



ISSN 2078-7138

АГРОПАНОРАМА

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ ДЛЯ РАБОТНИКОВ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

№ 4
август
2017

*Развитие конструкций ходовых систем тракторов
«БЕЛАРУС» мощностью 300...450 л.с.*

*К вопросу целесообразности кластерного развития
экономики картофелепродуктового
подкомплекса Беларуси*

*Методологические аспекты определения уровня
конкурентоспособности произведенной
плодоовощной продукции*

*Анализ влияния механизмов осаждения частиц
загрязнений при глубинном фильтровании
и оценка вероятности осаждения
на примере моторного масла*



**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА И
ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
БЕЛОРУССКИЙ РЕСПУБЛИКАНСКИЙ ФОНД
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНСТИТУТ ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ И
ПЕРЕПОДГОТОВКИ КАДРОВ**

Уважаемые коллеги!

***Приглашаем Вас принять участие в работе
4-й Международной научно-практической
конференции***

***«Актуальные проблемы формирования
кадрового потенциала для инновационного
развития АПК»,
которая состоится в Белорусском
государственном аграрном техническом
университете***

5 - 6 октября 2017 г.

Основные направления работы конференции:

- Актуальные проблемы подготовки и непрерывного профессионального образования кадров АПК***
- Инновации в технологиях, организации и управлении производством АПК***

***г. Минск, пр-т Независимости, 99, корпус 5/3
Контактные телефоны: (+ 375 17) 285-61-55, 385-91-20
E-mail: ipkot.ipk@batu.edu.by***

АГРОПАНОРАМА 4 (122) август 2017

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 Шилю

Заместитель главного редактора
Михаил Александрович Прищепов

Редакционная коллегия:

И.М. Богдевич	П.П. Казакевич
Г.И. Гануш	Н.В. Казаровец
Л.С. Герасимович	А.Н. Карташевич
С.В. Гарник	Л.Я. Степук
В.Н. Дашков	В.Н. Тимошенко
Е.П. Забелло	А.П. Шпак

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) 267-47-71 Факс (017) 267-41-16

Прием статей и работа с авторами:

Минск, пр-т Независимости, 99/5, к. 602, 608
Тел. (017) 385-91-02, 267-22-14

Факс (017) 267-25-71

E-mail: AgroP@batu.edu.by

БГАТУ, 2017.

Формат издания 60 x 84 1/8.

Подписано в печать с готового оригинала-макета 22.08.2017 г. Зак. № 635 от 21.08.2017 г.

Дата выхода в свет 30.02.2017 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 2017 г.:

для индивидуальных подписчиков - 17,61 руб.;

ведомственная - 19,29 руб.;

Цена журнала в киоске БГАТУ - 5,19 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

Г.Н. Портянко, Н.П. Гурнович, Г.А. Радишевский,
М.Н. Гурнович, Е.Г. Гронская, Ю.Н. Рогальская
Механическое устройство контроля величины загрузки
сепарирующего элеватора.....2

Г.И. Гедроит, Н.И. Зезетко, А.В. Медведь
Развитие конструкций ходовых систем тракторов «БЕЛАРУС»
мощностью 300...450 л.с.....5

С.Н. Герук, С.М. Хоменко, И.С. Крук, А.В. Мучинский,
А.В. Свистун
Обоснование параметров четвертьэллипсных измельчающих
рабочих органов с горизонтально установленными битерами
разбрасывателей твердых органических удобрений.....10

А. Д. Чечеткин, А. П. Ляхов, Г. И. Гедроит
Агротехническая проходимость гусеничного кормоуборочного
комбайна на поворотах.....14

Технологии производства продукции растениеводства и животноводства. Зоотехния

Д.А. Жданко, Л.Г. Шейко, А.Ф. Станкевич
Рациональное использование почв Беларуси и гранулированных
минеральных удобрений за счет их дифференцированного
внесения.....17

А.П. Ляхов, Г.И. Кошля
К определению энергоемкости механизированных
тракторных работ.....20

Технологии переработки продукции АПК

Г.И. Касьянов, Е.П. Франко, К.Ш. Сакибаев
Инновационные технологии и оборудование для
производства сухих завтраков.....23

Технический сервис в АПК. Экономика

И.В. Кулага, Л.А. Лопатнюк, А.В. Ковтунов
К вопросу целесообразности кластерного развития
экономики картофелепродуктового подкомплекса Беларуси.....27

С.Л. Белявская
Методологические аспекты определения уровня
конкурентоспособности произведенной
плодоовощной продукции.....32

М.М. Радько, В.С. Сухоцкая
Интенсификация молочного животноводства в Беларуси.....37

В.М. Капцевич, В.К. Корнеева, А.Н. Леонов,
Т.А. Богданович
Анализ влияния механизмов осаждения частиц загрязнений
при глубинном фильтровании и оценка вероятности
осаждения на примере моторного масла.....40

УДК 631.356.46

МЕХАНИЧЕСКОЕ УСТРОЙСТВО КОНТРОЛЯ ВЕЛИЧИНЫ ЗАГРУЗКИ СЕПАРИРУЮЩЕГО ЭЛЕВАТОРА

Г.Н. Портянко,

доцент каф. сельскохозяйственных машин БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

Н.П. Гурнович,

доцент каф. сельскохозяйственных машин БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

Г.А. Радишевский,

доцент каф. сельскохозяйственных машин БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

М.Н. Гурнович,

ст. преподаватель каф. сельскохозяйственных машин БГАТУ

Е.Г. Гронская,

ассистент каф. сельскохозяйственных машин БГАТУ

Ю.Н. Рогальская,

студентка БГАТУ

В статье рассмотрен вариант применения конструкции механического устройства, контролирующего величину загрузки элеватора, работающего в сочетании с пассивными и активными встряхивателями для сепарации почвы в картофелеуборочном комбайне ПКК-2-02.

Ключевые слова: комбайн, сепарация почвы, контроль величины загрузки элеватора.

The article deals with the application option of the mechanical device design controlling the load magnitude of the elevator operating in combination with passive and active shakers for soil separation in the potato harvester PKK-2-02.

Keywords: combine harvester, soil separation, controlling the elevator load magnitude.

Введение

Почва, поступающая на сепарирующие рабочие органы картофелеуборочных машин, может быть в виде мелких частиц, комков, близких по размерам к клубням, крупных глыб или тестообразной пластичной массы. Для отделения клубней от столь разнообразных по размеру и свойствам элементов, в ходе развития картофелеуборочной техники опробовано и испытано несколько десятков типов сепарирующих рабочих органов, основанных на различных принципах действия [1].

Так, например, в картофелеуборочном комбайне ПКК-2-02 процесс сепарации протекает удовлетворительно только на легких и средних почвах. При уборке же картофеля на тяжелых почвах, особенно с повышенной и пониженной влажностью, его сепарирующие органы работают неэффективно.

Цель настоящей работы – проанализировать сепарирующую способность данного картофелеуборочного комбайна и разработать механическое устройство для контроля величины загрузки сепарирующего элеватора.

Основная часть

Трудность осуществления процесса сепарации обуславливается рядом факторов, основными из которых являются:

- незначительное содержание клубней в подкапываемой массе (не более 3...5 %);
- крайняя восприимчивость клубней к механическим воздействиям;
- неблагоприятные для сепарации физико-механические свойства почвы (комковатость, липкость, пластичность, резкая изменчивость свойств почвы в зависимости от влажности, наличие в почве камней, корневищ, сорняков и других посторонних примесей).

В настоящее время на картофелеуборочных машинах ПКК-2-02 ПО «Гомсельмаш» основными рабочими органами для сепарации почвы являются прутковые элеваторы и наклонные пальчиковые горки.

Первый элеватор 2 (рис. 1) представляет собой наклонный транспортер пруткового типа, у которого каждый второй пруток обрезинен. Прутки закреплены заклепками на трех ремнях с высокими выступами с шагом 44 мм. Производительность сепарации выкопанной картофельной массы повышается благодаря встряхивателям 3, 5 и большой площади сепарации элеватора.

Регулируемый пассивный встряхиватель 3 имеет три варианта установки на отверстиях 4:

- 1) крайнее правое – полное отключение встряхивателя при работе комбайна на легких почвах;
- 2) крайнее левое – максимальное встряхивание при работе комбайна на тяжелых почвах;

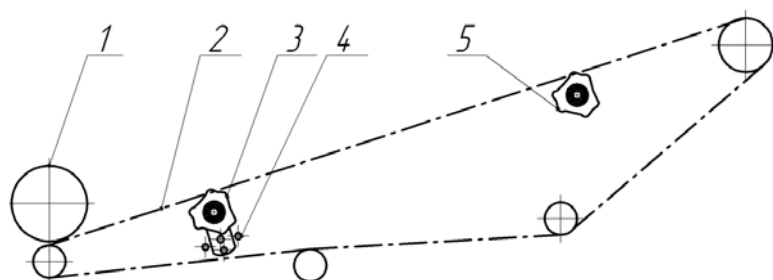


Рисунок 1. Первый сепарирующий элеватор комбайна ПКК-2-02:
1 – каток ботвоподхватывающий; 2 – элеватор; 3 – регулируемый пассивный встряхиватель; 4 – отверстия для регулировки амплитуды колебаний; 5 – нерегулируемый пассивный встряхиватель

3) промежуточное – среднее встряхивание при работе комбайна на средних почвах.

К достоинствам этого встряхивателя следует отнести то, что он позволяет осуществлять колебания рабочей ветви элеватора в непосредственной близости от подкапывающего лемеха без подвода к нему привода, а также он позволяет регулировать амплитуду колебаний путем изменения наклона передних трехкулачковых звездочек за счет фиксации кронштейнов в отверстиях для регулировки 4.

Недостатком встряхивателя является то, что при работе машины на различных по механическому составу почвах, особенно на средних и тяжелых суглинках, наблюдается недостаточная сепарация, что приводит к перегрузке машины, поскольку в ее конструкции отсутствует устройство, контролирующее величину загрузки элеватора.

В БГАТУ для комбайна ПКК-2-02 разработана конструкция механического устройства контролирующего величину загрузки сепарирующего элеватора, работающего в сочетании с пассивными и активным встряхивателями (рис. 2), которое исключает его перегрузку. Устанавливается оно в середине рабочей ветви элеватора.

Конструкция устройства контроля величины загрузки элеватора 6 включает в себя шарнирно закреп-

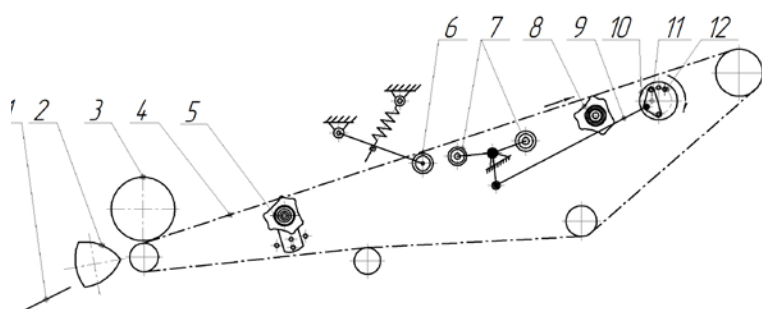


Рисунок 2. Схема установки встряхивателей и устройства контролирующего величину загрузки сепарирующего элеватора:
1 – лемех; 2 – битер; 3 – каток ботвоподхватывающий; 4 – элеватор; 5 – регулируемый пассивный встряхиватель; 6 – устройство контроля величины загрузки элеватора (регулятор высоты элеватора); 7 – активный регулируемый встряхиватель; 8 – нерегулируемый пассивный встряхиватель; 9 – шатун; 10 – диск кривошипа; 11 – планка эксцентрика; 12 – отверстия регулировочные

ленную к раме машины рамку в нижней части, к которой приварены кронштейны, в которые вставлены оси трех цилиндрических роликов, поддерживающих каждый ремень элеватора на заданной двумя пружинами растяжения высоте, и активного встряхивателя 7.

Процесс работы устройства протекает следующим образом. Пассивный лемех 1 подкапывает две картофельные грядки и передает подкопанный ворох на активный трехгранный битер 2, который крошит его и передает на основной сепарирующий элеватор 4. Если машина работает на легких почвах, то на элеваторе производится щадящая сепарация почвы. При этом трехкулачковые пассивные ролики 5 и 8 встряхивают полотно элеватора 4.

В случае, если машина работает на средних или тяжелых по механическому составу почвах и сепарирующей способности элеватора недостаточно, т. е. вороха на элеваторе больше допустимого значения, то пружины регулятора загрузки растягиваются и поддерживающие элеватор ролики 6 опускаются. При этом опускается и полотно элеватора 4, вступая в контакт с роликами активного встряхивателя 7. Механизм активного встряхивателя осуществляет колебания полотна 4 посредством трех пар роликов 7, закрепленных на концах двуплечих рычагов и приводимых в действие шатуном 9 от кривошипа. Для возможности регулирования амплитуды колебаний, кривошип выполнен в виде составных частей из диска 10 с отверстиями 12 и эксцентриковой планки 11. Этот механизм позволяет регулировать частоту и амплитуду колебаний путем изменения радиуса кривошипа, обеспечивая более эффективную сепарацию.

Величину усилия растяжения пружин необходимо регулировать винтовыми растяжками так, чтобы интенсивность сепарации элеватора составляла $50 \dots 55 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ при допустимом воздействии на почву и клубни, без повреждения последних [1].

Проведенные расчеты показали, что усилие растяжения пружин при рабочей деформации (соответствует наибольшему принудительному перемещению подвижного звена в механизме) составляет $P_2 = 6000 \text{ Н}$. Усилие растяжения пружин при максимальной деформации $P_3 = 6667 \text{ Н}$, а их жесткость $z = 8,3 \text{ Н}/\text{мм}$, что по сортаменту соответствует пружине № 219 ГОСТ 13766-68.

Кинематические параметры активного встряхивателя определяли с учетом того, что клубни не должны повреждаться прутками элеватора и твердыми примесями, находящимися в ворохе при ударе элеватора роликами встряхивателя. Скорость падения ограничивалась критической скоростью соударения $V_{кр} = 2,2 \text{ м}/\text{с}$ (рис. 3). При

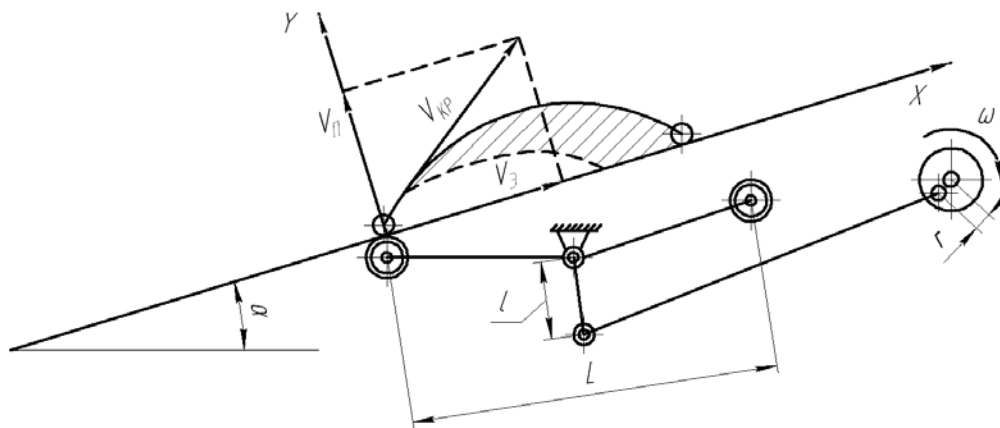


Рисунок 3. Схема к определению кинематических параметров встряхивателя

отсутствии проскальзывания начальная скорость полета частицы является геометрической суммой касательной составляющей скорости, равной скорости полотна элеватора $V_э$ и нормальной составляющей скорости. Нормальную составляющую начальной скорости полета $V_н$ определяли по выражению:

$$V_н = \sqrt{V_{кр}^2 - V_э^2},$$

где $V_э$ – скорость полотна элеватора комбайна ПКК-2-02, $V_э = 1,54$ м/с.

Дальность полета частицы в зависимости от нормальной составляющей начальной скорости полета $V_н$, скорости полотна элеватора $V_э$ и угла наклона элеватора α определяли по выражению:

$$L = 2 \cdot V_н \cdot (V_э - V_н \cdot \operatorname{tg} \alpha) / (g \cdot \cos \alpha),$$

где α – угол наклона полотна элеватора к горизонту, $\alpha = 17^\circ$;

g – ускорение свободного падения, $g = 9,81$ м/с².

Радиус кривошипа, обеспечивающий длину L полета частицы – по формуле:

$$r = 15 \cdot gL / (k \cdot \pi \cdot n \cdot 60 \cdot V_э),$$

где k – коэффициент, учитывающий свободные колебания полотна элеватора, $k = 2,0 \dots 2,5$ [1];

n – частота вращения вала встряхивателя, $n = 1,98$ с⁻¹.

