-143.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 10.04.2020

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ, НАПРАВЛЕНИЯ И МЕТОДИКА АДАПТАЦИИ ТРУДОВЫХ РЕСУРСОВ АПК К ПРИРОДНЫМ И ЭКОНОМИЧЕСКИМ УСЛОВИЯМ ХОЗЯЙСТВОВАНИЯ

Г.И. Гануш,

зав. каф. экономической теории и права БГАТУ, докт. экон. наук, профессор, чл.-кор. НАН Беларуси

В.В. Липницкая,

доцент каф. экономической теории и права БГАТУ, канд. экон. наук, доцент

А.А. Бурачевский,

ст. преподаватель каф. экономической теории и права БГАТУ

Обоснованы методологические принципы и приоритетные направления адаптации трудовых ресурсов села к природным, производственным и рыночным условиям. Разработана методика дифференцированного расчета потребности в трудовых ресурсах с учетом особенностей специализации и природно-экономических условий функционирования субъектов хозяйствования АПК.

Ключевые слова: адаптация, трудовые ресурсы, методологические принципы, методика, специализация, сельскохозяйственные организации, природные факторы, экономические условия.

The methodological principles and priority directions of adaptation of rural labor resources to natural, industrial and market conditions are substantiated. A methodology for differentiated calculation of the need for labor resources, taking into account the specialization and natural and economic conditions for the functioning of agricultural facilities has been developed.

Keywords: adaptation, labor resources, methodological principles, methodology, specialization, agricultural organizations, natural factors, economic conditions.

Введение

Наука, мировой и отечественный опыт убедительно свидетельствуют о том, что одним из основных факторов обеспечения эффективности и устойчивости аграрного производства является максимальная адаптация трудовых ресурсов сельской местности в количественных качественных аспектах к конкретным природным и производственно-экономическим условиям хозяйствования. Только на основе рационального взаимного адаптирования человеческого потенциала и технологических процессов, агроклиматических и экономических (рыночных) факторов возможно обеспечить продуктивную занятость жителей села, осуществлять эффективную производственно-сбытовую деятельность сельскохозяйственных организаций, фермеров и других предприятий, функционирующих в сельских территориях [1]. Решение задач адаптации трудовых ресурсов сельской местности к природным и производственным условиям будет осуществляться более квалифицированно и успешно, если управленческие кадры АПК станут руководствоваться в своей практической работе научно обоснованными теоретико-методологическими и методическими подходами. Разработка одного из вариантов таких подходов является целью данной статьи.

Основная часть

В результате проведенных исследований представляется возможным выделить следующие методологические принципы, которыми целесообразно руководствоваться в процессах адаптирования трудовых ресурсов АПК к конкретным природно-производственным условиям субъектов хозяйствования.

1. *Субъектом адаптации следует считать производственную единицу.* Это может быть сельскохозяйственная организация любой организационно-правовой формы, а также фермерское (крестьянское) хозяйство, предприятие по переработке сельскохозяйственной продукции. Адаптация субъектов хозяйствования в совокупности обусловит адаптацию к природным и рыночным условиям соответствующего аграрного региона (района, области). Только в таком направлении – от предприятия к региону может продвигаться процесс обеспечения адаптивного состояния экономики хозяйствующих субъектов, с одной стороны, и их кадрового потенциала, с другой стороны. Если же данный процесс осуществлять на уровне региона, то эффективность его будет низкой, так как природные и производственные условия (обеспеченность фондами, транспортно-логистическая система и др.) хозяйствующих субъектов могут значительно разли-

чаться. Следовательно, реальная ситуация не будет должным образом отражена.

2. *Специализация субъекта хозяйствования на том или ином виде экономической деятельности осуществляется с учетом обеспеченности трудовыми ресурсами, адекватности их состава и структуры.* Данный принцип предусматривает необходимость сопоставления нормативной потребности и фактического наличия рабочей силы. Однако этот показатель следует нивелировать по качественному составу работающих (профессионализм работников, возраст, трудовая активность и др.), степени его соответствия условиям эффективного функционирования основной и дополнительных отраслей (всех видов деятельности). Состав и структура персонала не могут быть одинаковыми, к примеру, для хозяйств, специализирующихся на производстве льна и молока, зерна и картофеля, говядины и овощей. Для каждого вида деятельности необходимы работники, имеющие адекватные профессиональные навыки, опыт, умеющие эффективно использовать соответствующие технические средства и оборудование, способные освоить специфические технологии. Реализация данного принципа предполагает осуществление при необходимости мер по обучению, повышению квалификации и переквалификации работников [2].

3. *Определение перспективных параметров и структуры производства следует осуществлять с учетом потенциала трудовых ресурсов предприятия.* Данный принцип предусматривает необходимость учитывать действующий и возможный потенциал трудообеспеченности предприятия для эффективного использования производственных фондов с целью производства продукции в намечаемых объемах и ассортименте. Это означает, что при решении вопросов приобретения техники, создания новых производственных мощностей необходимо учитывать наличие трудовых ресурсов, источники их дополнительного поступления.

4. *Формирование и совершенствование трудового потенциала субъекта хозяйствования могут быть успешно осуществлены на основе высокого уровня агроменеджмента.* Данный принцип означает, что руководители и специалисты хозяйств должны, во-первых, принять правильные управленческие решения о численности, составе и структуре персонала. Во-вторых, им необходимо обеспечить рациональное управление трудовым коллективом, всеми его звеньями. Это требует от агроменеджеров высокого уровня профессиональной подготовки, в том числе управленческой.

Первоначальной задачей агроменеджмента является умелое, научно обоснованное решение вопросов организации труда, включая расстановку работников по звеньям производственного процесса. Важно не допустить избытка кадров на одних участках производства и нехватки их на других, что неизбежно приводит к сбоям в производственной цепи и низкой эффективности всего производственного процесса. Необходимо, чтобы каждый работник четко знал и

выполнял свои функции, в чем и заключается главная задача эффективного управления.

5. *Стимулирование труда следует осуществлять с учетом специфики природных факторов и сложности технологических процессов.* Данный принцип означает, что оплата труда механизаторов, животноводов и других участников производственных процессов должна находиться в зависимости от специфики природных условий, в первую очередь почвенных и климатических (погодных) факторов. Известно, например, что условия проведения полевых работ, особенно в период уборки, в ряде районов и хозяйств Витебской области значительно сложнее, чем в хозяйствах южной зоны республики. Следовательно, в сельхозорганизациях Витебской области будет правомерным уменьшать нормы выработки и повышать расценки за их выполнение. Могут быть применены и другие меры мотивации работников, в том числе специфическая система премиальных вознаграждений при осложненных условиях труда. Адаптированная система стимулирования производительности и качества труда положительно скажется на трудовой активности работников, эффективности производства.

С учетом разработанных методологических подходов обоснованы следующие направления адаптации трудовых ресурсов сельской местности к природным, производственным и рыночным условиям хозяйствования:

1. *Обеспечение соответствия производственного направления хозяйства численности и качественному составу трудовых ресурсов.*

Практическое осуществление данного направления может осуществляться на основе двух подходов. Первый подход заключается в том, что определение специализации и отраслевой структуры организации необходимо осуществлять с учетом наличия трудовых ресурсов, их профессиональной структуры. В данном варианте приоритетным (ведущим) фактором адаптации выступают трудовые ресурсы. Предприятие приспосабливает к ним свою экономику, определяет при этом производственную структуру, объемы и ассортимент производимой продукции. Данный подход наиболее характерен для устойчиво функционирующих организаций со сложившейся производственной структурой, сформированными внешними связями.

В отличие от первого второй подход к обеспечению адаптивного сочетания факторов производства сельхозорганизации (рабочей силы и материально-вещественных факторов) ориентирован на приоритетность структуры производства, техники и технологий, сложившихся в данных природных и экономических условиях хозяйствования. Это означает, что персонал предприятия комплектуется (набирается) в зависимости от потребности технологических процессов, как по количеству, так и по профессиональным признакам. Данный подход является более адекватным для сельхозорганизаций (предприятий АПК), фермерских хозяйств, которые создаются вновь, то есть образуют свою производственную структуру и

материально-техническую базу на новых началах. При таком сценарии необходимо предусматривать решение вопросов по обеспечению персонала жильем, социально-бытовыми условиями.

2. Осуществление системных мер по подготовке, повышению квалификации и переквалификации рабочей силы, а также технического персонала с учетом инновационной модернизации технологий агропромышленного производства.

Данное направление характеризуется широким спектром мероприятий. Оно включает систему высшего и среднего специального образования, профессионального образования, а также все формы переподготовки и повышения квалификации кадров. Ускорившиеся в последние годы процессы инновационной модернизации техники и технологий требуют соответствующего усовершенствования учебных планов и программ, усиления связей науки, образования и производства, создания четкой системы обучения кадров, повышения их профессионального уровня. На каждом предприятии необходимо отслеживать процессы трансформации количественного и качественного состава персонала, составлять четкие планы укомплектования квалифицированными кадрами ведущих участков производства. Подготовка и переподготовка кадров массовых профессий и специалистов должна носить опережающий характер, чтобы обновление техники и технологий обеспечивалось наличием соответствующих специалистов.

3. Диверсификация видов экономической деятельности и создание новых форм хозяйствования в целях привлечения и рационального использования трудовых ресурсов.

Укомплектование специализированных участков производства подготовленными кадрами, как правило, сопровождается появлением трудовых ресурсов, которые не находят должной занятости. Данная ситуация предполагает решение вопросов создания новых рабочих мест, что влечет развитие процессов диверсификации производства. Могут создаваться, к примеру, предприятия по пошиву одежды, оказанию коммунально-бытовых услуг, изготовлению строительных и столярных материалов, ремонту автомобилей, бытовой техники и др.

Важными направлениями диверсификации аграрного производства могут быть создание предприятий (цехов) по выращиванию грибов, производству продукции пчеловодства, органических продуктов. Эти и другие виды экономической деятельности решают не только проблемы занятости людей, они обладают значительным потенциалом эффективности, получения хозяйством значительной прибыли [3].

4. Совершенствование методов мотивации кадрового потенциала

В настоящее время применяются различные способы стимулирования работников в целях повышения производительности труда, улучшения качества про-

дукции, экономии материальных ресурсов. Важно стремиться к тому, чтобы заработок сельских тружеников был не ниже по сравнению с промышленными отраслями. Сельскохозяйственный труд осуществляется в сравнительно тяжелых условиях. Заработная плата сельчан должна быть адекватной результатам труда с учетом специфики его условий (погода, сезонность, режим дня и др.) и напряженности. На современном этапе необходимо учитывать новые более эффективные методы мотивации труда (участие в доходах предприятия и др.).

5. Дифференциация методик расчета потребности в рабочей силе с учетом специфики природных условий хозяйствования и уровня технического обеспечения сельскохозяйственного производства.

В природных условиях Беларуси возможности выполнения полевых работ характеризуются различными календарными сроками. К примеру, в хозяйствах северных районов Витебской области и южных районов Брестской, Гомельской области количество дней на проведение сева озимых культур может различаться до 20-25. Разумеется, что в витебских хозяйствах требуется значительно большее количество работающих и техники для качественного и своевременного выполнения работ. Такой пик приходится, прежде всего, на осенний период – август, сентябрь, когда одновременно проводится уборка зерновых, льна, картофеля, продолжается заготовка кормов, ведутся работы по севу озимых и подъему зяби. В этой связи расчет потребности в рабочей силе должен осуществляться по дифференцированным методикам.

Для расчета потребности сельскохозяйственных организаций разных агроклиматических зон в трудовых ресурсах в процессе проведения исследований разработана методика, алгоритм которой включает следующие четыре этапа:

Этап I. Установление общего размера потребности в затратах труда в организации по выполняемым технологическим операциям, т.е. оценка того, сколько человеко-часов необходимо для выполнения конкретного этапа производственного процесса (ОПч.-ч.).

Для решения данной задачи целесообразно применять два метода расчета. Первый основан на использовании значения нормативной трудоемкости производства продукции, либо выполнения операции. Второй – на средней выработке имеющейся в распоряжении организации техники. Например, производительность за дневную смену (12 часов) одного трактора БЕЛАРУС-3522 при поднятии зяби составляет в среднем 20 га. Это значит, что объем работ в размере 900 га будет выполнен за 540 чел.-ч.

Параллельное использование двух приемов позволит сравнить полученные при расчете значения и установить величину резерва повышения эффективности использования труда и техники в организации, т.е. определить, на каких этапах работы наблюдается перерасход затрат труда.

Этап II. Определение средней дневной потребности в трудовых ресурсах (человеко-часах) для проведения конкретной технологической операции в оптимальные агроклиматические сроки (СДП_{ч.-ч.}). Для этого размер общей потребности, выявленный на первом этапе, делится на количество дней (КД_{опт}) оптимального периода проведения работ. Произведенные действия представлены в формуле:

$$\text{СДП}_{\text{ч.-ч.}} = \text{ОП}_{\text{ч.-ч.}} / \text{КД}_{\text{опт}} \quad (1)$$

Этап III. Определение способа организации производства с учетом количества рабочих смен и средней продолжительности одной смены. Например, во время подъема зяби 2-сменная работа по 12 часов на одного рабочего, или 3-сменная по 8 часов. Таким образом, появляется возможность определения потребности в трудовых ресурсах (количестве человек) по технологическим операциям (П_{то}) и сельскохозяйственным культурам (П_{с.-х.к.}).

Этап IV. Суммируя значения дневной потребности по разным операциям и культурам, получаем величину потребности в рабочей силе для организации на периоды (на день, неделю) в течение оптимального срока выполнения работ, что выражается следующими формулами:

$$\text{П}_1^{\text{период}} = \sum_{i \in I} \text{П}_{\text{то}}, \quad (2)$$

$$\text{П}_2^{\text{период}} = \sum_{j \in J} \text{П}_{\text{с.-х.к.}}, \quad (3)$$

где I, J – множество технологических операций и сельскохозяйственных культур соответственно;

$\text{П}_1^{\text{период}}, \text{П}_2^{\text{период}}$ – величина потребности в рабочей силе для организации в течение оптимального срока выполнения работ по технологическим операциям и сельскохозяйственным культурам.

Алгоритм методики схематично представлен на рис. 1.

Методика может быть использована в практической работе специалистов сельского хозяйства и работников научных учреждений. Ее применение позволит определять потребности хозяйств в кадрах с учетом особенностей почвенно-климатических и технико-технологических факторов сельскохозяйственного производства.

Заключение

Использование предложенных в статье теоретико-методологических аспектов и методики рациональной адаптации трудовых ресурсов сельской местности будет способствовать повышению уровня научного обеспечения решения проблем повышения

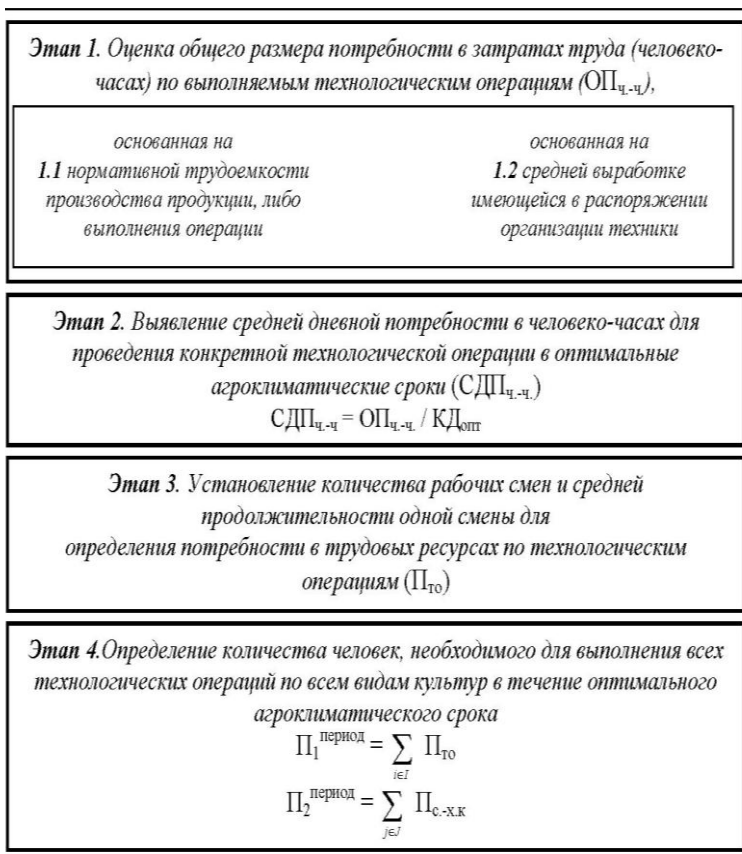


Рисунок 1. Алгоритм методики дифференцированного расчета потребности в трудовых ресурсах с учетом особенностей природных условий функционирования субъектов хозяйствования

эффективности функционирования и устойчивого развития аграрного сектора экономики страны.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. О Государственной программе развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2016–2020 годы и внесении изменений в постановление Совета Министров Республики Беларусь от 16 июня 2014 г. № 585: Пост. Совета министров Респ. Беларусь, 11 марта 2016 г. № 196 [Электронный ресурс] / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2016.
2. Гануш, Г.И. Экономика адаптивных систем хозяйствования в АПК. Теория, методология, практика / Г.И. Гануш. – Минск: Беларуская навука, 2018. – 186 с.
3. Адаптивные системы земледелия в Беларуси / Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь; Академия аграрных наук Республики Беларусь; редкол. Антонюк В.С. [и др.]. – Минск, 2001. – 308 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 15.05.2020

РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ АГРОСТРАХОВАНИЯ КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА И ПЕРЕРАБОТКИ ЛЬНОПРОДУКЦИИ

И.А. Войтко,

доцент каф. инновационного развития ИПК и ПК АПК БГАТУ, канд. экон. наук, доцент

В статье проанализированы особенности формирования системы агрострахования в Республике Беларусь. Выявлены недостатки, которые привели к снижению заинтересованности субъектов хозяйствования, а также самих страховых организаций в создании взаимовыгодных условий сотрудничества. Обоснованы методологические подходы по развитию системы агрострахования на примере льнопродукции как фактора повышения эффективности ее производства и переработки.