Для интенсификации сепарации почвы необходимо обеспечить такой режим, при котором подброшенная первым роликом частица упала бы на полотно в зоне второго ролика в момент его подъема вверх и вторично оторвалась от него. Для этого необходимо учитывать следующие требования:

1) дальность полета частицы должна быть равна или несколько меньше длины двуплечего рычага L ;

2) время полета должно быть равно или несколько меньше времени полуоборота вала встряхивателя, которое определяется по формуле:

$$t = \frac{2 \cdot V_н (V_э - V_н \sin \alpha \cdot \cos \alpha - V_н \sin^2 \alpha \cdot \operatorname{tg} \alpha)}{g \cdot (V_э \cdot \cos \alpha - V_н \cdot \sin \alpha)}.$$

Для определения длины коромысла встряхивателя воспользовались выражением для определения нормальной составляющей начальной скорости полета $V_н$

$$V_н = 60 \cdot \omega \cdot r \cdot \lambda,$$

где ω – угловая скорость эксцентрикового вала, $\omega = 0,21$ с⁻¹;

$\lambda = l / r$ – отношение плеча коромысла к радиусу кривошипа.

Тогда

$$\lambda = V_н / 60 \cdot \omega \cdot r, \text{ а } l = \lambda \cdot r.$$

Заключение

Приведенные математические зависимости при заданных начальных условиях позволяют определить параметры активного встряхивателя, работающего без повреждения клубней. В частности, в данном случае, при скорости полотна элеватора $V_э = 1,54$ м/с и принятых одинаковых значениях частоты вращения ведущего вала элеватора и эксцентрикового вала активного встряхивателя $n = 1,98$ с⁻¹, в результате расчетов получены следующие значения:

- радиуса эксцентриситета $r = 0,038$ м;
- дальности полета частиц $L = 0,37$ м;
- времени полуоборота эксцентрикового вала $t = 0,36$ с;
- отношение плеча коромысла к радиусу кривошипа;
- длины коромысла $l = 0,126$ м.

При этом длина рычагов, на которых устанавливаются ролики активного встряхивателя, принята равной по 0,2 м.

Применение предлагаемого устройства позволит увеличить сепарирующую способность машины, без повреждения клубней картофеля, при работе на различных по механическому составу типах почв, а это приведет к увеличению ее пропускной способности, т.е. рабочей скорости, а значит и производительности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Петров, Г.Д. Картофелеуборочные машины / Г.Д. Петров. – М.: Машиностроение, 1984. – 384 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 05.05.2017

УДК 629.36.017

РАЗВИТИЕ КОНСТРУКЦИЙ ХОДОВЫХ СИСТЕМ ТРАКТОРОВ «БЕЛАРУС» МОЩНОСТЬЮ 300...450 Л.С.

Г.И. Гедроить,

заведующий каф. тракторов и автомобилей БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

Н.И. Зезетко,

*первый заместитель генерального конструктора ОАО «МТЗ» – главный конструктор тракторной техники,
канд. техн. наук*

А.В. Медведь,

магистрант агромеханического факультета БГАТУ

Приведены результаты аналитических исследований уровня воздействия на почву и тягово-сцепных свойств тракторов «БЕЛАРУС» с различными вариантами ходовых систем.

Ключевые слова: трактор, шина, колесо, давление, напряжение, почва, сопротивление качению, сила тяги, ходовая система.

This article presents the results of analytical studies of the wheels impact level on the soil and of the traction and coupling properties of "BELARUS" tractors with various variants of running gears.

Keywords: tractor, tire, wheel, pressure, tension, soil, rolling resistance, tractive effort, running gear.

Введение

Трактор является основным энергетическим средством в сельскохозяйственном производстве. Мощность двигателей и энергонасыщенность тракторов постоянно увеличиваются, расширяются их функциональные возможности. ОАО «МТЗ» входит в восьмерку крупнейших мировых производителей тракторов, а каждый 10-й трактор в мире – это трактор «БЕЛАРУС». В последние десятилетия значительно расширена номенклатура тракторов. Выпускают тракторы тяговых классов 0,2...6. Самые мощные в линейке серийных тракторов тракторы – «БЕЛАРУС-3022/3522». Проходят испытания тракторы «БЕЛАРУС-4522» с мощностью двигателя 450 л.с.

Значительное влияние на эксплуатационные свойства тракторов оказывает конструкция ходовой части. Тракторы «БЕЛАРУС» выпускаются преимущественно с колесной ходовой системой 4x4a. Дальнейшее развитие ходовых систем необходимо осуществить в первую очередь с учетом уровня их воздействия на почву. Особенно это актуально для тракторов с двигателями мощностью 300...450 л.с., т.к. эксплуатационная масса таких тракторов составляет 11...20 тонн.

Цель настоящей работы – рассмотреть и оценить возможные направления развития конструкций ходовых систем и совершенствования компоновок тракторов «БЕЛАРУС» мощностью 300...450 л.с. с учетом мирового опыта.

Основная часть

В силу мобильности, возможности выполнять все основные технологические операции, высоких транспортных скоростей, приспособленности к агре-

гатированию, развитой сети дорог а также большей занятости в течение года, мобильные энергетические средства для сельского хозяйства имеют преимущественно колесные ходовые системы. На рис. 1 [1] приведены наиболее известные компоновочные схемы таких средств, их ходовых систем, варианты размещения технологических модулей, кабин и органов управления.

Колесные тракторы выпускаются преимущественно по первым четырем компоновочным схемам (рис. 1а, б, в, ж). Изначально разный размер колес был обусловлен тем, что задние колеса трактора – ведущие, а передние – ведомые. Это дает повышенную маневренность, т.е. уменьшает радиус поворота трактора. Чтобы трактор развивал высокую силу тяги, большую часть его веса перенесли на задние ведущие колеса. Развитие такой компоновки наиболее существенно выразилось в том, что на тракторе стали применять привод на передние колеса, переднюю навесную систему и передний ВОМ (рис. 1б). Тракторы с активным приводом всех колес одинакового размера (рис. 1в) появились при создании колесных машин большой мощности и силы тяги (50 кН и более) общего назначения, и в дальнейшем эта схема частично распространилась на тракторы меньших тяговых классов. Исходное распределение веса по осям тракторов классической схемы – 30...47 % на переднюю ось и 53...70 % на заднюю. Для тракторов с колесами равного размера около 60 % веса приходится на переднюю ось и около 40 % на заднюю. В процессе агрегатирования машин и выполнения технологических операций вес перераспределяется. По условию управляемости при работе с навесными машинами на заднем навесном устройстве и больших тяговых нагрузках, тракторы классической компо-

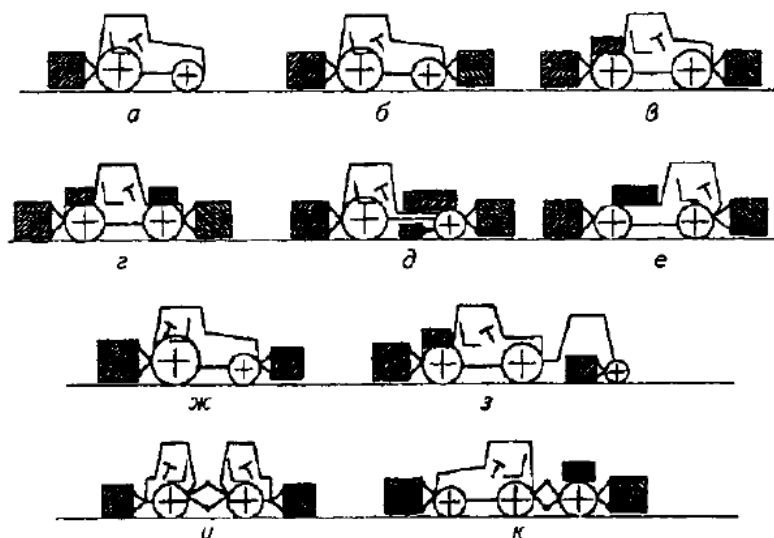


Рисунок 1. Компонировочные схемы энергетических средств:
а – классическая – 4К2; б – модернизированная классическая – 4К4а; в – модель с колесной формулой – 4К4б; г – модель «Ксилон»; д – тракторное самоходное шасси; е – модель «Интрак»; ж – модель «Мекс-Мобиль»; з – высвобождаемое энергетическое средство; и – жесткостыкуемые агрегаты; к – модульное энерготехнологическое средство (МЭС)

новки догружаются передним балластом, обеспечивающим нагрузку на передний мост не менее 20 % веса трактора или агрегата с навесными машинами.

Основными моделями тракторов «БЕЛАРУС» с мощностью двигателя 300...450 л. с. являются тракторы «БЕЛАРУС-3022/3522/4522» (рис. 2). Основные параметры некоторых моделей тракторов приведены в табл. 1.

Все рассматриваемые тракторы ОАО «МТЗ» выполнены с колесной формулой 4х4а (4х4ж на реверсивном ходу). Передние колеса имеют меньший размер. На передний мост распределяется около 45 % общего веса. Для всех моделей возможна комплектация колесами для сдваивания. Давление воздуха в шинах выбирается в зависимости от скоростного и эксплуатационного режимов, а также от загрузки трактора агрегируемыми машинами и устанавливается по таблицам, приведенным в руководствах по эксплуатации, после определения массы трактора с агрегируемой машиной.

Мощность двигателей тракторов «Фендт» достигает



Рисунок 2. Трактор «БЕЛАРУС – 4522»

при этом 517 л. с. Российский производитель тракторов «Кировец» производит только тракторы 4х4б мощностью 300...428 л. с.

Таблица 1. Параметры тракторов «БЕЛАРУС»

Параметр	Модель		
	БЕЛАРУС-3022ДЦ.1	БЕЛАРУС-3522	БЕЛАРУС-4522
Масса, кг эксплуатационная/максимально допустимая	11500/14000	12300/14000	14785/20000
Номинальная мощность двигателя, л.с./кВт	303,3/223	355/261	431/317
Максимальный крутящий момент, н.м	1300	1498	2048
Колесная формула	4х4а	4х4а	4х4а
Распределение эксплуатационной массы по осям (передняя/задняя)	5230/6270	5440/6860	7075/7710
Шины:			
передние	540/65R30	600/65R34;	600/70 R34
задние	620/70 R42	710/70R42	710/75 R42

Таблица 2. Параметры тракторов

Производитель	Серия (модель), номинальная мощность л.с.	
	4x4a	4x4b
Джон Дир	Серия 8R 270...370 л.с.	Серия 9R 370...570 л.с.
Клаас	Серия Axion 920-950 315...405 л.с.	Серия Xerion 4000-5000 401...487 л.с.
Нью Холанд	Серия T8000 248...303 л.с.	Серия T9000 384...535 л.с.
Челенджер	Серия MT600C 240...370 л.с.	Серия MT900 430...570 л.с.
Кейс	Серия Magnum 280...340 л.с.	Серия Quadtrac 335...535 л.с.
Фендт	Серия 1000 396...517 л.с.	—
Кировец	—	Серия К-744Р 300...428 л.с.



Рисунок 3. Трактор John Deere 9420

Как показано выше, широко распространенным способом улучшения проходимости тракторов является сдвигание или страивание колес. Это дает положительный эффект для повышения тягово-сцепных свойств из-за увеличения сцепного веса трактора, снижения давления на почву, уменьшения колеобразования. Однако маневренность и технологические возможности тракторов снижаются из-за возрастания ширины трактора, ограничения скорости движения. Так, для тракторов «БЕЛАРУС» максимальная скорость при сдвоенных передних колесах не должна превышать 10 км/ч. Сдвигание колес приводит к увеличению уровня воздействия на подпахотные слои почвы [2]. Это можно объяснить ростом опорной площади из-за увеличения количества шин и наличия расстояния между сдвигаемыми колесами. Кроме того, эффективность от сдвигания колес уменьшается из-за ограничения производителями допустимого снижения давления воздуха в шинах. Так, например, для рассматриваемых тракторов «БЕЛАРУС» в шинах задних колес в большинстве случаев это снижение не превышает 0,01...0,03 МПа, а значение давления не должно быть ниже 0,08...0,09 МПа. При более низких давлениях воздуха в шинах возможен проворот шин на ободах, разрушение отдельных элемен-

тов шин. Поэтому уменьшается деформация шин, площадь пятна контакта и, как следствие, давление в контакте снижается непропорционально количеству колес, а меньше.

Более рационально для снижения уровня воздействия на почву и улучшения их тягово-сцепных свойств использование шин с увеличенными размерами и более низким допустимым давлением воздуха в них [3, 4]. Шины имеют меньшую норму слойности и более эластичны. Наибольший размер шин, выпускаемых ОАО «БЕЛШИНА», составляет 710/70R42. Шины устанавливаются на трактор «БЕЛАРУС-3522». Анализ продукции зарубежных производителей шин и конструкций ходовых систем тракторов, указанных в табл.2, показывает, что для улучшения показателей проходимости возможна комплектация тракторов шинами (передние // задние):

«БЕЛАРУС-3022ДЦ.1» 600/70R34 // 710/70R38;

«БЕЛАРУС-3522» 650/65R34 // 800/70R38;

«БЕЛАРУС-4522» 650/75R32 // 900/60R42.

Для оценки уровня воздействия ходовых систем на почву и тягово-сцепных свойств тракторов выполнен расчет максимального давления движителей на почву, напряжений в почве на глубине 0,5 м, коэффициентов сопротивления качению и сцепления тракторов. Нормируемые показатели воздействия ходовых систем на почву рассчитывали на основе стандартных методик [5, 6]. Ввиду отсутствия экспериментальных данных по параметрам пятна контакта шин с жестким основанием, их можно определить аналитически по формулам [7]:

$$a = 2K_L \sqrt{2R\lambda};$$

$$b = 2K_B \sqrt{2r\lambda};$$

$$F = \frac{\pi}{4} \varepsilon ab,$$

где F , a , b – соответственно контурная площадь (м^2), длина и ширина пятна контакта, м;

R , r – соответственно радиусы шины и беговой дорожки протектора, м;

K_L , K_B – коэффициенты длины и ширины пятна контакта, которые показывают во сколько раз реальные длина и ширина пятна контакта меньше, чем расчетные по формулам для хорд окружностей с радиусами R и r ;

ε – коэффициент формы пятна контакта, который показывает, во сколько раз контурная площадь пятна контакта отличается от расчетной по формуле для эллипса;

λ – деформация шины, м.

Из-за отсутствия информации по значениям радиусов беговой дорожки протектора ширину пятна контакта приняли равной ширине протектора.

Необходимые значения силы сопротивления качению и касательной силы тяги рассчитывали по методике профессора В.В. Гуськова [8].

Силу сопротивления качению P_f колесного движителя находим по формуле:

$$P_f = \frac{1}{2} \sqrt[3]{\frac{G^4}{K_k B D_{пр}^2}},$$

где G – нагрузка на колесо, Н;
 K_k – приведенный к размерам колеса коэффициент
 объемного смятия почвы, Н/м³;
 B – ширина колеса, м;
 $D_{пр}$ – приведенный диаметр колеса, м;
 Касательную силу тяги определяли из выражения:

$$P_k = \frac{f_{ск} k_{\tau} G}{\delta L} \left[\ln ch \frac{\delta L}{k_{\tau}} - f_{пр} \left(\frac{1}{ch \frac{\delta L}{k_{\tau}}} - 1 \right) \right] + 2\tau_{ср} \frac{h_r L}{t_r},$$

где $f_{ск}$ – коэффициент трения скольжения;
 k_{τ} – коэффициент деформации почвы, м;
 δ – буксование движителя;
 L – длина пятна контакта, м;
 $\tau_{ср}$ – напряжение среза почвы, Н/м;
 $f_{пр}$ – приведенный коэффициент трения;
 h_r, t_r – высота и шаг грунтозацепов, м.

Выполненные расчеты показывают, что предложенные варианты ходовых систем, в сравнении с серийными (табл. 1), позволяют снизить максимальное давление на почву на 13...25 %. При этом напряжения в почве на глубине 0,5 м снижаются на 7...10 % и не превышают 35...41 кПа. Значения напряжений для рассматриваемых тракторов являются определяющими по обеспечению норм воздействия движителей на почву [9] и при полученных значениях соответствуют допустимому уровню для почв влажностью 0,5НВ и менее, а также для почв влажностью (0,5...0,6)НВ в летне-осенний период. Для тракторов с серийными ходовыми системами на суглинке средней влажности получены значения коэффициентов сопротивления качению – 0,126...0,131, коэффициента сцепления – 0,483...0,490. Для предлагаемых комплектаций шин значения указанных коэффициентов равняются, соответственно, 0,121...0,127 и 0,530...0,556. Предполагаемое увеличение силы тяги на крюке составляет 15...20 %. Полученные результаты требуют экспериментальной проверки с учетом кинематического несоответствия, массово-габаритных параметров.

Учитывая, что при большой мощности двигателя (340...570 л.с.) мировые производители тракторов часто переходят на колесную схему 4х4б, оценим предполагаемое изменение показателей тягово-сцепных свойств трактора «БЕЛАРУС-4522» с колесной формулой 4х4а и 4х4б. Полагаем, что эксплуатационная масса трактора не зависит от компоновки и составляет 14785 кг. В первом варианте трактор укомплектован шинами 600/70R34 (передние) и 710/75 R42 (задние). Распределение массы по осям 45 и 55 %. Во втором варианте трактор укомплектован

шинами 710/75 R42, а распределение массы по осям – 60 % и 40 %.