Ключевые слова: страхование, аграрная политика, государственная поддержка, сельскохозяйственная продукция, льнопродукция, международная интеграция, эффективность.

Particular features of the formation of the agricultural insurance system in the Republic of Belarus are analyzed in the article. Some drawbacks that led to a decrease in the interest of business entities, as well as insurance companies themselves, in creating mutually beneficial conditions for cooperation were identified. Methodological approaches to the development of the agricultural insurance system on the example of flax products as a factor in increasing the efficiency of its production and processing were substantiated.

Keywords: insurance, agricultural policy, domestic support, agricultural products, flax products, integration, efficiency.

Введение

Страхование является действенным способом защиты от рисков случайного характера, требующих значительных финансовых средств, недостаток которых в нужный момент может негативно сказаться на дальнейшем развитии конкретной сельскохозяйственной организации. Анализ показал, что на сегодняшний день система сельскохозяйственного страхования как элемент государственной поддержки в Беларуси не получила должного развития. Кроме этого, в республике расходы на возмещение затрат на уплату страховых взносов по обязательному страхованию с государственной поддержкой пока еще не соответствуют критериям Всемирной торговой организации (ВТО) и включаются в «желтую корзину», меры из которой подлежат сокращению. В этой связи требуется выработка принципиально новых подходов по совершенствованию системы агрострахования в условиях углубления международной и региональной экономической интеграции. При этом особую актуальность представляет обоснование направлений по повышению эффективности наиболее проблемных сфер аграрной деятельности, к которым в настоящее время можно отнести производство льна и реализацию продукции его переработки.

Научные исследования проведены на основании фактических данных Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, Национального статистического комитета Республики Беларусь. В ходе исследования изучены международные и национальные нормативно-правовые акты в сфере развития государственной поддержки и стра-

хования в сельском хозяйстве. Использованы методы системного и сравнительного анализа, расчетно-конструктивный, монографический.

Основная часть

Лен, как техническая культура, является традиционной для Республики Беларусь. В последние годы производству этой культуры уделяется особое внимание. Это обусловлено, во-первых, тем, что продукция, произведенная из льна (текстиль, масло) считается экологически чистой, и, как следствие, во всем мире спрос на нее растет, во-вторых – по мнению специалистов, природно-климатические условия нашей страны благоприятны для производства льна, наряду с тем, что далеко не все почвы подходят для возделывания данной культуры. В то же время развитие льноводства в республике все еще сталкивается с определенными сложностями. Основной проблемой является низкая эффективность производства, которая в большой мере обусловлена высокими затратами.

В Беларуси выращиванием льна занимаются около 20 % сельскохозяйственных организаций, а также ряд льноперерабатывающих субъектов хозяйствования Брестской, Витебской, Гродненской и Минской областей. Выполненные исследования показывают, что в динамике валовые сборы по республике варьируют, но имеют тенденцию к росту: 2015 г. – 40,5 тыс. т, 2019 г. – 46,2 тыс. т [1].

За последние пять лет 2019 год оказался наиболее урожайным. Сбор льноволокна увеличился на 14 % и составил 46,2 тыс. т (в хозяйствах всех категорий). В разрезе регионов наибольший удельный вес занимает

Витебская область, хотя ее доля в последние годы существенно снизилась. Наибольший прирост урожайности отмечается в Брестской области. Так, если в 1995 г. урожайность была на уровне 6,6 ц/га, то уже в 2015 г. и 2019 г. ее уровень вырос более, чем в два раза. При этом доля этого региона в совокупных по республике посевах льна по годам возрастает, хоть и незначительно. В целом эффективность производства и реализации льна и льнопродукции остается на низком уровне. На общем фоне этот вид продукции по уровню убыточности не уступает производству продукции выращивания КРС (табл. 1). Наибольшие убытки приносит реализация льнотресты.

Учитывая сложившуюся ситуацию, Правительством Республики Беларусь предпринимаются меры по созданию благоприятных условий для развития отрасли. Так, ежегодно постановлениями Совета Министров Республики Беларусь устанавливается размер субсидий на единицу реализованной и (или) направленной в обработку (переработку) сельскохозяйственной продукции, и в перечень такой продукции включена треста льна-долгунца (табл. 2).

Кроме того, приказом Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь № 122 от 18.05.2020 г. установлен рекомендуемый уровень закупочных цен на льняную тресту номером 0,75 и выше урожая 2020 года (табл. 3). При установлении цен учитывались как качество поставляемой в переработку продукции, так и сезонность поставок.

В то же время, следует отметить, что проблема низкой эффективности и убыточности в сельском хозяйстве в целом и по льнопродукции, в частности, является комплексной, затрагивающей как технологии производства и особенности ее реализации, так и макроэкономические и природно-климатические условия. В этой связи становится очевидным, что ее решение необходимо проводить по множеству направлений, имеющих целью не только временный экономический эффект (например, реструктуризация задолженности, установление и выплата надбавок), но и направленных на создание условий для устойчивого развития отрасли на долгосрочную перспективу.

Мировой опыт свидетельствует, что развитие системы агрострахования с государственной поддержкой может стать действенным механизмом защиты сельскохозяйственных товаропроизводителей от потери доходности вследствие макроэкономических и природно-климатических условий. Практика показывает, что в неблагоприятные годы данный инструмент намного эффективнее, чем финансовая помощь, оказываемая в виде субсидий, компенсаций, дополнительных кредитов, списаний и т.п. Кроме того, международными правилами (в рамках ВТО, Евразийского экономического союза) предусмотрено, что субсидирование аграрного страхования относится к мерам поддержки отрасли, не подпадающим под сокращение либо ограничение.

Страховой рынок Республики Беларусь пред-

Таблица 1. Рентабельность продукции, реализованной сельскохозяйственными организациями за 2012–2018 гг., %

Продукция	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
По продукции растениеводства и животноводства	19	3,4	5,7	-0,3	1,5	7,2	2,9
Продукция растениеводства	23,8	14,9	15,0	6,3	13,3	19,8	14,1
Зерновые культуры	26,2	14,6	15,9	8,0	8,9	16,5	14,3
Картофель	-11,6	23,1	29,3	1,2	-26,2	-0,5	-0,7
Льносемена	-6,3	-16,0	-17,0	-2,9	-37,3	-20,8	-15,1
Льнотреста	-37,8	-54,6	-25,6	-32,3	-41,9	-40,8	-42,4
Продукция животноводства	19,2	0,4	3,5	-2,2	-1,4	4,3	0,6
Реализация на мясо КРС в живом весе	12,1	-11,9	-28,1	-33,7	-36,7	-35,8	-37,9
Молоко	23,0	9,0	18,9	14,6	18,6	28,3	25,9

Примечание. Таблица составлена автором по сводным данным бухгалтерского отчета сельскохозяйственных организаций системы Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь [2]

Таблица 2. Размер субсидий на единицу реализованной и (или) направленной в обработку (переработку) тресты льна-долгунца

Вид продукции	Надбавки за 1 т (без учета НДС), руб.			Целевое использование средств (рекомендация)
	2018	2019	2020	
Треста льна-долгунца				– для приобретения минеральных удобрений, включая расходы по их доставке и затраты обслуживающих организаций, горюче-смазочных материалов, тресты льна-долгунца, энергоресурсов, семян, средств защиты растений, запасных частей; – оплаты услуг по ремонту сельскохозяйственной техники; – выплаты заработной платы работникам, занятым на возделывании и уборке льна-долгунца, погашения задолженности по ним; – для погашения кредитов банков, полученных на указанные цели, и процентов по ним.
1,0	73,5	78,0	82,8	
1,25	92,5	97,5	103,5	
1,5	111,0	117,0	124,3	
1,75	130,0	136,5	145,0	
2,0	150,0	156,0	165,7	
2,5 и выше	173,0	195,0	207,1	

Примечание. Таблица составлена на основании данных источников [3-5]

Таблица 3. Рекомендуемый уровень закупочных цен на тресту льна-долгунца

Наименование и номер льняной тресты	Рекомендуемый уровень закупочных цен (без налога на добавленную стоимость, на условиях франко-организации, осуществляющей производство сельскохозяйственной продукции), руб. за 1 т		
	июль–август 2020 г.	сентябрь 2020 г.	с 1 октября 2020 г.
0,75	186,59	186,59	186,59
1,0	327,91	316,93	264,80
1,25	396,52	381,43	314,19
1,5	430,81	417,09	345,74
1,75	469,22	450,02	375,94
2,0	495,30	477,46	397,89
2,5	573,51	547,44	456,88

Примечание. Таблица составлена на основании данных источника [2]

ставляет собой совокупность экономических отношений по поводу купли-продажи страхового продукта, основными субъектами которого выступают 16 страховых организаций. Однако страховщиком по обязательному страхованию сельскохозяйственной продукции с государственной поддержкой (поддержка предусмотрена в части бюджетного субсидирования 95 % страховых взносов) является одна организация – БРУСПП «Белгосстрах» [6, 7].

Современное развитие страхового рынка можно охарактеризовать как стабильное, что подтверждается различными видами страхования и ростом объемов страховых премий. В то же время взносы (в том числе и возмещение) по обязательному страхованию с государственной поддержкой урожая сельскохозяйственных культур, скота и птицы снизились более чем в 10 раз за последние пять лет. Снижение деловой активности по данному направлению связано с сокращением перечня сельскохозяйственных культур, скота и птицы, подлежащих обязательному страхованию с государственной поддержкой. Так, до 2017 года в него входили озимая и яровая пшеница, озимая тритикале, озимый рапс и лен-долгунец, а затем этот перечень сократился до двух позиций: озимый рапс и лен-долгунец [2].

Таким образом, изучение национальной практики применения в сельском хозяйстве обязательного страхования с государственной поддержкой показало недостаточную результативность применяемых подходов, что проявляется в превышении размера страховых взносов над выплатами в течение ряда лет, слабой заинтересованности субъектов хозяйствования в использовании обязательного, а также добровольного страхования в отрасли. Наряду с этим, учитывая углубление международной интеграции, Беларусь начала проведение ряда преобразований в сфере государственной поддержки по адаптации применяемых подходов к международным правилам. В этой связи разработаны и обоснованы методологические подходы, предусматривающие создание условий для расширения практики использования страхования как инструмента стимулирования доходности сельскохозяйственного производства, развития села и сельских

территорий страны и апробированы на примере льняной отрасли. Выбор обусловлен тем, что производство данной культуры и реализация продуктов ее переработки, несмотря на имеющиеся благоприятные природно-климатические условия для ее выращивания, все еще является убыточным, что требует принятия мер по решению сложившейся ситуации.

Пунктом VI приложения II Соглашения ВТО по сельскому хозяйству предусмотрено, что финансовое участие правительства в программах страхования и обеспечения доходов может являться основанием для освобождения от обязательств по сокращению в сфере государственной поддержки при соблюдении следующих условий:

1. Право на такие выплаты определяется потерями в доходах, получаемых от сельского хозяйства, которые превышают 30 % от среднего валового дохода или эквивалента в виде чистого дохода за предыдущий трехлетний период. Любой производитель, отвечающий этому условию, имеет право на получение выплат.

2. Сумма таких выплат компенсирует менее 70 % потерь производителя в доходе за тот год, в котором производитель получает право на получение такой помощи [8].

Таким образом, на данном этапе с учетом имеющегося зарубежного опыта наиболее целесообразным видится внедрение в практику параметрического страхования. Такие программы уже показали свою эффективность в ряде развитых стран (Канада, США, Швеция), особенность которых заключается в том, что при использовании такой схемы платежи производятся при наступлении страхового случая и измеряются индексом (использовалась концепция индекса региональной урожайности). При этом оценка потерь производится не по отдельным организациям, а по данным среднего уровня индекса по области (или району). Предлагаемая методика субсидирования ущерба предполагает уход от обязательности страхования и участие государства не в компенсации части страховых взносов, а в части субсидирования потерь. Компенсация ущерба производится в одинаковом размере всем застрахованным в том случае, если средняя урожайность в районе (области) упадет ниже среднего значения [9].

По разработанной схеме сельскохозяйственная организация заключает договор со страховой компанией и страхует 30 % стоимости продукции (правила ВТО предусматривают введение такого порога возмещения ущерба из бюджета). В настоящее время для организаций АПК такие потери урожайности могут оказаться непосильной проблемой. В случае, если величина фактического значения урожайности в текущем году падает ниже среднего значения по области за предшествующие пять лет и когда размер потерь превысит 30 % от страховой стоимости, сельскохозяйственная организация вправе претендовать на дополнительное возмещение ущерба из бюджета в размере 70 % от суммы потерь.

Апробация подходов проводилась в разрезе регионов, так как условия хозяйствования (плодородие почв, природно-климатические условия, географическое положение и пр.) существенно отличаются по регионам и

напрямую объективно влияют на урожайность культур. Например, средняя урожайность льноволокна по Гомельской области составила 7,5 ц/га, в то время как по Брестской – превысила 13 ц/га (табл. 4).

доходности, позволит сформировать устойчиво функционирующее производство.

Заключение

Выполненные исследования показали, что правильная и комплексная организация системы страхования предприятий аграрного сектора может положительно сказаться на повышении эффективности и стабильности сельскохозяйственного производства. Данный инструмент способствует накоплению средств для дальнейшего развития субъектов хозяйствования и применения инновационных технологий, а также выполнению социально-значимых проектов. Разработка качественных страховых продуктов и программ позволит обеспечить стабильность финансового положения производителей сельскохозяйственной продукции. Кроме того, для соответствия критериям «зеленой корзины», программы страхования с государственной поддержкой должны иметь в качестве цели

Таблица 4. Средняя урожайность льноволокна по областям и по Республике Беларусь

Области	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	В среднем 2013-2017 гг.
Брестская	13,1	16,2	14,5	11,3	11,6	13,3
Витебская	7,2	9,6	9,4	10,7	10,0	9,4
Гомельская	7,4	9,8	6,4	8,2	5,9	7,5
Гродненская	8,4	10,9	11,1	7,2	8,7	9,3
Минская	8,7	9,9	9,5	7,4	7,8	8,7
Могилевская	8,3	10,2	9,9	10,8	10,3	9,9
Республика Беларусь	8,4	10,7	10,1	9,4	9,2	9,6

Примечание. Таблица составлена автором на основании [1]

Автором проведено сравнение средней урожайности по культурам по регионам с фактическим уровнем урожайности в расчетный год, и уже на основе полученного результата выполнен расчет ущерба и необходимого возмещения (табл. 5).

Как видно из расчетов, в 2018 г. три области понесли потери от снижения региональной урожайности (Брестская, Гродненская и Минская области) и три области получили урожайности, превышающие средние за пять лет показатели, полученные за 2013–2017 гг. Применение предлагаемых подходов позволило бы в условиях 2018 г. производителям Брестского региона получить страховое возмещение по указанной культуре в размере 2,7 млн руб., в том числе от страховой организации – 805,6 тыс. руб. и 1,88 млн руб. из бюджета. В целом по республике размер возмещения только по льну составил бы 5,4 млн руб. (табл. 6).

Таким образом, проведя расчеты только по одной культуре, становится очевидным, что формирование специального фонда сельскохозяйственного страхования потребует привлечения больших сумм бюджетных средств (справочно: размер страховых возмещений по всем культурам и скоту в рамках обязательного страхования с государственной поддержкой в 2018 г. составил 5,8 млн руб.). В то же время создание условий, обеспечивающих поддержание

Таблица 6. Расчетные выплаты при проведении агрострахования с государственной поддержкой по предлагаемым подходам (на примере производства льноволокна)

Область	Доля потерь, %	Размер выплат, причитающийся по расчету, тыс. руб.		
		Всего	из страховой организации	из бюджета
Брестская	47,4	2686,1	805,8	1880,2
Гродненская	26,9	1286,4	385,9	900,5
Минская	21,8	1438,6	431,6	1007,0

Примечание. Таблица составлена автором на основании проведенных расчетов по данным Национального статистического комитета Республики Беларусь

стабилизацию доходов сельскохозяйственных предприятий, а не цен на продукции и не зависеть от вида продукции.

Таблица 5. Расчет доли потерь, подлежащих возмещению, по льноволокну

Показатели	Область					
	Брестская	Витебская	Гомельская	Гродненская	Минская	Могилевская
Площадь посева в 2018 г, тыс. га	5,8	14,0	4,3	7,0	10,3	8,7
Урожайность, ц/га, 2018	7,0	10,0	9,0	6,8	6,8	10,8
Урожайность, в среднем за 2013–2017, ц/га	13,3	9,4	7,5	9,3	8,7	9,9
Среднереализационная цена за 2017 г., руб. /т	735,1	735,1	735,1	735,1	735,1	735,1
Потери урожайности в 2018 г., т/га	0,63	-0,06	-0,15	0,25	0,19	-0,09
Расчетные потери в 2018 г., тыс. т	3,654	-0,840	-0,645	1,750	1,957	-0,783
Расчетная страховая стоимость урожая, тыс. руб.	5670,6	9673,9	2370,7	4785,5	6587,2	6331,4
Размер потерь, тыс. руб.	2686,1	-617,5	-474,1	1286,44	1438,6	-575,6
Доля потерь, подлежащих возмещению, %	47,4	-	-	26,9	21,8	-

Разработанные в рамках научного исследования рекомендации позволяют повысить привлекательность и доступность агрострахования для производителей сельскохозяйственной продукции, снизить риски потерь урожая и, тем самым, стабилизировать финансовое положение организаций в сельском хозяйстве. В результате реализации предложенных методологических подходов средства государственного бюджета, предусмотренные на цели поддержки страхования, могут быть отнесены к мерам, не попадающим под обязательства по сокращению, что положительно скажется на исполнении нашей страной международных обязательств в сфере государственной поддержки.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Сельское хозяйство Республики Беларусь: стат. сб. / Национальный стат. комитет Респ. Беларусь. – Минск, 2019. – 211 с.
2. Официальный сайт Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь. – [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа: <http://mshp.minsk.by>. – Дата доступа: 04.05.2020.
3. О выплатах в виде субсидий на единицу реализованной и (или) направленной в обработку (переработку) сельскохозяйственной продукции: пост. Совета Министров Респ. Беларусь от 3 февраля 2018 г. № 90 (в ред. пост. Совета Министров Респ. Беларусь от 22 мая 2018 г. № 379) / Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь от 5 февраля 2018 г. № 5/44783.
4. О выплатах в виде субсидий на единицу реализованной и (или) направленной в обработку (пере-

работку) сельскохозяйственной продукции: пост. Совета Министров Респ. Беларусь от 11 января 2019 г. № 19 (в ред. пост. Совета Министров Респ. Беларусь от 15 октября 2019 г. № 702) / Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь от 14 января 2019 г. № 5/46051.