Расчеты по приведенной выше методике показывают, что для средних почвенных условий сила сопротивления качению варианта 4х4б составляет 14,3 кН, а для трактора с колесной формулой 4х4а – 15,5 кН. Последнее значение выше на 8,4 %.

Касательная сила тяги у варианта с колесной формулой 4х4б составила 85,5 кН, для второго – 80,7 кН, что ниже на 5,6 %. Для установившегося движения теоретическое значение крюкового усилия для трактора с колесной формулой 4х4б выше на 6кН или на 9,2 %.

Таким образом, потенциально трактор с колесной формулой 4х4б может развить большую силу тяги, чем трактор с колесной формулой 4х4а. Однако, как правило, тракторы 4х4б тяжелее, недостаточно устойчивы на склонах, имеют худшую технологическую обзорность, менее приспособлены к работе с комбинированными агрегатами. Для снижения давления на почву, колесные тракторы по схеме 4х4б технологичнее для создания четырехгусеничных моделей (рис. 4).



Рисунок 4. Трактор «New Holland» серии T9

Наряду с колесными, производители выпускают гусеничные тракторы. Их мощность составляет 320...637 л.с. Характерной особенностью таких тракторов является наличие резиноармированных обводов. Это обеспечивает мобильность, асфальтоходность, повышение рабочих скоростей, улучшение условий работы операторов, однако за рубежом их доля в общем парке не превышает 3 % [1].

Преимущества колесных и гусеничных машин сочетают трехосные тракторы. Увеличение количества осей является эффективным способом улучшения показателей взаимодействия ходовых систем с почвой [10, 11]. В разные годы трехосные модели создавались на базе тракторов «Кировец – КТ5703», «Балтиец – Т-150К» (ХТА-300-03). Они выполняют сельскохозяйственные работы, а также могут работать с технологическими емкостями, специальным оборудованием (краны, миксеры и т.п.), как тягачи в плохих дорожных условиях. Одна из последних известных разработок – трехосный трактор фирмы «Фендт» (рис. 5) имеет систему регулирования давления воздуха в шинах [12].



Рисунок 5. Трактор трехосный «Fendt Trisix Vario»

Рассмотренные модели выполняются с шарнирно-сочлененной рамой. По сравнению с базовыми моделями заметно возрастает вес тракторов. Так, если трактор К-701 имеет эксплуатационную массу 13,5 т, то трактор КТ5703 ТТБ-5-1 – массу 21,1 т. Мощные тракторы «Фендт» серии 1000 имеют эксплуатационную массу – 14 т, а трехосный вариант с двигателем 500 л. с. – 19 т. Все трехосные тракторы выполняют с колесной формулой 6х6.

Заключение

1. Основные производители сельскохозяйственных тракторов (Джон Дир, Фендт, Клаас, Челенджер, Нью Холанд, Кейс, ОАО «МТЗ») поставляют на рынок широкую гамму тракторов мощностью до 637 л.с. Большинство тракторов выпускается по классической схеме 4х4а (передние колеса меньше по диаметру, чем задние). При мощности двигателей тракторов 340...570 л. с. мировые лидеры переходят на компоновку 4х4б с шарнирно-сочлененной рамой. Тракторы «БЕЛАРУС» мощностью 300...450 л.с. имеют колесную формулу 4х4а. Аналогичной технической политики придерживается фирма «Фендт».

2. Комплектование тракторов шинами с увеличенными размерами и пониженным давлением воздуха эффективнее сдвигания колес ввиду меньшей массы, жесткости шин и меньшего влияния на подпахотные слои почвы. Оборудование мощных тракторов «БЕЛАРУС-3022/3522/4522» соответственно шинами (передние/задние) 600/70R34 // 710/70R38, 650/65R34 // 800/70R38, 650/75R32 // 900/60R42, обеспечивает допустимый уровень воздействия на почвах невысокой влажности. В сравнении с серийными ходовыми системами максимальное давление на почву снижается на 13...25 % при небольшом уменьшении напряжений в подпахотных слоях почвы. Предполагаемое увеличение силы тяги на крюке при этом составляет 15...20 %

3. Переход при производстве мощных тракторов от колесной формулы 4х4а к колесной формуле 4х4б теоретически обеспечивает повышение силы тяги на

крюке примерно на 9 %. С учетом современных технологий это возможно не является определяющим аргументом. Однако на базе тракторов 4х4б могут быть созданы четырехгусеничные модели (по аналогии с Клаас, Нью Холанд, Кейс, Кировец), расширяющие возможности колесных тракторов. ОАО «МТЗ» целесообразно проработать вариант создания трехосного трактора «БЕЛАРУС» с колесной формулой 6х6.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кутьков, Г.М. Тракторы и автомобили. Теория и технологические свойства / Г.М. Кутьков. – М.: Колос, 2004. – 504 с.
2. 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.
3. Русанов, В.А. Проблема переуплотнения почв движителями и эффективные пути ее решения / В.А. Русанов. – М.: ВИМ, 1998. – 368 с.
4. Шина сверхнизкого давления – оптимальный движитель для транспортных средств на слабонесущих грунтах / В.И. Котляренко [и др.] // Тракторы и сельхозмашины, 2014. – № 2. – С. 17-21.
5. Техника сельскохозяйственная мобильная. Методы определения воздействия движителей на почву: ГОСТ 26953-86. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 8 с.
6. Техника сельскохозяйственная мобильная. Метод определения максимального нормального напряжения в почве: ГОСТ 26954-86. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 3 с.
7. Гедроить, Г.И. Опорные свойства шин для сельскохозяйственной техники / Г.И. Гедроить // Агропанорама, 2009. – № 4. – С. 23-27.
8. Гуськов, В.В. Тракторы: ч. II. Теория / В.В. Гуськов. – Минск: Вышэйшая школа, 1977. – 384 с.
9. Техника сельскохозяйственная мобильная. Нормы воздействия движителей на почву: ГОСТ 26955-86 – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 5 с.
10. Орда, А.Н. Сопротивление почв / А.Н. Орда. – Мн.: БГАТУ, 2002. – 94 с.
11. Гедроить, Г.И. Взаимодействие с почвой многоколесных ходовых систем / Г.И. Гедроить, А.Г. Гедроить, А.Д. Чететкин // Агропанорама, 2012. – № 5. – С. 2-7.
12. Гольяпин, В.Я. Новые тракторы зарубежных фирм / В.Я. Гольяпин // Тракторы и сельхозмашины, 2008. – №10. – С.50–56.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 26.05.2017

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЧЕТВЕРТЬЭЛЛИПСНЫХ ИЗМЕЛЬЧАЮЩИХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ С ГОРИЗОНТАЛЬНО УСТАНОВЛЕННЫМИ БИТЕРАМИ РАЗБРАСЫВАТЕЛЕЙ ТВЕРДЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ

С.Н. Герук,

ст. науч. сотр. Национального научного центра «Институт механизации и электрификации сельского хозяйства» НААН Украины (п. Глеваха); доцент Житомирского агротехнического колледжа (г. Житомир, Украина), канд. техн. наук, доцент

С.М. Хоменко,

доцент Житомирского агротехнического колледжа (г. Житомир, Украина), канд. техн. наук, доцент

И.С. Крук,

декан факультета механизации БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

А.В. Мучинский,

доцент каф. экономики и организации предприятий АПК БГАТУ,

А.В. Свистун,

инженер БГАТУ

Предложена конструкция горизонтальных измельчающих рабочих органов разбрасывателя твердых органических удобрений. Обоснованы технологические и конструктивные параметры четвертьэллипсных измельчающих рабочих органов с горизонтально установленными битами, обеспечивающих требуемое качество измельчения твердых органических удобрений.

Ключевые слова: твердые органические удобрения, разбрасыватель, рабочие органы, измельчение, исследования.

This article presents the design of the solid organic fertilizers spreader with the horizontal crushing mechanisms. Technological and design parameters of quarter-elliptic crushing working parts with horizontally installed beaters, providing the required quality of solid organic fertilizers crushing are substantiated in this paper.

Keywords: solid organic fertilizers, spreader, working parts, crushing, research.

Введение

Сохранение плодородия почв является одной из важных земледельческих задач, для успешного решения которой необходимо разрабатывать и внедрять новые экологически безопасные технологии и технические средства для возделывания и уборки сельскохозяйственных культур. Особое внимание при этом уделяется разработке конструкций разбрасывателей твердых органических удобрений, обеспечивающих требуемое качество выполнения технологического процесса.

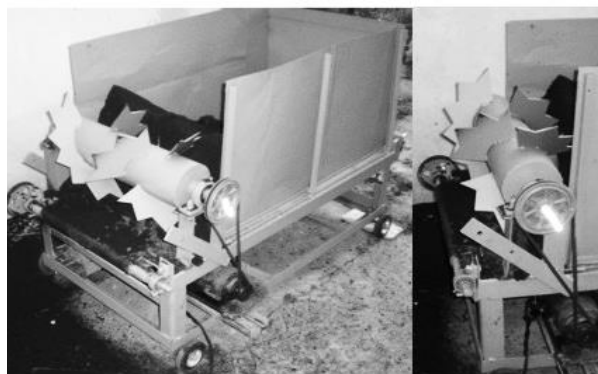
Качество внесения твердых органических удобрений в большей степени определяется их состоянием, конструкцией разбрасывателя и его рабочих органов. Несовершенство конструкций рабочих органов приводит к высокой неравномерности внесения удобрений, что негативно отражается на плодородии почв, поэтому актуальным вопросом для сельскохозяйственного производства является разработка машин для внесения органических удобрений, которые обес-

печивают качество их внесения и надежную эксплуатацию в условиях хозяйств.

В результате анализа мировых тенденций сельскохозяйственного машиностроения в области техники для внесения твердых органических удобрений [1-11], установлено, что в качестве рабочих органов разбрасывателей твердых органических удобрений используют битеры различных конструкций (зубчатые, шнековые, цепные с молотками на концах, лопастные, дисковые и др.). Вопрос исследований разбрасывающих устройств разбрасывателей до сих пор остается важным и не утратил своей актуальности.

Для обеспечения высоких показателей качества внесения удобрений были разработаны новые конструкции барабанов машин для внесения удобрений [2, 3]. Очевидно, что равномерность внесения удобрений повысится, если повысится качество их измельчения. Технически это обеспечивается увеличением количества и длины режущих периметров рабочего органа. Для исследований был принят зубчатый эллипсный

диск, точнее, его четверть (рис. 1). Эффективность использования четвертьэллипсного диска в машине для



а) б)

Рисунок 1. Лабораторная установка для исследования рабочих органов дискового барабана:
а – общий вид; б – вид сбоку

внесения твердых органических удобрений в качестве второго измельчающе-распределяющего битера обоснована в работе [6]. При этом, на валу барабана разбрасывателя органических удобрений устанавливались рабочие органы, выполненные в виде четвертьэллипсных измельчителей, причем каждый из последних был выполнен в виде четырех четвертинок эллипсов, установленных на одной оси.

Цель лабораторных исследований заключалась в установлении экспериментальной зависимости степени измельчения твердых органических удобрений от параметров машины и обосновании ее рациональных параметров.

Для достижения поставленной цели необходимо было разработать и изготовить универсальную лабораторную установку для исследования рабочих органов машины для внесения органических удобрений в лабораторных условиях, исследовать влияние переменных факторов на технологический процесс измельчения органических удобрений дискового барабана, оснащенного четвертьэллипсными рабочими органами, а также получить математическую зависимость этого влияния и провести оптимизацию параметров рабочих органов.

Методика проведения исследований

Для исследования качества выполнения технологического процесса рабочими органами [12] использовалась методика планирования некомпозиционного симметричного плана Бокса-Бенкина второго порядка для трех факторов [13, 14]. Для обработки результатов эксперимента использовались пакеты прикладных программ: *Statistica 7* (для рандомизации порядка проведения опытов); *MatCad 14* (для обработки результатов планирования плана Бокса-Бенкина второго порядка); *Maple 11* (для исследова-

ний уравнения регрессии и построения поверхностей отклика). Коэффициенты регрессии модели, после реализации плана эксперимента, определяли согласно методике [14]. Для исследования уравнения регрессии использовали методику двухмерных сечений [13, 14].

Основная часть

Качество распределения твердых органических удобрений по полю определяется эффективностью их измельчения и равномерностью подачи к верхнему битеру, доизмельчением и распределением верхним битером, поэтому качество работы измельчающих рабочих органов первого ряда определяется степенью измельчения.

Лабораторная установка для исследования рабочих органов шириной 600 мм позволяет установить для исследований третью часть битера машины МТО-6 в натуральную величину. Общий вид лабораторной установки представлен на рис. 1.

Уровни варьирования факторов при планировании эксперимента для исследования лабораторного образца битера представлены в табл. 1.

Таблица 1. Уровни варьирования факторов при планировании эксперимента для исследования дискового барабана

Факторы	X_1	X_2	X_3
	Количество оборотов измельчающего битера $n_{иб}, \text{об/мин}$	Угол установки дисков к оси битера, β , град	Скорость транспортера, v_t , м/с
Основной уровень (X_{i0})	400	50	0,05
Интервалы варьирования (ΔX_i)	150	2	0,03
Верхний уровень ($x_i = 1$)	550	52	0,08
Нижний уровень ($x_i = -1$)	250	48	0,02

Кодированные значения факторов (x_i) связаны с натуральными (X_i) следующими соотношениями:

$$x_1 = \frac{X_1 - 400}{150} = \frac{n_{иб} - 400}{150}; \quad x_2 = \frac{X_2 - 50}{2} = \frac{\beta - 50}{2};$$

$$x_3 = \frac{X_3 - 0,05}{0,02} = \frac{v_t - 0,05}{0,02}.$$

В соответствии с выбранной схемой было проведено 15 опытов в трехкратной повторности.

В результате получено уравнение регрессии:

– в кодированном виде

$$y = 1,6128 + 0,1138x_1 + 0,0185x_2 - 0,0774x_3 -$$

$$-0,0218x_1x_3 - 0,2444x_1^2 - 0,0898x_2^2 - 0,1138x_3^2.$$

– тогда в раскодированном виде, степень измельчения λ :

$$\lambda = -57,67921 + 0,00981n_{\text{нб}} + 2,25425\beta + \\ + 27,48667v_{\text{т}} - 0,00727n_{\text{нб}}v_{\text{т}} - 0,00001n_{\text{нб}}^2 - \\ - 0,02245\beta^2 - 284,5v_{\text{т}}^2.$$

Для проверки адекватности модели находили расчетное значение F-критерия Фишера ($F_{\text{расч}}$) и сравнивали его с табличным значением $F_{\text{табл}}$ при 5 %-м уровне значимости. Проверка показала, что модель адекватна, так как $F_{\text{расч}} = 6,55 < F_{\text{табл}}$; ($F_{0,05} = 19,37$).

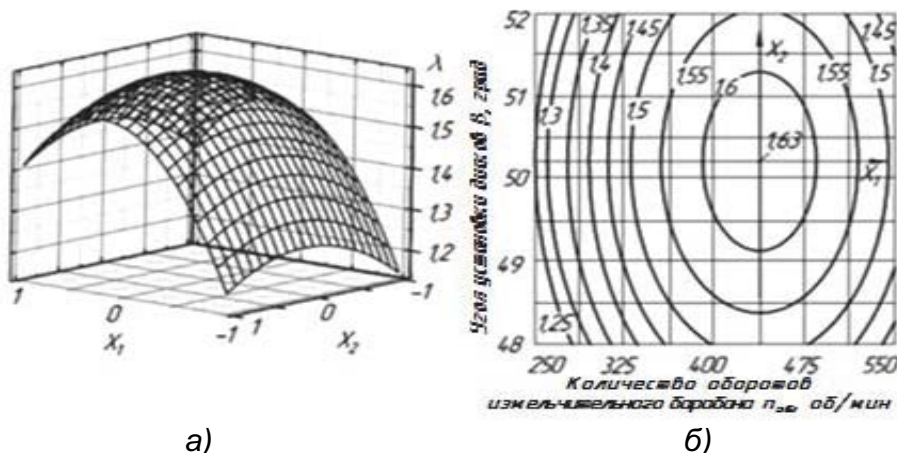


Рисунок 2. График (а) и двухмерное сечение (б) поверхности отклика, характеризующие степень измельчения удобрений при $x_3 = 0$

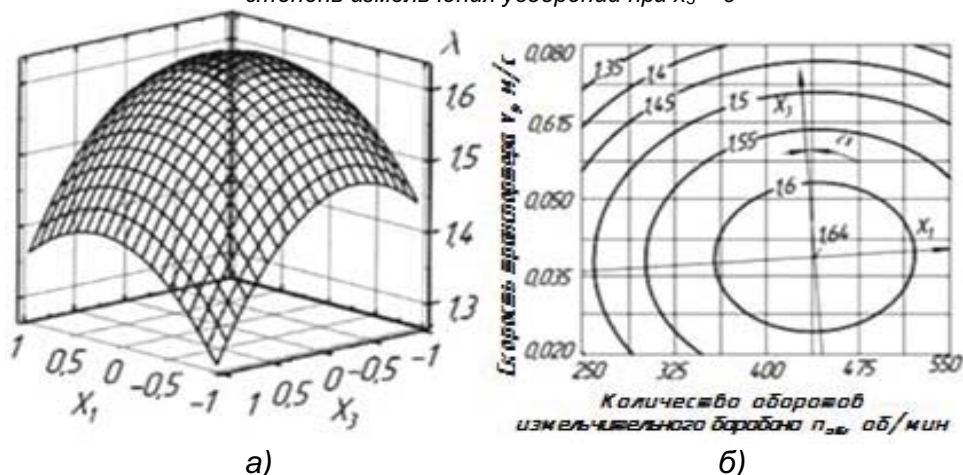


Рисунок 3. График (а) и двухмерное сечение (б) поверхности отклика, характеризующей степень измельчения удобрений при $x_2 = 0$ (угол поворота новых координатных осей в центре поверхности отклика $\alpha = 4^{\circ}06'$).