5. О выплатах в виде субсидий на единицу реализованной и (или) направленной в обработку (переработку) сельскохозяйственной продукции: пост. Совета Министров Респ. Беларусь от 14 января 2020 г. № 17 (в ред. пост. Совета Министров Респ. Беларусь от 6 мая 2020 г. № 272) / Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь от 15 января 2020 г. № 5/47682.

6. Официальный сайт Белорусского республиканского унитарного страхового предприятия «Белгосстрах» [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа: <http://bgs.by>. – Дата доступа: 01.05.2020.

7. Официальный сайт Министерства финансов Республики Беларусь. [Электронный ресурс] – 2020. – Режим доступа: <http://www.minfin.gov.by/ru/supervision/stat/>. – Дата доступа: 01.05.2020.

8. LT/UR/A-1A/2. AGREEMENT ON AGRICULTURE (Соглашение по сельскому хозяйству ВТО) [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа: https://docs.wto.org/dol2fe/Pages/FE_Search/FE_S_S006.aspx. – Дата доступа: 15.05.2020.

9. Киреенко, Н.В. Диверсификация государственной поддержки сельского хозяйства Беларуси с учетом международных требований и обязательств / Н.В. Киреенко, И.А. Казакевич // Белорусский экономический журнал. – 2018. – № 4. – С. 65-76.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 02.06. 2020.

Радиоволновой влагомер зерна

Предназначен для непрерывного измерения влажности зерна в процессе сушки на зерносушильных комплексах.

Влагомер обеспечивает непрерывный контроль влажности зерна в потоке и обеспечивает автоматическую коррекцию результатов измерения при изменении температуры материала, имеет аналоговый выход 4-20 мА, а также интерфейс RS-485.



Основные технические данные

Диапазон измерения влажности зерна
Основная абсолютная погрешность
Температура контролируемого материала
Цена деления младшего разряда блока индикации
Напряжение питания
Потребляемая мощность

от 9 до 25%
не более 0,5%
от +5 до +65°C
0,1%
220 В 50Гц,
30ВА

АКТУАЛЬНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ДИВЕРСИФИКАЦИИ СЕЛЬСКОЙ ЭКОНОМИКИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Л.В. Корбут,

зав. каф. экономики и управления предприятиями АПК БГЭУ, канд. экон. наук, доцент

С.Д. Юдицкая,

магистрант БГЭУ

В статье представлены результаты исследований по проблеме диверсификации сельской экономики в части перспективных ее направлений: органического производства, сельского туризма, ремесленной деятельности.

Ключевые слова: диверсификация, органическое сельское хозяйство, зеленая экономика, сельский туризм, ремесленная деятельность, устойчивое развитие.

The article presents the results of research on diversification of the rural economy in terms of its promising areas: organic agriculture, rural tourism, handicrafts.

Keywords: diversification, organic agriculture, green economy, rural tourism, handicrafts, sustainable development.

Введение

Проблеме диверсификации сельской экономики посвящены работы белорусских ученых, в том числе Вертинской Т.С. (ремесленная деятельность), Корбут Л.В. (органическое сельское хозяйство), Соболя К.Н. (сельский туризм).

Цель данной работы – обобщить теоретические, правовые и организационно-экономические аспекты диверсификации сельской экономики (по основным направлениям), получившие освещение в работах названных авторов. В статье также проанализированы основные тенденции развития сельского туризма, ремесленничества и органического сельского хозяйства. Особенности территориального размещения субъектов исследованы с помощью картографического метода.

Основная часть

Органическое сельское хозяйство

В соответствии с определением Международной организации ООН по продовольствию и сельскому хозяйству ФАО, органическое сельское хозяйство – это целостная система управления производством, которая поддерживает и способствует здоровью агро-экосистемы, включая биологическое разнообразие, биологические циклы и биологическую активность почвы. Это система, которая делает упор на практику управления, а не на использование внешних сельскохозяйственных ресурсов, принимая во внимание, что конкретные региональные условия требуют собственных, адаптированных к своему региону систем [1].

Согласно определению Международной федерации движений за органическое сельское хозяйство, «органическое сельское хозяйство – это производственная система, которая поддерживает здоровье почв, экосистем и людей. Зависит от экологических процессов, биологического разнообразия и природ-

ных циклов, характерных для местных условий, избегая использования невозобновляемых ресурсов. Органическое сельское хозяйство объединяет традиции, нововведения и науку, чтобы улучшить состояние окружающей среды, а также развивать справедливые взаимоотношения и достойный уровень жизни» [2].

Для Беларуси развитие органического сельского хозяйства интересно во многих отношениях, прежде всего, в целях повышения качества жизни населения страны. Во-первых, мы можем говорить об улучшении качества питания. В Доктрине национальной продовольственной безопасности Республики Беларусь до 2030 года в числе задач обеспечения национальной продовольственной безопасности определены устойчивое развитие внутреннего производства основных видов сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия, достаточного для обеспечения продовольственной независимости и реализации экспортного потенциала АПК, включая освоение производства новой, востребованной на мировом рынке продукции, в том числе органической, а также формирование культуры питания населения, ориентированной на потребление пищевых продуктов высокого качества, включая органическую продукцию [3]. Во-вторых, важны экологические аспекты – предотвращение разрушения агроэкологических систем, загрязнения водоемов, атмосферного воздуха, сохранение лесов. В-третьих, появляется дополнительная возможность в развитии в сельской местности других отраслей и видов деятельности, например, туризма, торговли, общественного питания, строительства. В-четвертых, органический сектор посредством функционирования зеленых школ и зеленых классов, проведения зеленых уроков, форумов, слетов и т.п. способствует формированию и развитию у детей и молодежи экологического мировоззрения, тру-

долголетия, патриотических качеств. В-пятых, органический сектор может существенно повысить доходы фермерских хозяйств и хозяйств населения. В-шестых, органическое сельское хозяйство может активизировать деятельность фермеров, придать ей новый импульс. В-седьмых, органическое сельское хозяйство способствует формированию устойчивых продовольственных систем. В-восьмых, местные органические продукты укрепляют имидж отдельной территории [4].

Названные экологические, социальные и экономические эффекты органического сельского хозяйства, казалось бы, должны обеспечить стремительное развитие нового сектора национальной сельской экономики. Однако, анализируя фактическую ситуацию, можно утверждать, что успехи, связанные с внедрением органических методов в хозяйственную практику, более чем скромные. Это объясняется многими объективными и субъективными причинами. Среди них уместно назвать несформированность нормативной правовой базы, отсутствие должного научного сопровождения, отставание учебных планов и программ высших и средних учебных заведений от потребностей практики, информационные пробелы. Поэтому неудивительно, что организация органического производства, основные направления государственной поддержки, особенности продвижения органической продукции, маркировка, сертификация и пр., являются проблематичными вопросами для большинства настоящих и потенциальных органических производителей.

Принятие в ноябре 2018 года и вступление в силу в ноябре 2019 года Закона Республики Беларусь «О производстве и обращении органической продукции» оставило во многом нерешенными названные выше проблемы. Так, на наш взгляд, не получили должного решения вопросы государственного регулирования в органической сфере, сертификации органической продукции и некоторые другие. Вместе с тем, благодаря Закону, полагаем, активизируется деятельность фермерских хозяйств, хозяйств населения, сельскохозяйственных организаций, предприятий общественного питания в части органического производства. Отметим также, что в Законе термин «органическая продукция» определяется как продукты животного и растительного происхождения, предназначенные для употребления человеком в пищу, использования в качестве корма для животных, семян, полученные в результате производства органической продукции [5].

Создание условий для производства органической продукции признается одним из приоритетных направлений развития зеленой экономики в нашей стране. Развитие органического земледелия, отвечающего принципам формирования зеленой экономики, признается также одним из основных направлений, по которым будет осуществлена комплексная реали-

зация мероприятий с целью сохранения и рационального (устойчивого) использования земель (включая почвы), предотвращения их деградации и повышения продуктивности, позволяющих обеспечить национальную безопасность и повысить уровень жизни населения [3; 6].