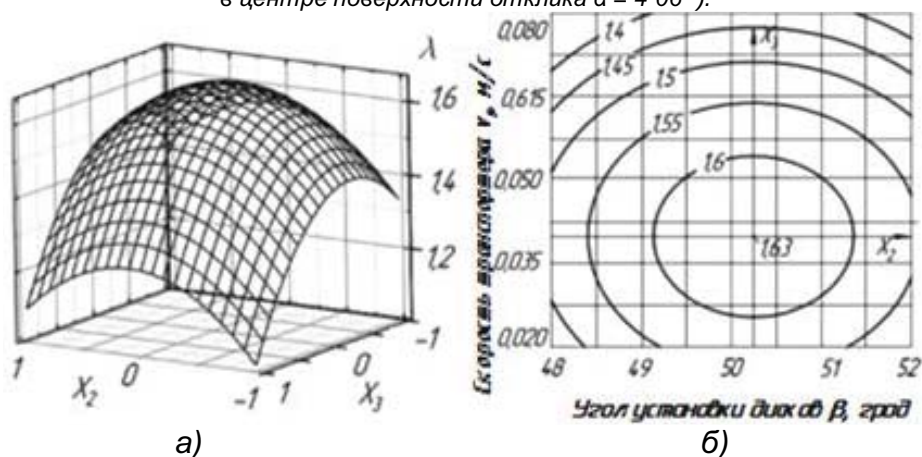


Рисунок 4. График (а) и двухмерное сечение (б) поверхности отклика, характеризующее степень измельчения удобрений при $x_1 = 0$.

Для анализа уравнения регрессии были построены соответствующие поверхности отклика и их двумерные сечения (рис. 2, 3, 4).

На основании анализа приведенных рисунков можно сделать следующие выводы:

– из рисунка 2: максимальная степень измельчения $\lambda = 1,63$ обеспечивается при $n_{\text{нб}} \approx 435$ об/мин, $\beta \approx 50,2^\circ$. Для обеспечения степени измельчения $\lambda = 1,6$ допустимые значения факторов находятся в пределах $n_{\text{нб}} = 390 \dots 490$ об/мин, $\beta = 49,2 \dots 51,3^\circ$;

– из рисунка 3: максимальная степень измельчения $\lambda = 1,63$ обеспечивается при $n_{\text{нб}} \approx 437$ об/мин, $v_t \approx 0,039$ м/с. Для обеспечения степени измельчения $\lambda = 1,6$ допустимые значения факторов находятся в пределах $n_{\text{нб}} = 360 \dots 530$ об/мин, $v_t = 0,024 \dots 0,054$ м/с;

– из рисунка 4: максимальная степень измельчения $\lambda = 1,63$ обеспечивается при $\beta \approx 50,2^\circ$, $v_t \approx 0,040$ м/с. Для обеспечения степени измельчения $\lambda = 1,6$ допустимые значения факторов находятся в пределах $\beta = 49,7 \dots 51,3^\circ$, $v_t = 0,020 \dots 0,059$ м/с.

Заключение

Предложена конструкция четвертьэллипсного измельчающего горизонтального бitera для разбрасывателя органических удобрений. В результате проведенных лабораторных исследований определены рациональные технологические и конструктивные параметры четвертьэллипсного измельчителя, при которых достигается максимальная степень измельчения твердых органических удобрений ($\lambda = 1,63$): количество оборотов дисковой барабана $n_{\text{нб}} \approx 435 \dots 437$ об/мин; скорость движения транспортера $v_t \approx 0,039 \dots 0,040$ м/с; угол установки дисков к оси барабана $\beta = 50,2^\circ$.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Марченко, Н.М. Механизация внесения органических удобрений / Н.М. Марченко, Г.И. Личман, А.Е. Шебалкин. – М.: Агропромиздат, 1990. – 207 с.
2. Розкидач органічних добрив: пат. 45382 України, МПК А01С 3/06 / С.М. Герук, С.М. Хоменко, С.С. Герук; заяв. С.М. Герук. – №u200905125; заявл. 25.05.2009; опубл. 10.11.2009 // Бюл. № 21, 2009 р.
3. Комбинированная машина для выгрузки и разбрасывания навоза: пат. 7746 Респ. Беларусь, МПК А 01С 3/06, А 01С 3/02 / И.С. Крук, А.В. Свистун, Ю.С. Биза, И.С. Назаров, Н.Г. Бакач, А.С. Назаров, А.А. Новиков; заяв. Белорус. гос. аграр. техн. ун-т. – № u20110261; заявл. 07.04.2011; опубл. // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласцівасці. – 2012. – № 6.
4. Бакум, М.В. Сільськогосподарські машини / М.В. Бакум, І.С. Бобрусь, А.Д. Михайлов, М.Г. До-

ценко, О.С. Вовченко; за ред. М.В. Бакума. – Х.: ХНТУСГ, 2008. – Ч. 2: Машини для внесення добрив. – Т.1. – 258 с.

5. Герук, С.М. Аналіз конструкцій технічних засобів для внесення твердих органічних добрив [Текст] / С.М. Герук, С.М. Хоменко // Матеріали четвертої всеукраїнської науково-практич. інтернет-конференції, 22 – 24 жовтня 2007 року «Актуальні проблеми сучасної науки». – К., 2007. – Ч.1. – С. 79 – 80.

6. Результаты исследований машины для внесения твердых органических удобрений / С.Н. Герук., С.М. Хоменко, И.С. Крук, А.В. Мучинский, А.В. Свистун // Агропанорама, 2016. – №6. – С. 5-10.

7. Анікєєв, А.І. Обґрунтування параметрів процесу внесення органічних добрив із куп: автореф. дис. канд. техн. наук / А.І. Анікєєв. – Харків, 2005. – 22 с.

8. Лашук, А.Д. Внесение органических удобрений машиной с эллипсо-дисковыми рабочими органами: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / А. Д. Лашук. – Минск, 1990. – 203 с.

9. Результаты сравнительных испытаний машин для внесения твердых органических удобрений с различными адапторами / В. Романюк [и др.] // Problemy intensyfikacji produkcji zwierzecego z uwzględnieniem struktury obszarowej gospodarstw rodzinnych, ochrony środowiska i standardów UE»: доклады Междунар. научн.-практ. конф., Warszawa, сентябрь 2011 / Instytut Technologiczno-Przyrodniczy. – Warszawa, 2011. – С. 163 – 167.

10. Рабочие органы машин для внесения твердых органических удобрений / В. Романюк [и др.] // Problemy intensyfikacji produkcji zwierzecego z uwzględnieniem struktury obszarowej gospodarstw rodzinnych, ochrony środowiska i standardów UE»: доклады Междунар. научн.-практ. конф., Warszawa, сентябрь 2009 / IBMER. – Warszawa, 2009. – С. 227 – 230.

11. Голуб, Г. А. Механіко-технологічне обґрунтування технічних засобів для агропромислового виробництва їстівних грибів: автореф. дис. докт. техн. наук / Г.А. Голуб. – Глеваха, 2005. – 33 с.

12. Испытания сельскохозяйственной техники. Машины для внесения твердых органических удобрений. Программа и методы испытаний: РД 10 7.2-89. – 76 с.

13. Мельников, С.В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / С.В. Мельников, В.Р. Алешкин, П.М. Рошин. – 2-е изд.; перераб. и доп. – Л.: Колос. Ленингр. отд-ние, 1980. – 168 с.

14. Новик, Ф.С. Оптимизация процессов технологии металлов методами планирования экспериментов / Ф.С. Новик, Я.Б. Арсов. – М.: Машиностроение; София: Техника, 1980. – 304 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 04.07.2017

АГРОТЕХНИЧЕСКАЯ ПРОХОДИМОСТЬ ГУСЕНИЧНОГО КОРМОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА НА ПОВОРОТАХ

А. Д. Чечеткин,

доцент каф. сельскохозяйственных машин БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

А. П. Ляхов,

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

Г. И. Гедроить,

заведующий каф. тракторов и автомобилей БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

В статье приведены теоретические разработки и результаты полевых исследований взаимодействия гусеничного движителя кормоуборочного комбайна с задернелой почвой с учетом наименьшей повреждаемости дернины на повороте.

Ключевые слова: гусеничный движитель, дернина, повреждаемость, радиус поворота

This article presents the theoretical developments and the results of field research on the interaction of the track drive of a forage harvester for matted soil, taking into account the least damage rate to the sod layer at the turn.

Keywords: track drive, sod layer, damage rate, clearance radius.

Введение

В настоящее время перед агропромышленным комплексом поставлена задача: обеспечить страну продовольствием, а промышленность сельскохозяйственным сырьем. Выполнить эту задачу и увеличить выпуск продукции животноводства нельзя без улучшения кормовой базы, что возможно за счет выпуска высокопроизводительной самоходной кормоуборочной техники, дальнейшего повышения и сохранения плодородия почв и урожайности кормовых культур.

В Республике Беларусь значительная часть кормовых культур выращивается на почвах с низкой несущей способностью, которые составляют около 1,5 млн. га, из них до 80 % занимают травы.

Для обеспечения заготовки кормов на торфяно-болотных почвах требуются машины с движителями, отличающиеся от применяемых на минеральных почвах более высокой проходимостью. Известно [1], что полная потеря проходимости колесной кормоуборочной техники наблюдается при влажности торфяно-болотной почвы – 74 % и выше из-за недостаточных опорных свойств. При этом движитель комбайна разрушает целостность дернины и повреждает корневую систему, что в последующем сказывается на урожайности зеленой массы. Это обуславливает необходимость разработки гусеничных кормоуборочных комбайнов. Однако конструктивные параметры звеньев гусениц и движителя в целом применительно к работе на почвах с низкой несущей способностью и наличием дернового покрова обоснованы недостаточно, как теоретически, так и экспериментально. Поэтому при создании гусеничных самоходных кормоуборочных машин необходимы исследования для получения данных, позволяющих обосновать оптимальные кон-

структивные параметры опорной ветви гусениц, чтобы обеспечить требуемую проходимость комбайна при минимальной повреждаемости дернины, как при прямолинейном движении, так и при повороте.

Основная часть

Проведенные авторами публикации экспериментальные исследования по использованию кормоуборочного комбайна с гусеничным движителем на заготовке кормов показали, что имеет место повреждение дернины, как при прямолинейном движении, так и в большей степени на повороте. Это объясняется скольжением звеньев по дернине при буксовании гусениц при прямолинейном движении и их вращении на поворотах. Основные факторы, влияющие на сопротивление повороту гусеничных машин, исследовались без учета агротехнологических свойств дернины, в частности допустимых значений сдвига, при которых дернина разрушается.

Однако большинство известных способов движения кормоуборочной техники включают повороты машин в конце гона на 90° или 180°. Для уменьшения холостых ходов машины следует уменьшать радиус поворота, что при его минимальном значении увеличивает вероятность срыва дернины. Поэтому поворот гусеничного комбайна должен осуществляться с таким минимальным радиусом, который снизит длину холостого пути и нанесет минимальную повреждаемость растениям и их корневой системе.

Особенность кинематики поворота гусеничных машин состоит в том, что поворот осуществляется при разных скоростях отстающей и забегающей гусениц и разной величине касательных сил тяги. Большая сила тяги на забегающей гусенице приводит к большему буксованию, меньшая на отстающей

уменьшает ее буксование, а в некоторых случаях поворота приводит к движению юзом (отрицательное буксование). Кроме этого, обе гусеницы относительно своих полюсов поворачиваются в горизонтальной плоскости. Таким образом, на дерновом покрове воздействуют два отрицательных фактора, приводящие к его повреждению: буксование и вращение гусениц.

Экспериментальные исследования [2, 3] показывают, что сопротивление почвогрунта срезу – сдвигу зависит от величины перемещения звена или штампа. При достижении некоторого его допустимого значения происходит разрушение внутренних связей и разрушение, как дернового слоя, так и подстилающего слоя почвогрунта. Таким образом, с точки зрения возможного разрушения целостности дернины из-за скольжения звеньев гусеницы, поворот является наиболее сложным случаем движения гусеничной машины, так как при прочих равных условиях, при прямолинейном движении разрушение может произойти только вследствие буксования гусениц. Следовательно, при повороте кормоуборочного комбайна с гусеничным двигателем, имеют место все факторы снижения биологического урожая трав (механическое повреждение растений, разрушение целостности дернового покрова и корневой системы, срыв дернового покрова и растений).

Поэтому необходимы специальные теоретические и экспериментальные исследования по оценке факторов повреждаемости дернины трав при повороте кормоуборочных машин на гусеничном ходу с последующим обоснованием параметров движителя, обеспечивающих возможно меньшую потерю урожая.

На рис. 1 приведена схема движения опорной ветви гусеничной ленты при повороте машины на некоторый угол φ с радиусом поворота R . Принято допущение, что полюс поворота O совпадает с геометрическим центром гусеницы, который перемещается

по дуге окружности радиуса R .

При повороте относительно полюса O наибольшее скольжение будет у крайних точек передней и задней кромки гусеничных лент.

Величину скольжения определим на примере точки A передней кромки гусеницы.

При повороте машины на угол $d\varphi$ точка A сместится на величину dS , а траектория ее перемещения из положения A в положение A_0 будет эвольвента. Учитывая свойство эвольвенты, запишем:

$$dS = x d\varphi = \frac{x}{R} dx \quad (1)$$

где x – координата рассматриваемой точки по длине гусеницы, м.

Дополнительное скольжение вследствие буксования гусеницы во время поворота учитывает КПД буксования $\eta_\delta = 1 - \delta$, с учетом которого выражение (1) примет вид

$$dS = (1 - \delta) \frac{x}{R} dx \quad (2)$$

Учитывая изменение x в пределах $0 \leq x \leq L/2$ и интегрируя выражение, определим перемещение точки A

$$S = (1 - \delta) \frac{x^2}{2R} = (1 - \delta) \frac{L^2}{8R} \quad (3)$$

Следовательно, для машин с постоянной длиной опорной ветви и буксованием гусеницы при повороте, увеличение радиуса поворота приводит к уменьшению скольжения звеньев, а, следовательно, и повреждаемости дернового покрова.

Принимая во внимание то, что допустимому значению повреждаемости дернового слоя должно соответствовать некоторое скольжение $S \leq S_{\text{доп}}$, выражение 3 можно записать:

$$S = (1 - \delta) \frac{L^2}{8R} \leq S_{\text{доп}} \quad (4)$$

Откуда минимально допустимый радиус поворота машины, при котором значение скольжения звеньев не превысит допустимого значения $S \leq S_{\text{доп}}$, равен

$$R_{\min} \geq (1 - \delta) \frac{L^2}{8S_{\text{доп}}} \quad (5)$$

На рис. 2 приведены расчетные значения по уравнению (5) $R_{\min}$ от величины $S_{\text{доп}}$ при различных значениях длины опорной ветви гусениц ($L = 2, 3, 4$ м и постоянном буксовании для серийной гусеницы). Зависимости свидетельствуют о том, что, чем длиннее опорная ветвь гусеницы, тем больше должен быть радиус поворота при одном и том же значении $S_{\text{доп}}$. Увеличение допустимого скольжения $S_{\text{доп}}$ приводит к уменьшению минимального радиуса поворота.