Национальной стратегией устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь до 2030 года рост доли органических земель в общей площади сельскохозяйственных земель до 3-4 % определяется как один из критериев развития сельского хозяйства [7]. В настоящее время в Беларуси доля органических земель в составе сельскохозяйственных земель измеряется сотыми долями процента; по экспертным оценкам, примерно таков и удельный вес органической сельскохозяйственной продукции в общем объеме продукции сельского хозяйства. В органическом секторе работают 17 фермерских органических хозяйств, а также другие субъекты хозяйствования. Большинство из них производит продукцию растениеводства (в основном зерно, овощи, картофель, зелень, ягоды). Продукция органического животноводства представлена в основном мясом крупного рогатого скота, молоком козым.

В результате исследований было установлено, что динамика развития органического сельского хозяйства в Республике Беларусь имеет положительную тенденцию: количество производителей за 2014-2018 гг. увеличилось в 20 раз, а площадь органических земель – в 8 раз, и достигла 1,5 тыс. га. На карте (рис. 1) представлено распределение фермерских органических хозяйств по областям.

Отметим, что более половины фермерских органических хозяйств функционирует в Минской области. В Гомельской и Могилевской областях сертифицированные органические хозяйства отсутствуют.

Сельский туризм

В последнее время значительное развитие в качестве одного из актуальных направлений несвязанной диверсификации сельской экономики получил сельский туризм, деятельность которого регламентируется Указом Президента Республики Беларусь № 365 от 9 октября 2017 года «О развитии агроэкотуризма». Согласно Указу, агроэкотуризм – это временное пребывание граждан Республики Беларусь, иностранных граждан и лиц без гражданства в сельской местности, малых городских поселениях в целях получения услуг (предоставление жилых комнат для размещения, обеспечение питанием (как правило, с использованием продукции собственного производства), организация познавательных, спортивных и культурно-развлекательных экскурсий и программ, иные услуги, связанные с приемом, размещением, транспортным и иным обслуживанием), оказываемых субъектом агроэкотуризма для отдыха, оздоровления, ознакомления с природным потенциалом республики, национальными культурными традициями, без заня-

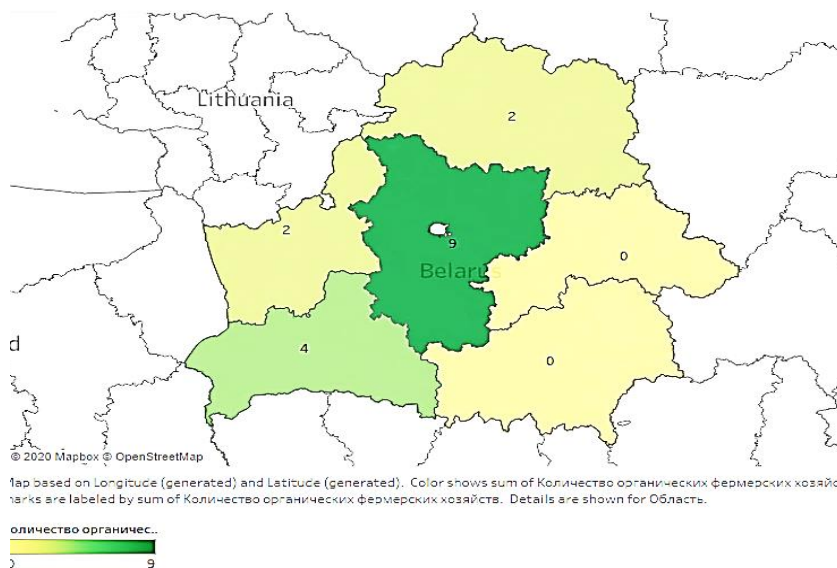


Рисунок 1. Размещение фермерских органических хозяйств по областям

Примечание: источник – собственная разработка

тия трудовой, предпринимательской, иной деятельностью, оплачиваемой и (или) приносящей прибыль (доход) из источника в месте пребывания [8].

В результате исследований установлено, что тенденции развития агроэкотуризма имеют положительный тренд: количество зарегистрированных субъектов агроэкотуризма за 2014-2018 гг. увеличилось на 21 %; численность туристов, посетивших сельские усадьбы, возросла на 35 %, что составило более 100 тыс. чел.; средняя продолжительность пребывания достигла 5 дней [9].

Обобщая результаты проведенного комплексного анализа, необходимо отметить, что к характерным особенностям развития агроэкотуризма в Беларуси относятся:

- 1) неравномерность размещения сельских усадьб по областям;
- 2) неравномерность темпов роста сельских усадьб по областям;
- 3) темпы роста туристов из Беларуси, посещающих агроэкоусадьбы, превышают темпы роста туристов, приезжающих из других стран.

На региональную специфику развития сельского туризма оказывают влияние следующие факторы:

- наличие экологических, инфраструктурных и иных ограничений для осуществления хозяйственной деятельности;
- наличие, доступность, эффективность использования туристско-рекреационных ресурсов;
- уровень социально-экономического развития региона, в т.ч. доходы

населения;

- расстояние от крупных городов
- поставщиков сельских туристов;
- деятельность профильных общественных организаций и др. [10].

В контексте устойчивого развития агроэкотуризм является важнейшим аспектом сохранения окружающей среды, природных ресурсов, памятников архитектуры и зодчества, культурно-исторических достопримечательностей, традиций. Значительное влияние на развитие агроэкотуризма оказал Указ Президента Республики Беларусь от 26 декабря 2017 г. № 462 «Об установлении безвизового порядка въезда и выезда иностранных граждан». Необходимо отметить, что в номинации «Агроэкотуризм» Республика Беларусь заняла 1 место по версии National Geographic Traveler Awards 2018, получив 49 % голосов.

Перспективными направлениями сельского туризма являются экологический, оздоровительный, гастрономический, аграрный, охотничий, когнитивный, событийный.

На карте (рис. 2) представлено распределение сельских усадьб по областям.

Наибольший удельный вес по количеству функционирующих субъектов агроэкотуризма имеет Минская область (34 %). Усадьбы Витебской и Минской областей в совокупности составляют 58 % всех сельских усадьб. В Гомельской и Могилевской областях

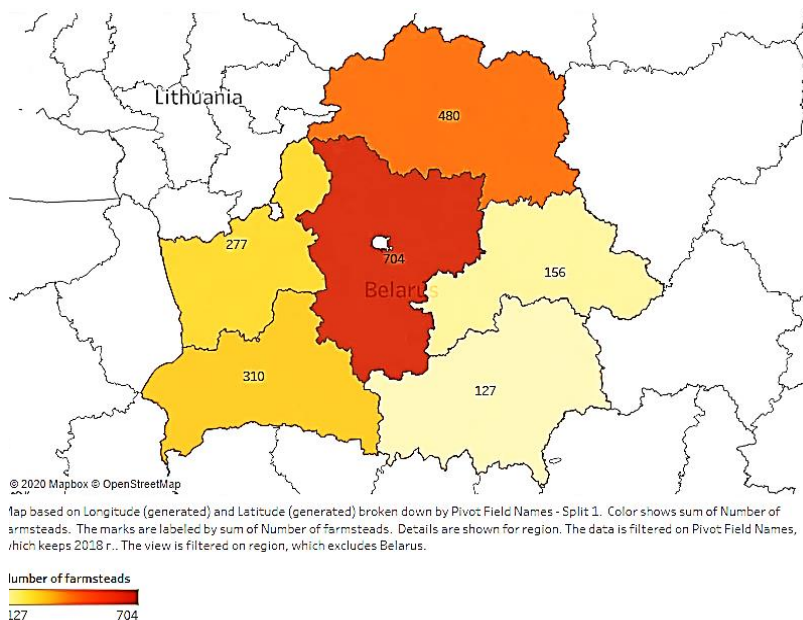


Рисунок 2. Размещение субъектов агроэкотуризма по областям

Примечание: источник – собственная разработка

доля субъектов агротуризма составляет менее 10 %.

Ремесленная деятельность

Ремесленная деятельность в Республике Беларусь регулируется Указом Президента Республики Беларусь от 9 октября 2017 г. № 364 «Об осуществлении физическими лицами ремесленной деятельности». В соответствии с законодательством «под ремесленной деятельностью понимается не являющаяся предпринимательской деятельность физических лиц по изготовлению и реализации товаров, выполнению работ, оказанию услуг с применением ручного труда и инструмента, осуществляемая самостоятельно, без привлечения иных физических лиц по трудовым и (или) гражданско-правовым договорам, если иное не предусмотрено настоящим Указом, и направленная на удовлетворение бытовых потребностей граждан» [11].

Осуществление ремесленной деятельности предполагает соблюдение ряда условий: ремесленник должен осуществлять деятельность самостоятельно, не привлекая других физических лиц; при изготовлении изделий используются только ручной труд и инструмент; деятельность должна быть направлена на удовлетворение бытовых потребностей граждан; реализация изделий должна осуществляться на местных рынках и ярмарках, посредством глобальной сети Интернет, почтовым отправлением и др.

К принципам развития ремесленничества можно отнести:

- комплексный подход, определяющий тесную взаимосвязь всех стадий: обучение и профессиональную подготовку, производство, маркетинг и сбыт, просветительскую, информационную работу и др.;
- кластерный подход, обеспечивающий устойчивость региона путем интеграции ремесленничества в различных формах со смежными видами деятельности;
- ориентацию на формирование ремесленничества как сектора в экономике сельских регионов;
- учет рыночных отношений и использование управленческих инструментов, адекватных рыночной среде;
- оптимальное сочетание принципов самоуправления и государственной поддержки, оказываемой для развития ремесленной деятельности на национальном и местном уровнях;
- активное внедрение информационно-коммуникационных, а также информационно-консультационных технологий в сферу ремесленничества [12].

В результате исследований установлено, что динамика развития ремесленной деятельности в Беларуси имеет положительную тенденцию: количество ремесленников за 2014-

2018 гг. увеличилось в 4 раза, значительно расширен спектр услуг [13].

На селе наиболее распространены следующие виды ремесленной деятельности: изготовление и ремонт шорно-седельных изделий (хомутов, седелок, шлей, вожжей и др. частей упряжи), гужевых повозок и саней, деревянных бочек, чанов, кадок и прочих бондарных изделий, изделий из жести (ведер, леек, карнизов, отливов, дымоходов, зонтов для защиты дымоходов от атмосферных осадков, противней, самоварных труб, рукомольников); установка и ремонт деревянных колодцев, скамеек, навесов, беседок, теплиц, заборов, лодок, душевых кабин, надворных туалетов, клеток, домиков, ульев, кормушек, поилок, вошины, иных сооружений, инвентаря и принадлежностей для содержания птиц, животных, пчел; кузнечное дело, изготовление, заточка и ремонт сельскохозяйственного и садово-огородного инструмента и его частей (косовиц, черенков, грабель, топорищ, лопат, мотыг, серпов, топоров, садовых ножниц, ручных пил) [14].

С целью содействия развитию предпринимательской деятельности на селе в Витебской области, например, безработным были выданы субсидии на открытие собственного бизнеса. Данная инициатива позволила сельчанам организовать ремесленную деятельность и начать производство мыла, кухонного инвентаря, деревянных, а также сувенирных изделий. В Брестской области был реализован социальный проект «Поддержка женщин в фермерстве, агротуризме и ремесленничестве», направленный на стимулирование деловой активности женщин в сельской местности.

Субъекты ремесленной деятельности распределены неравномерно, что отображено на карте (рис. 3).

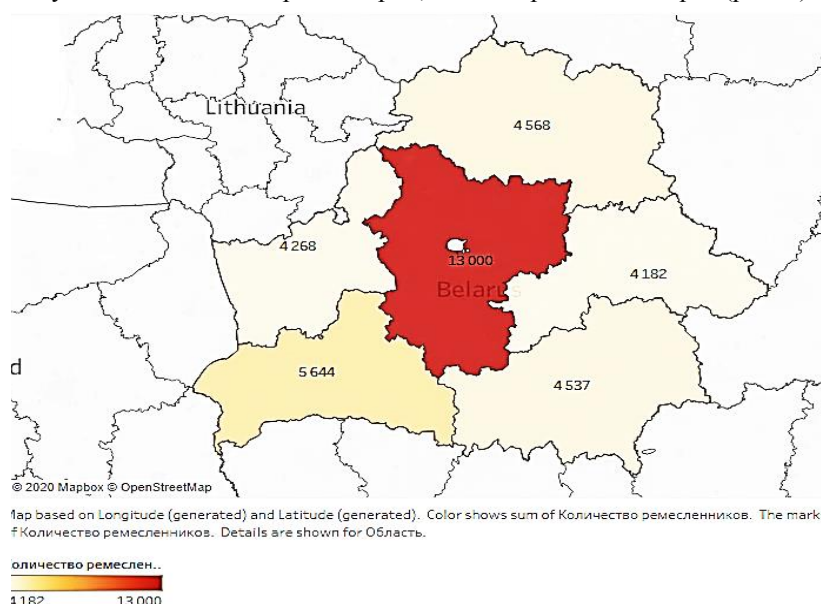


Рисунок 3. Размещение субъектов ремесленной деятельности по областям
Примечание: источник – собственная разработка

Так, наибольшее количество ремесленников сосредоточено в Брестской и Минской областях, что составляет 16 % и 12 % зарегистрированных субъектов соответственно. Наименьшее количество ремесленников работает в Гродненской и Могилевской областях.

Заключение

В статье кратко представлены предпосылки и особенности развития актуальных направлений диверсификации сельской экономики; выявлены тенденции, заключающиеся в увеличении количества субъектов, неоднородности их территориального размещения и темпов роста; рассмотрены правовые аспекты функционирования. Преимущества полученных результатов состоят в их системности, комплексности, наглядности и уникальности. При условии должного научного сопровождения, обоснованной государственной поддержки, содействия местных властей, реализация рассмотренных направлений диверсификации будет способствовать устойчивому развитию сельских территорий.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Organic Agriculture // Food and Agriculture Organization of the United Nations [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа: <http://www.fao.org/organicag/oa-faq/oa-faq1/ru/>. – Дата доступа: 01.11.2019.
2. Definition of organic agriculture // IFOAM Organics International [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа: <https://www.ifoam.bio/en/organic-landmarks/definition-organic-agriculture>. – Дата доступа: 01.11.2019.
3. Доктрина национальной продовольственной безопасности Республики Беларусь до 2030 года: Постановление Совета Министров Республики Беларусь, 15 дек. 2017 г., № 962 // Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь. – 2017. – № 5/44566.
4. Корбут, Л.В. Связанная диверсификация сельской экономики / Л.В. Корбут. // Вестник Белорусского государственного экономического университета. – 2018. – № 5 (130). – С. 63-69.
5. О производстве и обращении органической продукции: Закон Республики Беларусь от 9 ноября 2018 г. № 144-З // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – 2018. – 2/2582.
6. Об утверждении Национального плана действий по развитию «зеленой» экономики в Республике Беларусь до 2020 года: Постановление Совета Министров Республики Беларусь, 21 дек. 2016 г., № 1061 // Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь. – 2017. – № 5/43102.
7. Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2030 года: Постановление Совета Министров Республики Беларусь, 11 дек. 2013 г., № 1066 // Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь. – 2015. – № 5/38139.
8. Указ Президента Республики Беларусь от 09.10.2017 г. № 365 «О развитии агротуризма» [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа: <http://pravo.by/>. Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Дата доступа: 01.11.2019.
9. Туризм и туристические ресурсы в Республике Беларусь. Статистический сборник. – Минск, 2019. – 76 с.
10. Соболев, К.Н. Концептуальные подходы к проблеме развития сельского туризма / К.Н. Соболев // Экономика и предпринимательство. – 2017. – № 1 (78). – С. 584-591.
11. Указ Президента Республики Беларусь от 09.10.2017 г. № 364 «Об осуществлении физическими лицами ремесленной деятельности» [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа: <http://pravo.by/>. Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Дата доступа: 01.11.2019.
12. Вертинская, Т.С. Концептуальные подходы к развитию ремесленной деятельности в контексте регионального развития Республики Беларусь / Т.С. Вертинская // Историческая география Восточной Европы: природное и культурное наследие: материалы Международной научно-практической конференции. – 2016. – С. 162-167.
13. Ремесленная деятельность [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа: <https://www.economy.gov.by/ru/remeslo-ru/>. Министерство экономики Республики Беларусь. – Дата доступа: 01.11.2019.
14. Болдак, А.К. Развитие сельского ремесленничества в Республике Беларусь / А.К. Болдак // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы: сборник научных трудов; ред. В. К. Пестис. – Гродно: ГГАУ – 2014. – Т. 27. – С. 7-13.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 11.05.2020

Правила для авторов

1. Журнал «Агропанорама» помещает достоверные и обоснованные материалы, которые имеют научное и практическое значение, отличаются актуальностью и новизной, способствуют повышению экономической эффективности агропромышленного производства, носят законченный характер. Статьи публикуются на русском языке.

Приказом ВАК от 4 июля 2005 г. № 101 (в редакции приказа ВАК от 2.02.2011 г. № 26) журнал «Агропанорама» включен в Перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований по техническим (сельскохозяйственное машиностроение и энергетика, технический сервис в АПК), экономическим (АПК) и сельскохозяйственным (зоотехния) наукам.

2. Объем научной статьи, учитываемой в качестве публикации по теме диссертации, должен составлять, как правило, не менее 0,35 авторского листа (14000 печатных знаков, включая пробелы между словами, знаки препинания, цифры и др.), что соответствует 8 стр. текста, напечатанного через 2 интервала между строками (5,5 стр. в случае печати через 1,5 интервала).