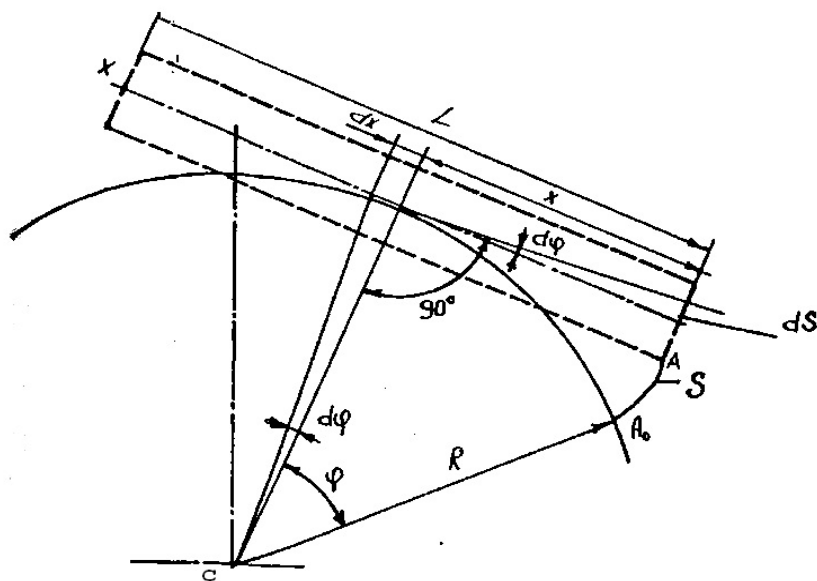


Рисунок 1. Схема к определению смещения гусеницы при повороте

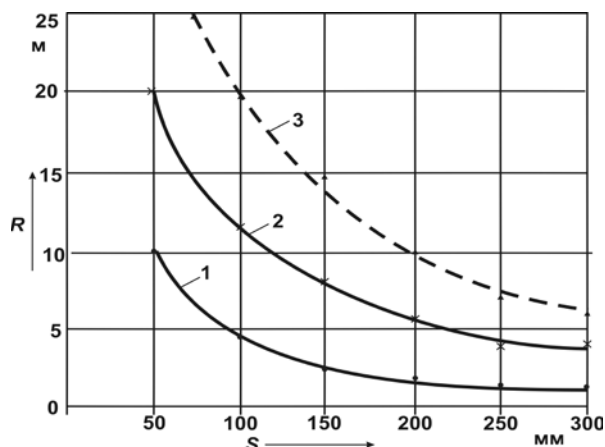


Рисунок 2. Зависимость радиуса поворота от допускаемой деформации дернины при различной длине опорной ветви гусеницы:
1 - $L=2,0$ м; 2 - $L=3,0$ м; 3 - $L=4,0$ м

Применительно к экспериментальному образцу кормоуборочного комбайна, имеющего $L = 3,0$ м и травяному покрову с $S_{\text{доп}} = 0,1$ м, минимальный расчетный радиус поворота $R_{\text{min}} \geq 12$ м.

Для практического использования уравнения (5) необходимо иметь значения $S_{\text{доп}}$ для различных условий работы кормоуборочных машин (тип и состояние дернового покрова, влажность почвогрунта, др. факторы).

Как следует из изложенного выше, допустимое значение скольжения звеньев опорной ветви гусениц зависит как от величины буксования гусениц, так и скольжения при повороте гусеницы относительно полюса на некоторый угол. Учитывая, что разрушающее действие их будет подчиняться общим закономерностям механики грунтов, при которых касательные усилия сдвига для связных грунтов будут описываться зависимостями (рис. 3), полученными в наших исследованиях на экспериментальной установке со штампом,

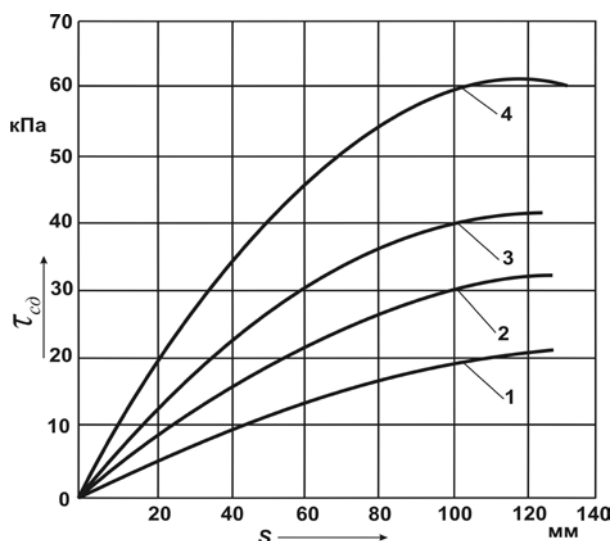


Рисунок 3. Зависимость сдвигающих напряжений от смещения штампа:
1 - давление - 20 кПа; 2 - 40 кПа; 3 - 60 кПа;
4 - 80 кПа

параметры которого соответствуют размерам опорных плит, устанавливаемых на цепь гусеницы, из полученных кривых можно определить значение $S_{\text{доп}}$.

Сдвиг проводился при давлениях, близких к давлению реального гусеничного движителя на дерновой покров. Из рис. 3 видно, что в начальный момент действия сдвигающего усилия происходит рост сопротивления дернины сдвигу. Этот рост отмечается до тех пор, пока не произойдет разрыв дернины и корневой системы. Таким образом, для использования предлагаемых теоретических зависимостей необходимы данные экспериментальных исследований сдвига штампов или звеньев гусениц в условиях, соответствующих эксплуатации кормоуборочных машин.

Следует также отметить, что возможны и конструктивные решения по увеличению $S_{\text{доп}}$, а именно:

- 1) закругление боковых кромок звеньев гусениц, при котором срез и сдвиг почвогрунта заменяются трением скольжения;
- 2) уменьшение давления звеньев на почвогрунт, так как силы трения звена о грунт пропорциональны его значению (уменьшение массы машин, увеличение до оптимальных размеров гусениц);
- 3) конструктивное оформление опорной ветви звеньев гусениц, преимущественно без зацепов, с гладкой опорной поверхностью и корытообразным профилем трака без острых кромок и т.д.

Заключение

Экспериментальные исследования опытного образца комбайна с серийной и гладкой гусеницей на дернине многолетних трав и торфяно-болотной почве влажностью 77-82 % показали удовлетворительную сходимость расчетных по уравнению (5) и экспериментальных данных. При поворотах комбайна с радиусом $R_{\text{min}} = 12$ м для серийной гусеницы не наблюдалось видимых разрушений дернины. Радиус поворота для гладкой металлической гусеницы должен составлять не менее 10 м.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Янцов, Н.Д. Агротехническая проходимость самоходных кормоуборочных комбайнов на торфяно-болотных почвах: автореф. дис. ... канд. техн. наук. / Н.Д. Янцов. - Мн., 1983. - 16 с.
2. Васильев, А.В. Влияние конструктивных параметров гусеничного трактора на его тягово-сцепные свойства / А.В. Васильев, Е.Н. Докучаев, О.Л. Уткин-Любовцов. - М.: Машгиз, 1969. - 190 с.
3. Гуськов, В.В. Тракторы: теория / В.В. Гуськов. - М.: Машиностроение, 1988. - 374 с.
4. Четкин, А.Д. Улучшение агротехнических показателей проходимости гусеничного движителя кормоуборочного комбайна на задернелых торфяно-болотных почвах: автореф. дис. ... канд. техн. наук / А.Д. Четкин. - Горки, 1989. - 18 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 15.05.2017

УДК 631.333: 631.8

РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЧВ БЕЛАРУСИ И ГРАНУЛИРОВАННЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ЗА СЧЕТ ИХ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОГО ВНЕСЕНИЯ

Д.А. Жданко,

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

Л.Г. Шейко,

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

А.Ф. Станкевич,

аспирант каф. эксплуатации машинно-тракторного парка БГАТУ

Для предприятий агропромышленного комплекса Беларуси в настоящее время особенно важно рационально использовать почвенные ресурсы и повысить эффективность внесения минеральных удобрений. Экономия ресурсов в современном сельскохозяйственном производстве диктует необходимость дифференцированного внесения удобрений в системе точного земледелия.

Ключевые слова: почва, удобрения, технология, точное земледелие, плодородие, коэффициент вариации.

The article notes that now, for the agro-industrial complex enterprises of Belarus, it is especially important to use soil resources rationally and to improve the efficiency of mineral fertilizers. It also indicates that in modern agricultural production, saving of resources dictates the need for differentiated application of fertilizers in the system of precise farming.

Keywords: soil, fertilizers, technology, precision farming, fertility, coefficient of variation.

Введение

Почвенный покров Беларуси неоднороден. На одном поле может быть несколько типов и видов почв с резкими колебаниями показателей плодородия. В рекомендациях производству ученые предлагают технологии для какой-то конкретной почвы, что на практике трудно выполнить из-за существующей пестроты полей.

Количество вносимых минеральных удобрений и их стоимость являются основными затратными составляющими, которые технолог может изменить в процессе производства продукции растениеводства, поэтому главной задачей является повышение экономической эффективности их применения.

Цель настоящей работы – математическое обоснование дифференцированного внесения гранулированных минеральных удобрений. Научно-технический прогресс в сельском хозяйстве развитых стран мира связывают, прежде всего, с разработкой и внедрением в производство высокоточных автоматизированных информационных технологий, базирующихся на использовании высокопроизводительных средств механизации.

Основная часть

В Беларуси применяют около 30 наименований удобрений, различающихся не только химической формулой, но и физико-механическими свойствами. Технология внесения минеральных удобрений опре-

деляется их ассортиментом, физическими свойствами, а также агротехническими требованиями.

Ежегодно в республике вносится около 2 миллионов тонн действующего вещества минеральных удобрений. Это большой высокоэффективный ресурс, однако анализ применения удобрений свидетельствует о том, что в земледелии страны этот ресурс используется недостаточно эффективно. Окупаемость 1 кг действующего вещества минеральных удобрений зерном колеблется от 4 до 6 кг, хотя потенциальная возможность – 8-12 кг и более [1]. Причин, объясняющих такой факт, много. Одной из них является пестрота почвенного плодородия в рамках одного поля.

Анализ почвенного плодородия полей разной площади с разным количеством элементарных участков в Минской области показал большую неоднородность элементарных участков полей по содержанию гумуса, подвижного фосфора и калия, кальция, магния, бора, меди и цинка.

Чтобы понять, насколько велика пестрота почвенного плодородия, приведем пример расчета коэффициента вариации по содержанию фосфора на одном поле в ОАО «1-я Минская птицефабрика». В апреле, перед закладкой полевых опытов, были отобраны почвенные образцы и выполнены анализы (табл. 1).

По этим данным рассчитаем среднее значение содержания фосфора на данном поле, размах вариации, среднее линейное отклонение, дисперсию, стандартное отклонение и коэффициент вариации (рис. 1).

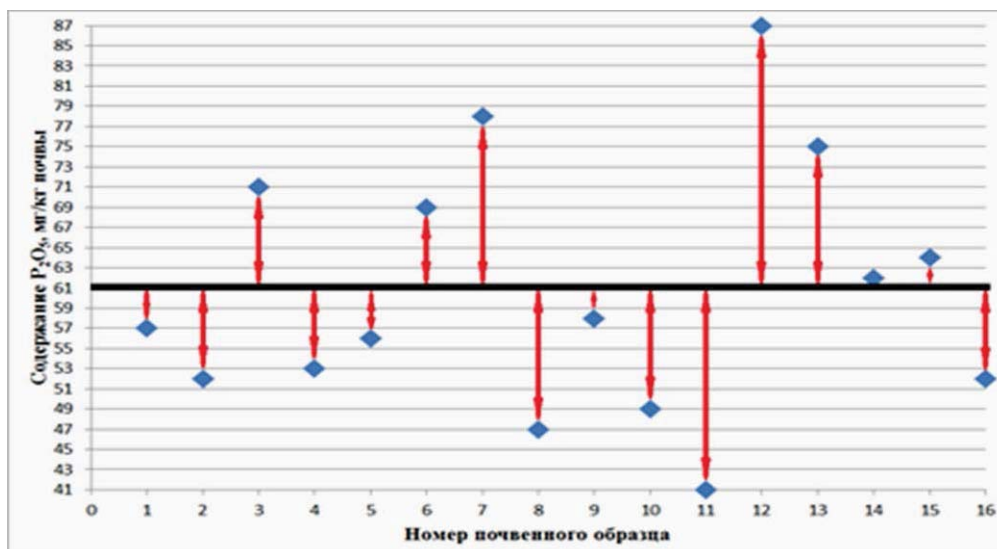


Рисунок 1. Отклонения показателей содержания фосфора от среднего значения:

- среднее значение содержания P₂O₅;
 — отклонения каждого значения от среднего показателя

Среднее значение – это обычная средняя арифметическая величина, представленная на рис. 1 жирной чертой.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x}{n} = \frac{57 + 52 + 71 + 53 + 56 + 69 + 78 + 47 + 58 + 49 + 41 + 87 + 75 + 62 + 64 + 52}{16} = 61$$

Размах вариации – разница между максимумом и минимумом:

$$R = X_{\max} - X_{\min} = 87 - 41 = 46$$

Среднее линейное отклонение рассчитаем по формуле:

$$\alpha = \frac{\sum_{i=1}^n |x - \bar{x}|}{n} = \frac{|57 - 61| + |52 - 61| + |71 - 61| + \dots + |52 - 61|}{16} = \frac{163}{16} = 10,1$$

Дисперсия рассчитывается по формуле:

$$D = \frac{\sum_{i=1}^n |x - \bar{x}|^2}{n - 1} = \frac{|57 - 61|^2 + |52 - 61|^2 + |71 - 61|^2 + \dots + |52 - 61|^2}{15} = 156,6$$

**Таблица 1. Содержание фосфора
в почве на одном поле**

№ почвенно- го образца (элементар- ного участка)	Содержа- ние P ₂ O ₅ , мг/кг почвы	№ почвенного образца (элементар- ного участка)	Содержа- ние P ₂ O ₅ , мг/кг почвы
1	57	9	58
2	52	10	49
3	71	11	41
4	53	12	87
5	56	13	75
6	69	14	62
7	78	15	64
8	47	16	52

Среднеквадратическое отклонение – квадратный корень из дисперсии:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n |x - \bar{x}|^2}{n}} = \sqrt{D} = \sqrt{156,6} = 12,5$$

Коэффициент вариации рассчитываем по формуле:

$$V = \frac{\sigma}{\bar{x}} \cdot 100\% = \frac{12,5}{61} \cdot 100 = 21\%,$$

где V – коэффициент вариации;
 σ – среднеквадратическое отклонение;
 $\bar{x}$ – среднее значение.

Все расчеты приведены в табл. 2

В статистике принято, что, если коэффициент вариации меньше 10 %, то степень рассеивания данных считается незначительной, от 10 % до 20 % – средней, больше 20 % и меньше или равно – 33 % считается значительной. Так как коэффициент вари-

Таблица 2. Показатели вариации

Показатели вариации	Значение
Максимум	87
Минимум	41
Размах вариации	46
Среднее линейное отклонение	10,1
Дисперсия по выборке	156,6
Среднеквадратичное отклонение по выборке	12,5
Коэффициент вариации	21%

ции 21 %, что свидетельствует о значительной пестроте поля по содержанию фосфора в почве и о необходимости его выравнивания.

Выполнение технологических операций по стандартным технологиям возделывания сельскохозяйственных культур базируется на принципе однородности плодородия поля и, следовательно, потребности растений, с учетом усредненных данных. Для осуществления перехода от технологий, базирующихся на усредненных показателях параметров плодородия и состояния посевов к избирательному воздействию, необходимо переходить на систему точного земледелия.

Система точного земледелия позволяет учитывать неоднородные участки поля и проводить мероприятия в дифференцированном режиме на каждом отличном по плодородию участке с помощью достижений технического прогресса, космических и IT-технологий [2]. Основным принципом системы точного земледелия является максимальная реализация генетического потенциала растений на фоне максимальной отдачи от каждого квадратного метра неоднородного плодородия поля с помощью умственных способностей человека, с применением новейших технологий и техники с целью снижения себестоимости продукции растениеводства.

Для реализации технологии точного земледелия необходимы:

- современная сельскохозяйственная техника, управляемая бортовой ЭВМ, способная дифференцированно проводить агротехнические операции;
- приборы точного позиционирования на местности (система ГЛОНАСС, GPS-приемники);
- технические системы, помогающие выявить неоднородность поля (автоматические пробоотборники, различные сенсоры и измерительные комплексы, уборочные машины с автоматическим учетом урожая, приборы дистанционного зондирования плодородия почвы, сельскохозяйственных посевов и др.).

Внесение удобрений по технологии точного земледелия проводится дифференцированно, то есть, условно говоря, на каждый квадратный метр необходимо вносить столько удобрений, сколько необходимо конкретно на данном элементарном участке поля.

Предусматривается предварительная подготовка на стационарном компьютере карты-задания, в которой содержатся пространственно привязанные, с помощью GPS, дозы удобрения для каждого элементарного участка поля, рассчитанные по результатам агрохимического обследования. Для этого проводится сбор данных о поле, необходимых для расчета доз удобрений (пространственно привязанных). Расчет дозы производится для

каждого элементарного участка поля, тем самым формируется (в специальной программе) карта-задание, которая переносится на чип-карте на бортовой компьютер сельскохозяйственной техники, оснащенной GPS-приемником, и выполняется заданная операция. Трактор, оснащенный бортовым компьютером, двигаясь по полю, с помощью GPS определяет свое местонахождение и считывает с чип-карты дозу удобрений, соответствующую месту нахождения, затем посылает соответствующий сигнал на контроллер распределителя удобрений. Контроллер же, получив сигнал, выставляет на распределителе удобрений нужную дозу. Для разработки устройств контроля и управления внесением минеральных удобрений с учетом требований точных агротехнологий необходимо проведение специальных теоретических и экспериментальных исследований. Применение дифференцированного внесения гранулированных минеральных удобрений при возделывании сельскохозяйственных культур позволит рационально использовать дорогостоящие минеральные удобрения.