Рукопись статьи, представляемая в редакцию, должна удовлетворять основным требованиям современной компьютерной верстки. К набору текста и формул предъявляется ряд требований:

1) рукопись, подготовленная в электронном виде, должна быть набрана в текстовом редакторе Word версии 6.0 или более поздней. Файл сохраняется в формате «doc»;

2) текст следует сформатировать без переносов и выравнивания правого края текста, для набора использовать один из самых распространенных шрифтов типа Times (например, Times New Roman Cyr, Times ET);

3) знаки препинания (.,!?:;...) не отделяются пробелом от слова, за которым следуют, но после них пробел обязателен. Кавычки и скобки не отделяются пробелом от слова или выражения внутри них. Следует различать дефис«-» и длинное тире «—». Длинное тире набирается в редакторе Word комбинацией клавиш: Ctrl+Shift+«-». От соседних участков текста оно отделяется единичными пробелами. Исключение: длинное тире не отделяется пробелами между цифрами или числами: 1991-1996;

4) при наборе формул необходимо следовать общепринятым правилам:

а) формулы набираются только в редакторе формул Microsoft Equation. Размер шрифта 12. При длине формулы более 8,5 см желательно продолжение перенести на следующую строку;

б) буквы латинского алфавита, обозначающие переменные, постоянные, коэффициенты, индексы и т.д., набираются курсивом;

в) элементы, обозначаемые буквами греческого и русского алфавитов, набираются шрифтом прямого начертания;

г) цифры набираются шрифтом прямого начертания;

д) аббревиатуры функций набираются прямо;

е) специальные символы и элементы, обозначаемые буквами греческого алфавита, используются при наборе формул, вставляются в текст только в редакторе формул Microsoft Equation.

ж) пронумерованные формулы пишутся в отдельной от текста строке, а номер формулы ставится у правого края.

Нумеруются лишь те формулы, на которые имеются ссылки в тексте.

3. Рисунки, графики, диаграммы необходимо выполнять с использованием электронных редакторов и вставлять в файл документа Word. Изображение должно быть четким, толщина линий более 0,5 пт, размер рисунка по ширине: 5,6 см, 11,5 см, 17,5 см и 8,5 см.

4. Цифровой материал должен оформляться в виде таблиц. Каждая таблица должна иметь заголовок и номер (если таблиц несколько). Рекомендуется установить толщину линии не менее 1 пт. В оформлении таблиц и

графиков не следует применять выделение цветом, заливку фона.

Фотографии и рисунки должны быть представлены в электронном виде в отдельных файлах формата *.tif или *.jpg с разрешением 300 dpi.

Научные статьи, публикуемые в изданиях, включенных в перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований, должны включать:

индекс УДК;

название статьи;

фамилию и инициалы, должность, ученую степень и звание автора (авторов) статьи;

аннотацию на русском и английском языках;

ключевые слова на русском и английском языках;

введение;

основную часть, включающую графики и другой иллюстративный материал (при их наличии);

заключение, завершаемое четко сформулированными выводами;

список цитированных источников;

дату поступления статьи в редакцию.

В разделе «Введение» должен быть дан краткий обзор литературы по данной проблеме, указаны не решенные ранее вопросы, сформулирована и обоснована цель работы.

Основная часть статьи должна содержать описание методики, аппаратуры, объектов исследования и подробно освещать содержание исследований, проведенных авторами.

В разделе «Заклучение» должны быть в сжатом виде сформулированы основные полученные результаты с указанием их новизны, преимуществ и возможностей применения.

Дополнительно в структуру статьи может быть включен перечень принятых обозначений и сокращений.

5. Литература должна быть представлена общим списком в конце статьи. Библиографические записи располагаются в алфавитном порядке на языке оригинала или в порядке цитирования. Ссылки в тексте обозначаются порядковой цифрой в квадратных скобках. Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

6. Статьи из научно-исследовательских или высших учебных заведений направляются вместе с сопроводительным письмом, подписанным директором и приложенной экспертной справкой по установленной форме.

7. Статьи принимаются в электронном виде с распечаткой в одном экземпляре. Распечатанный текст статьи должен быть подписан всеми авторами. В конце статьи необходимо указать полное название учреждения образования, организации, предприятия, ученую степень и ученое звание (если есть), а также полный почтовый адрес и номер телефона (служебный или домашний) каждого автора.

8. Авторы несут ответственность за направление в редакцию статей, опубликованных ранее или принятых к печати другими изданиями.

9. Плата за опубликование научных статей не взимается.

10. Право первоочередного опубликования статей предоставляется лицам, осуществляющим послевузовское обучение (аспирантура, докторантура, соискательство), в год завершения обучения.

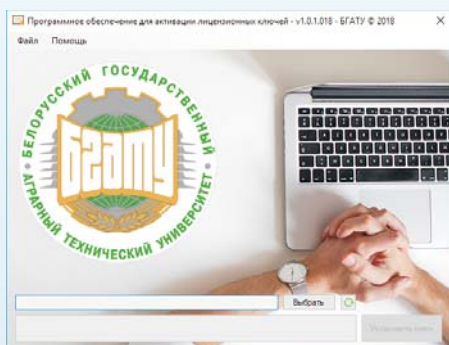
Авторские материалы для публикации в журнале «Агропанорама» направляются в редакцию по адресу:

*220023, г. Минск, пр-т Независимости, 99,
корп. 5, к. 602; 608. БГАТУ*

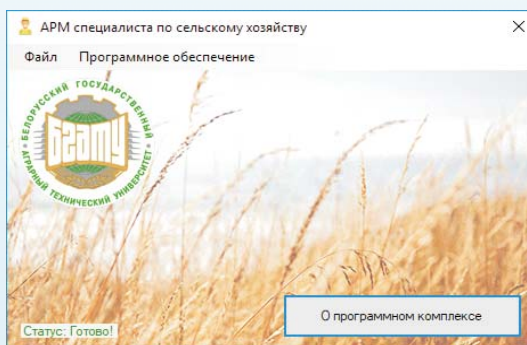
Программный комплекс автоматизированного рабочего места (АРМ) специалиста сельского хозяйства

Предназначен для поддержки принятия решения по планированию производства и эффективному использованию кормовых ресурсов для молочно-товарных комплексов и включает в себя следующие программные приложения:

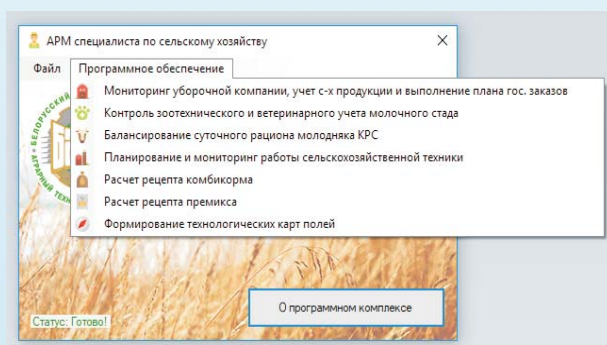
- по балансированию суточного рациона кормления молодняка КРС;*
- по расчету рецепта комбикормов;*
- по расчету рецепта премиксов;*
- по контролю зоотехнического и ветеринарного учета молочных коров;*
- по планированию и мониторингу работы техники (ПО разработано с элементами искусственного интеллекта);*
- по мониторингу работ по уборке сельскохозяйственной продукции, выполнения плана государственных поставок, учета и хранения кормов и т.д.;*
- по созданию технологических карт полей на основе данных агрохимического состава почвы, истории урожайности и истории полей хозяйства (для технологии точного земледелия).*



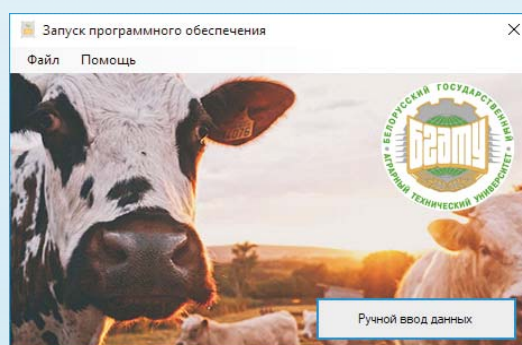
Окно запуска программы активации лицензионных ключей АРМа



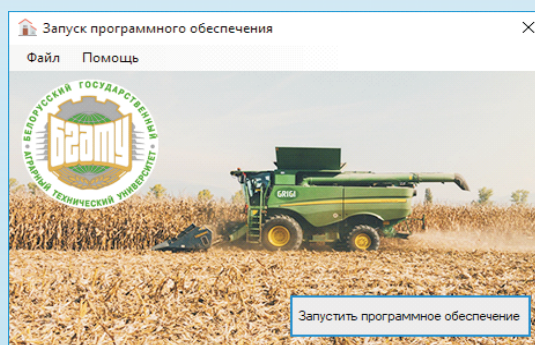
Окно запуска программы АРМа



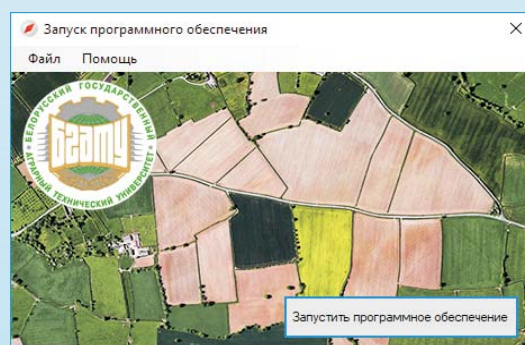
Окно главного меню АРМа



Окно запуска программы адресного расчета рецепта премиксов



Окно запуска программы планирования и мониторинга работы сельскохозяйственной техники



Окно запуска программы формирования технологических карт полей