Заключение

Коэффициент вариации – 21 % свидетельствует о значительной пестроте поля по содержанию фосфора в почве и о необходимости его выравнивания. Эти данные дают основание считать перспективным направлением дифференцированное внесение гранулированных минеральных удобрений для повышения урожайности сельскохозяйственных культур и рационального использования почвенного плодородия.

Принятие решений в сфере современного сельскохозяйственного производства требует рационального использования почв, удобрений, специальной техники и машин, которые поддерживали бы технологии дифференцированного внесения удобрений.

На современном этапе следует развивать и внедрять в сельскохозяйственное производство республики ресурсосберегающие технологии точного земледелия, обеспечивающие управление производственным процессом посредством применения информационных технологий, автоматизированных и роботизированных систем. Такое перспективное направление способно вывести отечественное сельское хозяйство на новый уровень.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жданко, Д.А. Дифференцированное внесение гранулированных минеральных удобрений с использованием спутниковых навигационных систем / Д.А. Жданко., Л.Г. Шейко, А.Ф. Станкевич // Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь: сб. по итогам III Всеукраїнської науч.-практич. конф., г. Житомир, 29-30 марта 2017 г. – С. 104-105.
2. Афанасьев, Р.А. Дифференцированное применение удобрений – настоящее и будущее / Р.А. Афанасьев // Плодородие, 2002. – №4. – С. 9-11.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 05.06.2017

К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ЭНЕРГОЕМКОСТИ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ ТРАКТОРНЫХ РАБОТ

А.П. Ляхов,

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

Г.И. Кошля,

ассистент каф. эксплуатация машинно-тракторного парка БГАТУ

В статье рассмотрены вопросы энергосбережения при производстве механизированных работ в сельском хозяйстве.

Ключевые слова: энергоёмкость, почвообработка, сопротивление.

The article deals with energy saving issues while performing mechanized works in agriculture.

Keywords: energy intensity, soil cultivation, resistance.

Введение

Сельскохозяйственное производство является потребителем значительного количества энергии, до 80 % которой расходуется в растениеводстве при выполнении работ, связанных с обработкой почвы, поэтому снижение затрат энергии в значительной мере сказывается на себестоимости производимой продукции и, как следствие, на эффективности работы всего аграрного сектора.

Предлагаемые в литературных источниках [1, 2] аналитические зависимости для расчета энергоёмкости имеют сложную структуру с использованием в них экспериментальных данных, как по трактору, так и по сельскохозяйственной машине. В связи с этим на стадии комплектования машинно-тракторных агрегатов и при выборе менее энергоёмкого варианта важно иметь возможность определить энергозатраты расчетным методом, так как таких данных в литературных источниках не приводится.

Цель настоящей работы – получение расчетных данных удельной энергоёмкости при работе МТА на наиболее энергоёмких операциях – вспашке и культивации. Результаты представлены в виде графиков, с анализом факторов, существенно влияющих на удельную энергоёмкость указанных работ.

Основная часть

Энергосбережение является актуальной задачей любого производства, в том числе и сельскохозяйственного, где потребляется значительное количество энергии. Оценку эффективности технологического процесса, связанного с почвообработкой, производят по удельным энергозатратам на единицу выполненной работы. Единицей измерения удельной энергоёмкости является кВт·ч или Дж на 1 га обработанной площади.

В технологиях механизированных работ [1, 2] при расчетах используют следующие виды удельной энергоёмкости: полезную, тяговую, эффективную, полную.

Наибольший практический интерес представляет величина полезной и полной удельной энергоёмкости,

причем полезная удельная энергоёмкость определяет затраты энергии, связанные с почвообработкой и сопротивлением передвижению сельскохозяйственной машины, полная – все виды затрат, имеющие место при работе агрегата.

Полезные удельные энергозатраты агрегата определяются по зависимости:

$$A = \frac{N_{\text{тр}} \cdot T_{\text{р}}}{W_{\text{см}}}, \quad (1)$$

где $N_{\text{тр}}$ – тяговая (полезная) мощность трактора при работе агрегата, кВт;

$T_{\text{р}}$ – время чистой работы агрегата, ч;

$W_{\text{см}}$ – сменная производительность агрегата, га/см.

Сменная производительность агрегата равна

$$W_{\text{см}} = 0,36 \frac{N_{\text{тр}}}{K} \cdot T_{\text{р}},$$

где K – удельное сопротивление сельхозмашины, кН/м.

Подставляя это выражение в формулу (1), получим:

$$A = \frac{K}{0,36}, \text{ кВт} \cdot \text{ч/га}. \quad (2)$$

Из выражения (2) следует, что полезная удельная энергоёмкость агрегата изменяется пропорционально удельному сопротивлению сельскохозяйственной машины.

Значение K учитывает сопротивление почвообработке и передвижению сельскохозяйственной машины. Для того чтобы учесть сопротивление, связанное только с обработкой почвы, для всех машин, кроме плугов, следует применить соотношение:

$$K_{\text{д}} = K \cdot \eta_{\text{м}},$$

где $\eta_{\text{м}}$ – КПД рабочей машины.

Для плугов

$$K_{\text{дпл}} = K_{\text{пл}} \cdot \eta_{\text{пл}},$$

где $K_{\text{пл}}$ – удельное сопротивление плуга, кН/м²

По данным источника [5], рекомендуется принимать среднее значение КПД плуга $\eta_{пл} = 0,7$.

Тогда выражение (2) для всех типов почвообрабатывающих машин имеет вид

$$A = \frac{\kappa_{gi} \cdot \eta_{mi}}{0,36}, \text{ кВт} \cdot \text{ч/га.} \quad (3)$$

Полную удельную энергоёмкость, связанную со всеми видами затрат энергии при работе МТА, определяют по величине израсходованного топлива. В этом случае полная удельная энергоёмкость определяется по зависимости [2]:

$$A_n = H_n \cdot \Theta, \quad (4)$$

где H_n – низшая теплотворная способность дизельного топлива, Дж/кг ,

θ – удельный (гектарный) расход топлива на единицу выполненной работы, кг/га .

Учитывая, что низшая теплотворная способность дизельного топлива равна $H_n = 4,27 \cdot 10^7 \text{ Дж/кг}$, а также, что $1 \text{ кВт} \cdot \text{ч} = 0,36 \cdot 10^7 \text{ Дж}$, то формула (4) принимает следующий вид:

$$A_n = 11,9 \cdot \Theta \text{ кВт} \cdot \text{ч/га.} \quad (5)$$

Энергия сгоревшего в цилиндре двигателя топлива расходуется на тепловые и механические потери в двигателе.

Суммарные потери в двигателе оцениваются эффективным КПД, значение которого по данным [4] для дизельных двигателей при полной нагрузке и степени сжатия $\varepsilon = 16 - 17$ равно:

$$\eta_e = \eta_i \cdot \eta_m \approx 0,32 \dots 0,45,$$

где η_i – индикаторный КПД;

η_m – механический КПД двигателя.

Следовательно, полезная удельная энергоёмкость, связанная с работой агрегата с учетом потерь в двигателе и тягового КПД трактора, составит:

$$A_n = H_n \cdot \Theta \cdot \eta_e \cdot \eta_{Ne} \cdot \eta_T, \quad (6)$$

где $\eta_e = 0,4$ – эффективный КПД двигателя;

η_{Ne} – коэффициент загрузки двигателя по мощности;

η_T – тяговый КПД трактора.

Для сравнения точности данных по формулам (3, 6) проведены расчеты, представленные на графиках (рис. 1, 2).

Для пахотных агрегатов в составе БЕЛАРУС-1522+ПЛН-6-35 и БЕЛАРУС-80.1+ПЛН-3-35 получены расчетные данные по формулам (3, 6), которые представлены в виде графика (рис. 1). На графике зависимость (1) соответствует данным, рассчитанным по формуле (3) для обоих агрегатов, зависимость (2) соответствует расчету по формуле (6) для агрегата БЕЛАРУС-80.1+ПЛН-3-35, зависимость (3) – для агрегата БЕЛАРУС-1522+ПЛН-6-35.

$A, \text{ кВт} \cdot \text{ч/га}$

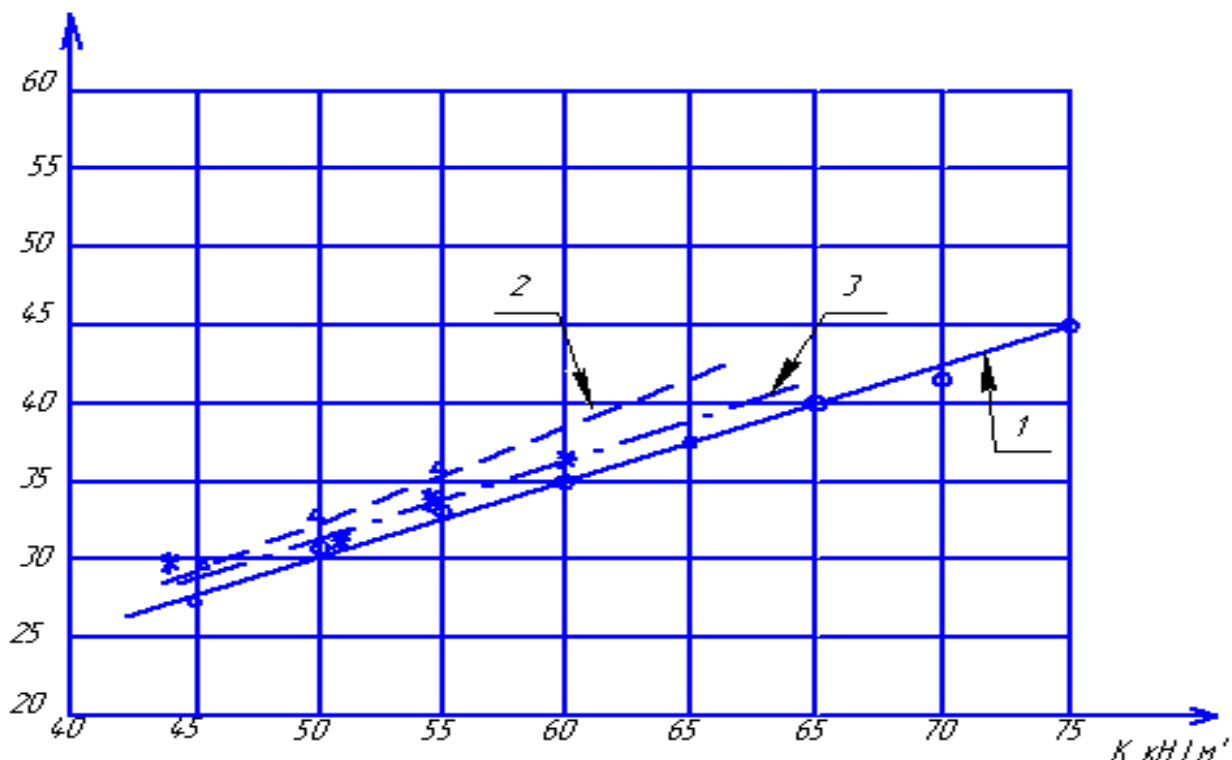


Рисунок 1. Зависимость полезной энергоёмкости на вспашке от удельного сопротивления: 1 – расчет по формуле (3); 2 – расчет по формуле (6), агрегат БЕЛАРУС 80.1+ПЛН-3-35; 3 – расчет по формуле (6), агрегат БЕЛАРУС 1522+ПЛН-6-35.

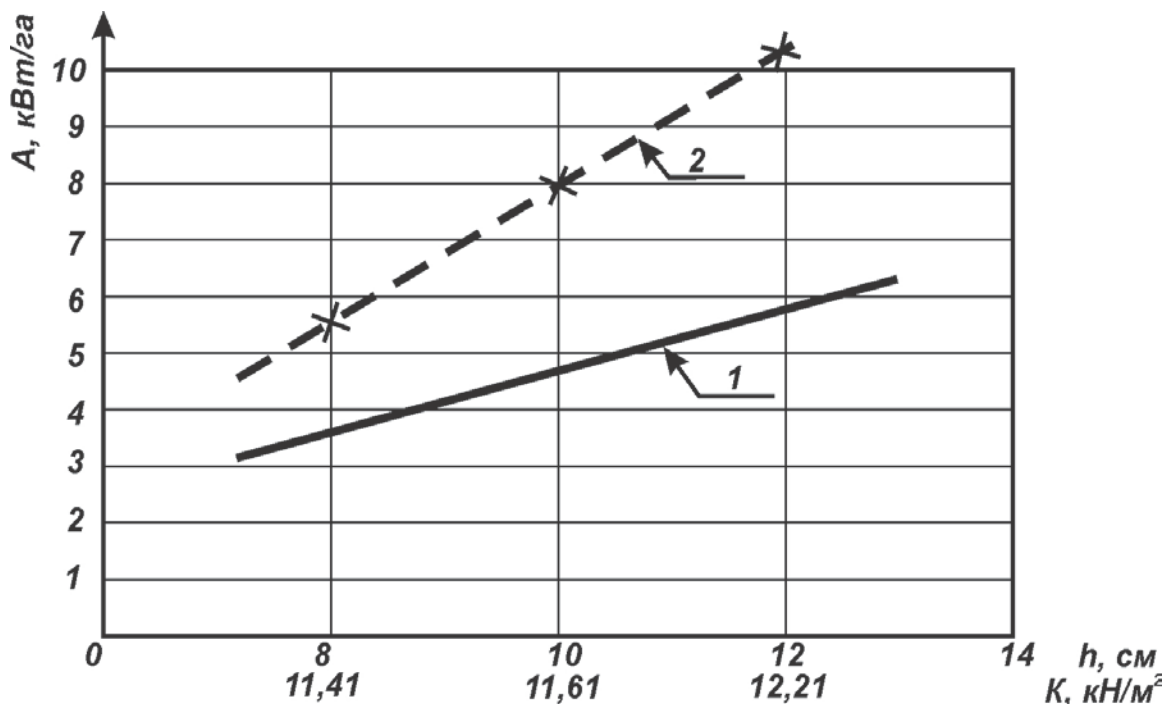


Рисунок 2. Зависимость энергоемкости на культивации (агрегат БЕЛАРУС-80.1+КПС-4):
1 – расчет по формуле (3); 2 – расчет по формуле (6)

Следует отметить, что все данные по обоим типам пахотных агрегатов практически совпадают, поэтому расчеты, проводимые по формулам (3, 6) для вспашки, независимо от состава агрегата, являются приемлемыми и могут использоваться для оценки их удельной энергоемкости.

Расчетные данные (рис. 2) соответствуют культивации агрегатом БЕЛАРУС- 80.1+КПС-4. Зависимость (1) соответствует данным, рассчитанным по формуле (3), зависимость (2) – по формуле (6).

Следует отметить, что расчеты по формуле (3, линия 1) показывают, что удельная энергоемкость изменяется от 3,5 до 6 кВт · ч/га при изменении глубины обработки h от 8 до 14 см, а по формуле (6) – от 5,5 до 11 кВт · ч/га. Такое отличие данных можно объяснить тем, что в формуле (6) значение коэффициентов $\eta_e, \eta_{Ne}, \eta_T$ по разным источникам имеет значительный разброс. Так, коэффициент η_{Ne} изменяется от 0,65 при $h=8$ см, до 0,75 при $h=14$ см, η_e – от 0,32 до 0,45, η_T – от 0,60 до 0,70.

Заключение

1. Аналитические зависимости для расчетов удельной энергоемкости МТА позволяют получить данные для оценки их эффективности на стадии комплектования агрегатов.

2. Выполненные расчеты по формулам (3, 6) для пахотных агрегатов БЕЛАРУС-1522+ПЛН-6-35 позволили получить данные по удельной энергоемкости, незначительно отличающиеся в рассматриваемом диапазоне удельного сопротивления почв при вспаш-

ке. Значение удельной энергоемкости колеблется в пределах 27-45 кВт · ч/га при $K_{пл} = 45-75$ кН/м².

3. При культивации почвы агрегатом БЕЛАРУС-80.1+КПС-4 расчетные данные имеют различные (до 2-х раз) значения при расчете по формулам (3, 6). Меньшее значение энергоемкости получено по формуле (3) и большее – по формуле (6). Это объясняется значительным разбросом данных, входящих в формулу (6) коэффициентов, которые для повышения точности расчетов необходимо определять экспериментально для конкретного состава агрегата и почвенно-климатических и агротехнических условий работы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ляхов, А.П. Эксплуатация машинно-тракторного парка / А.П. Ляхов, А.В. Новиков; под ред. Ю.В. Бudyko. – Минск: Ураджай, 1991. – 334 с.
2. Коженкова, К.И. Технология механизированных сельскохозяйственных работ / К.И. Коженкова, Ю.В. Бudyko, Г.Ф. Добыш. – Минск: Ураджай, 1988. – 375 с.
3. Единые нормы выработки и расхода топлива на механизированные полевые работы в сельском хозяйстве. – М.: Колос, 1982. – 415 с.
4. Автомобильные и тракторные двигатели / И.М. Ленин [и др.]; под общ. ред. проф. И.М. Ленина. – М.: Высшая школа, 1969. – 655 с.
5. Синеоков, Г.Н. Проектирование почвообрабатывающих машин / Г.Н. Синеоков. – М.: Машиностроение, 1965. – 308 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 07.06.2017

УДК 664.7

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СУХИХ ЗАВТРАКОВ

Г.И. Касьянов,

профессор каф. технологии продуктов питания животного происхождения Кубанского государственного технологического университета (г. Краснодар, Россия), докт. техн. наук, профессор

Е.П. Франко,

доцент каф. инновационного развития АПК ИПК БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

К.Ш. Сакибаев,

доцент каф. технологии пищевых и сельскохозяйственных производств Ошского технологического университета им. М.М. Адышева (Кыргызстан), канд. техн. наук, доцент

В статье рассматриваются вопросы модернизации технологии и оборудования для производства сухих завтраков. Предлагаются способы подготовки к экструзии легко окисляемого на воздухе зернового и орехового сырья, а также рецептуры сухих завтраков. К объектам исследования отнесен анализ существующих технологических схем, зерновое, фруктовое и ореховое сырье. В качестве методов исследования использованы как классические методы по определению состава белков, липидов и углеводов, так и современные инструментальные способы оценки качественного состава сырья, полуфабрикатов и готовой продукции. Разработанная технология и рецептуры имеют большие перспективы для внедрения в производство.

Ключевые слова: сухие завтраки, технология, оборудование, экструдеры, сухофрукты, орехи, CO₂-экстракты, CO₂-шроты.

The article considers the issues of technology and equipment modernization for dry breakfasts production. Methods of preparation of easily oxidized in air grain and nut raw materials for extrusion, as well as recipes for dry breakfasts are proposed. The objects of the research are analysis of existing technological schemes, grain, fruit and nut raw materials. As methods of research, both classical methods for determining the composition of proteins, lipids and carbohydrates, as well as modern instrumental methods for evaluating the qualitative composition of raw materials, semi-finished products and finished products are used. The article states that this developed technology and recipes have great prospects for implementation into production.

Keywords: dry breakfasts, technology, equipment, extruders, dried fruits, nuts, CO₂-extracts, CO₂-meal.

Введение

Рынок сухих завтраков стран СНГ имеет несколько потребительских сегментов – продукцию для детей, для всей семьи и здорового питания [1, 10]. Постоянно усиливающаяся популярность здорового образа жизни привела к увеличению на рынке сегмента низкокалорийных сухих завтраков [2, 3]. Большое внимание уделяется контролю качества пищевых продуктов [4].

В настоящее время производством и продажей сухих завтраков занимаются несколько российских компаний: кондитерская фабрика «Камская» (Пермь); ОАО «Любятово» (ст. Северская, Краснодарского края); ООО «РК Европрестиж» (Московская обл.); «Увелка» (ООО «Ресурс», Челябинская обл.); ОАО «Русский продукт» (Москва); ООО «Квантсервер» (Бийск) и локализовавшиеся в России иностранные фирмы – ООО «Нестле Россия»; ООО «Келлогг Рус» (концерн «Любятово»); ОАО «Завод Пак Тайм»; ООО «Сириал Партнерс Рус» (CPW) [11].

В Республике Беларусь сухие завтраки выпускают: кондитерская фабрика «Витьба»; Брестский филиал ЧП «Хартия»; СП ОАО Кондитерская фабрика «Спартак» (Гомель); Алюм ОДО (Витебск); ОАО «Барановичский комбинат пищевых продуктов» и другие.

В Республике Кыргызстан производство сухих завтраков в крупных масштабах пока не организовано и в торговой сети имеется продукция из России, Беларуси и Украины.

Разработке технологии производства сухих готовых завтраков с различными добавками посвящен ряд публикаций [5, 6, 8, 9]. Требования к качеству и безопасности сухих готовых завтраков соответствуют статьям Технического регламента Таможенного союза [7].

Проблема рационального использования местного растительного сырья для производства сухих завтраков особенно актуальна для населенных пунктов с небольшим количеством жителей. Так, например, если г. Краснодар и другие города-миллионеры России практически не увеличивают производство и потребление сухих завтраков, то небольшие города, к которым отно-

сится г. Ош Кыргызской Республики с населением в 250 тыс. чел., имеют большой потенциал для реализации таких продуктов в торговой сети. В Кыргызской Республике пищевая промышленность занимается переработкой местного сырья и относится к приоритетным отраслям, занимая 20 % экспортного объема.

В Кыргызской Республике глубокую переработку кукурузы успешно осуществляют на Ак-Суйском кукурузоперерабатывающем сахарном комбинате (АКПСК), единственном в Центральной Азии. С учетом потенциальных возможностей сельского хозяйства и пищевой промышленности Кыргызстана, целесообразно организовать здесь выпуск сухих завтраков из местного сырья.

Известны следующие виды экструзионной обработки растительного сырья:

1. Холодноэкструзионный способ с механическими изменениями в сырье при медленном перемещении продукта под давлением по каналу экструдера и последующем формированием его в заданную форму.

2. Теплоэкструзионный способ, когда наряду с механическим, на продукт оказывается тепловое воздействие.

3. Горячэкструзионный способ, отличающийся высокими скоростями и давлением, приводящий к глубоким изменениям структуры продукта при преобразовании механической энергии в тепловую.

Для формирования пищевых продуктов предусмотрено использование дисковых, поршневых, валковых, шнековых, шестеренчатых и комбинированных экструдеров, ротационных монпансейных, штампующих, карамельштампующих, а также отливочных и отсадочных машин. Для комплектации линий предусмотрено применение карусельных, гидравлических, шнековых, валковых, поршневых и шестеренчатых прессов. Для нарезания пластов заготовок предложено использование струнных, пластинчатых, дисковых и цепных машин.

По типу рабочего органа экструдеры делятся на дисковые, поршневые, валковые, одношнековые, винтовые, многошнековые, шестеренчатые, комбинированные. Необходимость усовершенствования существующих технологий и оборудования для производства сухих зерновых завтраков вызвана тем, что в погоне за прибылью и благодаря безудержной рекламе, производители снеков нарушают принципы здорового питания. Выполненный авторами публикации обзор патентно-информационной литературы показал, что ряд технологических операций при подготовке сырья к экструзии, приводит к удалению многих полезных веществ и клетчатки. Обжаривание снеков на пальмовом или гидролизованном масле приводит к повышенному содержанию жира в продукте и способствует повышению содержания холестерина в крови. Включение в состав сухих завтраков пищевых добавок повышает их калорийность и способствует ожирению. Использование в рецептурном составе синтетических ароматизаторов, идентичных натуральным, усилителей вкуса, разрыхлителей, подсластителей может приносить вред организму детей и взрослых.

Основная часть

В настоящее время технология производства многокомпонентных сухих завтраков разработана достаточно полно, за исключением проблем с высокотемпературным воздействием на термолабильное сырье в процессе экструзии, быстрым окислением липидной части орехового сырья и ограниченными сроками хранения готовой продукции. Авторы предложили оригинальное решение этих проблем за счет опыта использования газожидкостных технологий. Так, например, снизить величину теплового воздействия на сырье в канале экструдера стало возможным за счет подведения в рабочую зону шнека жидкого диоксида углерода. При этом сырье, переходя в третью зону экструдера, быстро охлаждается, и под большим давлением резко увеличивается в объеме, выходя из фильера. Проблему снижения степени окисления липидов (полиненасыщенных жирных кислот) предложено решить применением способа субкритической CO_2 -экстракции орехового сырья, выделяющей жироподобную часть в форме CO_2 -экстракта, а обезжиренный шрот направлять на изготовление сухих завтраков. Побочным эффектом газожидкостных технологий является холодная стерилизация сырья, что позволяет продлить сроки хранения готовой продукции. Перечисленные технологические приемы обеспечивают высокую актуальность работы и ее востребованность при производстве сухих завтраков.

Цель исследований заключается в расширении ассортимента специализированных сухих завтраков на основе зерна, фруктов и орехов для людей с высокой физической и умственной нагрузкой. Задачами исследования явилась модернизация технологии и оборудования для производства сухих завтраков, разработка способов подготовки легко окисляемого на воздухе орехового сырья к экструзии, разработка рецептур сухих завтраков для людей с высокой физической и умственной нагрузкой. В объекты исследования выделен анализ существующих технологических схем, зерновое, фруктовое и ореховое сырье. Из методов исследования использованы как классические по определению состава белков, липидов и углеводов, так и современные инструментальные, по оценке качественного состава сырья, полуфабрикатов и готовой продукции. К практическим результатам исследования относится модернизация технологии и оборудования для производства сухих завтраков.

Авторская идея заключалась в использовании газожидкостной обработки сырья, входящего в состав рецептур сухих завтраков, с целью стабилизации его состава и удаления нежелательной микрофлоры. Для снижения величины теплового воздействия на сырье в канале экструдера предложено подводить в рабочую зону шнека жидкий диоксид углерода, что позволяет быстро охлаждать сырье в третьей зоне экструдера, выдавливать его из фильера под большим давлением, стерилизовать сырье и измельчать его до порошкообразного состояния. На рис. 1 приведена модернизированная авторами аппаратурно-технологическая схема

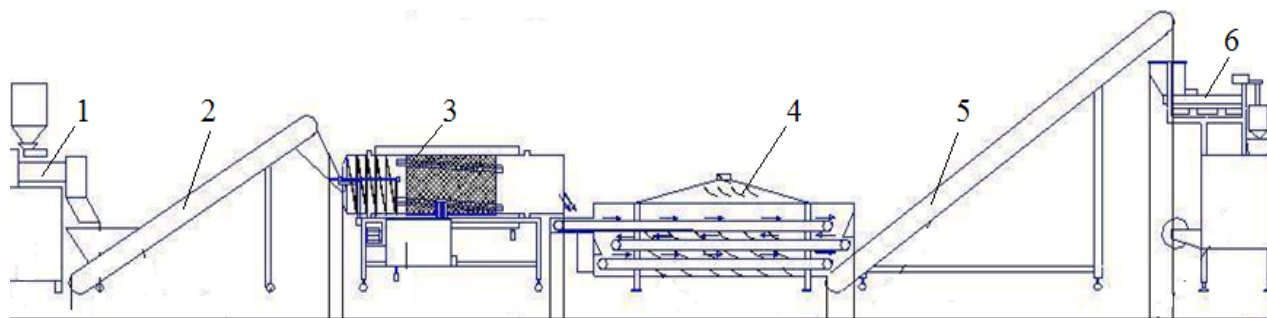


Рисунок 1. Аппаратурно-технологическая схема производства сухих завтраков:
1-экструдер с CO₂-подкачкой; 2,5-конвейер, 3-формовочный барабан, 4-сушилка,
6-упаковочная машина

производства сухих завтраков из предварительно под-
готовленного зернового и орехового сырья.

К основным этапам технологии сухих завтраков
относится предварительная подготовка зернового и
орехового сырья с удалением части жирного масла с
помощью жидкого диоксида углерода. Другие виды
растительного сырья обезживаются в вакуумной
инфракрасной сушилке. Применение способа субкри-
тической CO₂-экстракции жироподобных веществ из
зернового и орехового сырья позволило получить до-
полнительный продукт в виде CO₂-экстрактов, а обез-
жиренный CO₂-шрот использовать для изготовления
сухих завтраков. Такой технологический прием позво-
лил осуществить процесс холодной стерилизации сы-
рья, что продлило сроки хранения готовой продукции.
Немаловажным является и то обстоятельство, что CO₂-
экстракты из семян злаков и орехов весьма востребо-
ваны в косметической отрасли, что позволило снизить
себестоимость сухих завтраков из CO₂-шротов.

Подготовленное соответствующим образом расти-
тельное сырье направляется в двухшнековый экструдер
1, затем поступает в формовочный барабан 3 и сушилку
4 для досушивания. Готовый продукт фасу-
ется в герметичные пакеты из биоразлагае-
мой пленки в упаковочной машине 5.

Предложенные авторами инновацион-
ные технические решения по CO₂-
обработке позволили в максимальной мере
сохранить в стабильном состоянии белки,
витамины и минералы сухих завтраков.

В таблице 1 представлены оригиналь-
ные рецептуры сухих завтраков, которые
созданы с использованием местного сырья.
Анализ химического состава сухих завтра-
ков осуществлялся на приборах Центра кол-
лективного пользования Института пищевой
и перерабатывающей промышленности Ку-
банского государственного технологическо-
го университета (г. Краснодар, РФ).

Приведенные в табл. 1 крупы и орехи
представляют собой обезжиренные шро-
ты, прошедшие CO₂-обработку. Благодаря
такой обработке основные компоненты
сухих завтраков не только стерильны, но и

не содержат легко окисляемых компонентов.

В табл. 2 показана массовая доля ценных компо-
нентов в рецептурах сухих завтраков «Кукуруза с
черносливом и грецким орехом», «Рис с курагой и
фисташками» и «Гречка с инжиром и миндалем».

Врачи-диетологи рекомендуют натуральное,
сбалансированное по составу питание. К главным
критериям здорового питания относится разнообра-
зие потребляемых продуктов в течение дня и недели.
Важно также соблюдать пропорциональность эле-
ментов питания, учитывать индивидуальность орга-
низма, умеренность в еде и не пренебрегать двига-
тельной активностью.

Как видно из данных табл. 2, благодаря рацио-
нальному подбору компонентов в разработанных ре-
цептурах, готовые продукты соответствуют основ-
ным критериям здорового питания (оптимальное со-
отношение всех нутриентов). Описанная технология
апробирована в опытно-промышленных условиях
экстракционного завода ООО «Компания Караван»
(г. Краснодар) и ООО «Сухие Завтраки» (станция
Северская, Краснодарский край).

Таблица 1. Рецептуры сухих завтраков из
зернового и орехового сырья

Компоненты	Рецептуры сухих завтраков, %		
	Кукуруза с черносливом и грецким орехом	Рис с курагой и фисташка- ми	Гречка с инжиром и миндалем
Крупа кукурузная	70		2
Крупа рисовая		65	
Крупа гречневая			60
Картофель	10	10	10
Чернослив без ко- сточек	5	3	2
Курага		5	3
Инжир сушеный			5
Грецкий орех	5		
Фисташки		5	
Миндаль			5
Пищевые волокна	3	6	6,5
Зостерин	2	1	1,5
Сахар	3	3	3
Соль поваренная	2	2	2

**Таблица 2. Химический состав сухих
завтраков**

Наименование показателей	Значение показателей		
	Кукуруза с черносливом и грецким орехом	Рис с курагой и фисташка- ми	Гречка с инжиром и миндалем
Влага, г/100 г	8,4±0,35	9,0±0,42	8,6±9,37
Белки, г	12,4±0,07	13,6±0,02	11,8±0,03
Жиры, г	15,9±0,43	14,8±0,21	14,2±0,33
Углеводы, г	36,3±1,22	39,2±1,43	34,2±1,32
Пищевые волокна, г	4,8±0,93	6,1±0,78	9,2±0,63
Минеральные веще- ства, г	11,4±0,2	12,3±0,2	14,1±0,4
Витамины, мг			
β-каротин	21,3±0,29	18,4±0,21	19,4±0,32
Витамин В ₁	0,29±0,03	0,31±0,09	0,23±0,12
Витамин В ₂	0,16±0,02	0,11±0,03	0,09±0,03
Витамин В ₆	0,16±0,03	0,18±0,02	0,13±0,04
Витамин В ₉ , мкг	35,6±0,4	29,7±0,3	31,3±0,5
Витамин Е	10,63±0,6	12,33±0,5	9,8±0,2
Витамин РР	0,47±0,06	0,53±0,08	0,61±0,06
Макроэлементы, мг			
Калий	178±18,36	220±11,45	139±5,64
Кальций	150±15,25	173±17,15	210±23,16
Магний	73,3±3,26	81,1±4,12	86,5±3,38
Натрий	37±0,4	39±0,3	36±0,3
Фосфор	192±16,6	240±19,2	260±23,0
Микроэлементы			
Железо, мг	2,49±0,04	4,11±0,02	3,82±0,3
Марганец, мг	0,73±0,04	0,78±0,04	0,63±0,03
Медь, мкг	66,5±0,32	44,6±0,13	48,1±0,22
Селен, мкг	3,8±0,007	4,1±0,010	3,6±0,005

Заключение

Выполненные исследования дают основание полагать, что экструзионная технология позволяет получить сухие завтраки из местного растительного сырья. Предложенные авторами новые технологические приемы и модернизация существующего оборудования обеспечивают непрерывность процесса переработки разнообразного по свойствам и составу зернового, плодового и орехового сырья. Низкотемпературный процесс экструзии за счет использования диоксида углерода дает возможность получить сухие завтраки с рациональным содержанием нутриентов. На разработанные технологии и рецептуры сухих завтраков утверждена техническая документация, согласованная с предприятиями-изготовителями сухих завтраков.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Значение экструзионной технологии в производстве пищевых продуктов / М.Ж. Кизатова [и др.] // Вестник Алма-Атинского технологического университета, 2013. – № 2. – С. 58-62.
2. Технология новых видов сухих завтраков / А.А. Королев [и др.] // Продукты длительного хранения: консервированные, упакованные в вакууме, быстрозамороженные, сушеные, 2009. – № 2. – С. 4-6.
3. Экструзионные продукты профилактического назначения / В.В. Мартиросян [и др.] // Вопросы питания, 2016. – Т. 85. – № 2. – С. 294.
4. Гузач, О.М. Управление качеством и безопасностью продукции на перерабатывающем предприятии / О.М. Гузач, Д.И. Лаптик, Т.В. Лаптик, Е.С. Пашкова, Л.А. Расолько // Переработка и управление качеством сельскохозяйственной продукции: сб. науч. статей II межд. науч.-практич. конф. – Минск: БГАТУ, 2015. – С. 58-60.
5. Михайлова, И.А. Исследование и разработка технологии сухого гранулированного завтрака на основе творожной сыворотки: автореф...дис. канд. техн. наук / И.А. Михайлова. – Кемерово: КемТИПП, 2014. – 24 с.
6. Остриков, А.Н. Математическое моделирование течения аномально-вязких сред в каналах экструдера / А.Н. Остриков, О.В. Абрамов, В.Н. Василенко, А.С. Попов. – Воронеж: ВГУ, 2010. – 240 с.
7. Гранулированный продукт и способ его получения: патент РФ 2543148, МПК А 23 Р 1/12 / Р.В. Плотнокова, Н.Г. Гринченко, О.В. Мороз, Е.П. Пивоваров; заявл. 21.08.2012; опубл. 27.02.2015 // Бюл. № 6.
8. О безопасности пищевой продукции: ТР ТС 021/2011. – Утв. 09.12.2011. № 880.
9. Чаплинский, В.В. Разработка технологии производства сухих готовых завтраков с фитодобавками / В.В. Чаплинский, И.В. Захаров, А.А. Лукин // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов, 2014. – № 1. – С. 76-83.
10. Чеботарев, О.Н. Техника и технология крупы, крупяных концентратов и сухих завтраков / О.Н. Чеботарев, А.Ю. Шаззо. – Краснодар: КубГТУ. – 2016. – 227 с.
11. Усень, Ю.С. Новые виды сухих завтраков функционального назначения / Ю.С. Усень, П.В. Филатова // Пищевая промышленность. Наука и технологии, 2015. – № 4. – С. 82-85.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 21.04.2017

УДК 338.43(574)

К ВОПРОСУ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ КЛАСТЕРНОГО РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИКИ КАРТОФЕЛЕПРОДУКТОВОГО ПОДКОМПЛЕКСА БЕЛАРУСИ

И.В. Кулага,

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

Л.А. Лопатнюк,

доцент каф. информационных технологий и моделирования экономических процессов БГАТУ, канд. экон. наук

А.В. Ковтунов,

заместитель декана факультета предпринимательства и управления БГАТУ, канд. экон. наук

Авторами статьи определены особенности и преимущества кластерной модели организации агропромышленного производства, представлены – функция, описывающая целесообразность создания кластера в картофелепродуктовом подкомплексе, механизм, регулирующий экономические отношения его участников с учетом обеспечения последним паритетных отношений.

Ключевые слова: агропромышленное производство, кластер, картофелепродуктовый подкомплекс, экономический механизм, эффективность.

The authors of the article have determined cluster model features and advantages of agro-industrial production organization. They have presented a function describing the practicality of creating cluster in potato sub complex as well as mechanism that regulates the economic relations of its participants, taking into account ensuring parity.

Keywords: agro-industrial production, cluster, potato-product sub complex, economic mechanism, effectiveness.

Введение

Осуществление преобразований в аграрной сфере Республики Беларусь с начала 90-х годов было направлено на сохранение и укрепление крупнотоварного сельскохозяйственного производства, как основы обеспечения продовольственной безопасности страны, посредством его технического, технологического, инновационного перевооружения, совершенствования организационно-экономической системы функционирования агропромышленного комплекса. На первоначальном этапе проведения аграрной реформы основная задача заключалась в изменении организационно-правовых форм хозяйствования, создании необходимых условий для развития аграрного бизнеса. На смену колхозно-совхозной системе пришли новые формы предпринимательства и частная собственность. В настоящее время юридические лица в сфере агропромышленного производства могут основываться как на государственной, так и на частной формах собственности, иметь различный организационно-правовой статус. Организационно-правовая основа их создания достаточно полно в той или иной степени определяется гражданским законодательством, а специфика находит свое отражение в нормах аграрного права.

На современном этапе развития агропромышленного производства возникла объективная потребность в переходе на новый уровень организационно-экономического взаимодействия субъектов хозяй-

ствования АПК, которая нашла отражение в идее создания кластерных структур и стала одной из приоритетных задач аграрной политики государства. С этой целью в статье определены преимущества организации агрокластерных формирований, представлен механизм, регулирующий экономические отношения участников картофелепродуктового кластера на основе взаимовыгодного сотрудничества.

Основная часть

В Государственной программе развития аграрного бизнеса в Беларуси на 2016-2020 гг. предусматривается создание продуктовых агропромышленных формирований и повышение на этой основе эффективности работы предприятий. Национальное законодательство допускает создание различных объединений, субъектный состав которых разнообразен: предусматривается возможность их формирования, как исключительно с участием юридических лиц различных организационно-правовых форм, так и с участием юридических лиц и индивидуальных предпринимателей. Одни из них признаются самостоятельными хозяйствующими субъектами, имеющими статус юридического лица (ассоциации и союзы, а также государственные объединения), другие же (хозяйственные группы, холдинги) юридическими лицами не являются. Основные программные документы социально-экономического развития страны (в их числе Государственная программа инновационного развития Республики Беларусь на 2011-2015 гг., Стратегия

привлечения прямых иностранных инвестиций на период до 2015 г.) определяют также создание кластеров, как один из приоритетов экономической политики государства.

Предпосылками кластерного развития экономики Беларуси стало реформирование отношений собственности, предусматривающее формирование значительного сектора малого и среднего предпринимательства, инвестиционно-структурная перестройка, направленная на постепенное замещение традиционных отраслей, исчерпавших свой жизненный цикл на существующей технологической базе, отраслями высокотехнологического сектора, использующими технологии V-го и VI-го технологических укладов. Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 16 января 2014 г. № 27 утверждены Концепция формирования и развития кластеров в Республике Беларусь, а также мероприятия по ее реализации [1]. Концепция разработана в целях оценки имеющегося потенциала национальной экономики и определения механизмов стимулирования ее кластерного развития в 2013-2015 годах и на период до 2020 года. Целью государственной кластерной политики является создание условий для повышения уровня конкурентоспособности белорусской экономики посредством внедрения кластерной модели ее развития. Предусматривается государственная поддержка путем субсидирования затрат на создание и организацию деятельности центров кластерного развития, а также части затрат на создание специализированной инфраструктуры (организация деятельности центров коллективного пользования оборудованием, испытательных лабораторий и т. д.).

Проведенное исследование позволило выделить особенности кластерной модели организации агропромышленного производства:

- территориальная концентрация специализированных субъектов, обеспечивающих производство продукции по одной производственной цепи (в фундаментальном труде «Конкуренция» М.Э. Портер представляет кластер как «...группу географически соседствующих взаимосвязанных компаний и связанных с ними организаций, действующих в определенной сфере и характеризующихся общностью деятельности и взаимодополняющих друг друга» [2]);
- внутрикластерная конкуренция (стимулирует формирование устойчивых конкурентных преимуществ у организаций – участников);
- информационное взаимодействие (единое информационное пространство взаимодействия участников, объединенных производственными процессами);
- устойчивость хозяйственных связей (обеспечивается сбалансированностью целевых интересов);
- сонаправленное развитие (единый вектор развития субъектов кластера обеспечивается на основе его базовой концепции);
- наличие горизонтальных и вертикальных связей между сельскохозяйственными, перерабатывающими, научными организациями и структурами государственного управления;

– инновационная направленность совместной деятельности участников (обеспечение товаропроизводителей инновационными технологиями производства продукции, их внедрением на этапах агропроизводственного процесса, начиная от подготовительных работ, заканчивая реализацией продовольствия);

– возможность проявления синергетического эффекта на основе интегрированности в соответствии с законом эмерджентности (появление новых предпринимательских результатов, которые не могли быть получены обособленными хозяйствующими единицами).

Кластерная форма организации агропромышленного производства имеет социально-экономические преимущества, проявляющиеся на различных уровнях экономики (рис. 1).

В настоящее время в нашей стране существует успешный опыт реализации кластерной модели развития в ИТ-индустрии (на базе научно-технологической ассоциации «Инфопарк» и Парка высоких технологий), в 2013 году создана Республиканская ассоциация наноиндустрии, в которую входят более 20 организаций различных форм собственности и ведомственной подчиненности, осуществляющих разработку и производство нанотехнологической продукции. В то же время в агропромышленном комплексе республики кластеры существуют пока с приставкой «потенциальный». Так, согласно стратегии привлечения в страну прямых иностранных инвестиций, только планируется создание кластера по производству льнопродукции. Не созданы кластерные структуры в картофелепродуктовом подкомплексе АПК, хотя значимость такой модели организации агропромышленного производства доказана теорией и зарубежной практикой Германии, Нидерландов, Польши. Эффективно функционирует российский «Картофельный Союз», объединивший в своем составе семеноводство картофеля, его производство и переработку, логистику и сбыт.

Анализ современного состояния картофелепродуктового подкомплекса выявил недостаточный материально-технический и организационно-экономический потенциал большинства картофелеперерабатывающих предприятий и сельскохозяйственных товаропроизводителей, разобщенность их экономических интересов, отсутствие опыта формирования в подкомплексе кластерных структур и управления ими (исключение составляет единственная в республике ассоциация производителей и экспортеров картофеля и плодоовощной продукции «Картофельплодоовощ», хотя и она нуждается в реорганизации, согласно современным требованиям времени).

В данной ситуации необходимо активизировать процесс создания интегрированных формирований и, в качестве первоочередной цели, следует определить одну из его главных функций – координацию производственной деятельности картофелепроизводителей и переработчиков, совершенствование взаимоотношений между ними. Для решения этих задач на современном этапе развития агроэкономики в картофелепродукто-



Рисунок 1. Преимущества кластерной модели организации производства в АПК

вом подкомплексе целесообразно создавать кластерные объединения в форме ассоциаций, налаживать их эффективное функционирование, вырабатывать у руководителей и специалистов предприятий навыки совместной деятельности по решению целевых императивов, возможность предпосылок создания в дальнейшем более сложных формирований.

При переходе от простейших организационных форм объединений (товариществ, ассоциаций) к более сложным (холдинги, аграрные финансово-промышленные группы), трудности их создания существенно возрастают и увеличиваются возможности по организации высокоэффективного и конкурентоспособного агропромышленного производства. Отсюда логичен вывод о том, что начинать кластеризацию следует с более простых форм и по мере их освоения переходить к более сложным, соответствующим целям создания объединения. «Перепрыгивание» через этапы кластеризации не сократит преобразовательный период, а наоборот, удлинит его, уменьшив положительный эффект.

Очевидно, что не может быть строго заданной системы взаимосвязей, кроме того, не всегда можно четко охарактеризовать принадлежность кластера к той или иной организационно-правовой форме, поскольку в каждом из них непрерывно протекают процессы изменения организационно-управленческой структуры, функций отдельных звеньев, как на основе более тесного сотрудничества, так и обособления, совершенствуется механизм экономических и технологических взаимоотношений. Главное, чтобы организационная структура позволяла ее участникам адаптироваться к изменениям внешнеэкономической среды (конкуренция, хозяйственное право, политика государства), эффективно добиваться целей своей деятельности.

Формирование кластерных структур в картофелепродуктовом подкомплексе необходимо осуществлять с соблюдением следующих научных подходов:

- экономическая целесообразность;
- оптимальное сочетание укладов и форм хозяйствования;
- преемственность по отношению к сложившимся организационно-правовым формам предприятий;
- свобода выбора участниками кооперации приемлемых для них форм кластерного объединения.

Для обоснования целесообразности создания картофелепродуктового кластера необходимо получение оценки результативности его деятельности до момента непосредственного объединения предприятий. Прогноз эффективности хозяйствования предприятий и создаваемой структуры следует проводить в рамках расчетов одних и тех же экономических показателей, отражающих результаты их деятельности, например, добавленной стоимости, прибыли от продаж, себестоимости, рентабельности.

Целесообразность и эффективность процесса кластеризации может и должна быть обоснована наличием прироста совокупного эффекта, полученного от совместной деятельности, превышающего сумму индивидуальных эффектов всех участников формирования, рассчитанного так, как если бы они были обособленными организациями. Функция, описывающая целесообразность создания кластера, имеет вид:

$$\mathcal{E}_c = \sum_{i=1}^n \mathcal{E}_i + \Delta \mathcal{E} \rightarrow \max, \quad (1)$$

где $\mathcal{E}_c$ – совокупный эффект;

$\mathcal{E}_i$ – эффект i-го участника кластерного объединения;

$\Delta \mathcal{E}$ – синергетический (дополнительный) эффект, полученный в результате кластеризации;

n – количество участников.

Синергетический эффект образуется за счет углубления и совершенствования производственно-экономических связей между элементами системы, сокращения потерь картофеля, повышения качества и ускорения процесса реализации конечной продукции (картофеля, крахмала, картофелепродуктов, побочных продуктов переработки), снижения расходов на ее производство, расширения возможностей привлечения инвестиционного и оборотного капитала. В сложившейся экономической ситуации непосредственные производители продовольствия (предприятия отраслей картофелепродуктового подкомплекса) не в состоянии в полной мере самостоятельно улучшить ситуацию в инвестиционной сфере. В то же время решение проблемы лежит в плоскости привлечения общих механизмов финансового оздоровления и стимулирования роста агропромышленного производства на основе повышения его доходности и усиления роли собственных накоплений товаропроизводителей, а также формирования многоканальной инвестиционной среды с привлечением различных источников финансирования капитальных вложений.

Критериями целесообразности вступления обособленной организации в кластерную структуру должно являться одно из следующих пар условий:

$$\Delta i \rightarrow \max, \Delta \Delta \rightarrow \max, \quad (2)$$

т.е. в результате кластеризации возрастают индивидуальные эффекты участников формирования и увеличивается синергетический (дополнительный) эффект

$$\Delta c \rightarrow \max, \Delta \Delta \rightarrow \max, \quad (3)$$

т.е. увеличиваются суммарный и синергетический эффекты от кооперации.

В данном случае индивидуальные эффекты некоторых участников могут снижаться, но при условии, что эта потеря позволяет достигать превышающего данную потерю роста синергетического и совокупного эффектов. Например, при снижении отпускных цен для субъектов кластера – продавцов картофеля, уменьшается прибыль, но вместе с тем у покупателей (картофелеперерабатывающих предприятий) в рамках данного объединения снижаются совокупные издержки. Следовательно, потеря прибыли у одних участников отражается ее увеличением у других. То есть, прибыль от сделки перераспределяется между организациями внутри формирования.

При наличии прироста совокупного эффекта от совместной деятельности в целом по картофелепродуктовому кластеру, само кооперирование может носить негативный характер, поскольку при распределении дохода от деятельности могут ущемляться интересы отдельных участников. По этой причине проблема кластерного формирования связана с оптимизацией механизма регулирования экономических отношений между его субъектами. Его сущность состоит в установлении сотрудничества в совместном производстве на основе взаимной выгоды. Критерием взаимной выгоды экономических отношений

принято считать «индивидуальный вклад» отдельных участников в конечный результат производства.

Экономический вклад каждого подразделения в конечный результат определяется одним из трех методов: нормативно-затратным, нормативно-ценовым и нормативно-ресурсным. При распределении конечных результатов между партнерами картофелепродуктового кластера, в зависимости от принятой системы взаиморасчетов, могут иметь место разные варианты. Так, если продукция на промежуточных этапах технологического цикла передается по договорным ценам, то в конце расчетного периода (года, квартала) между участниками кооперации распределяется полученная кластерным формированием прибыль. При другом варианте, когда цены для расчетов предварительно не устанавливаются, между партнерами кластера распределяется выручка, полученная от реализации продукции.

В целях устранения непаритетных отношений между картофелеводческими хозяйствами, перерабатывающими, торговыми и другими предприятиями, авторами публикации рекомендованы следующие критерии объективного распределения совокупного дохода:

– *доля затрат предприятий в общей себестоимости продукции.* При ее расчете из затрат следует исключить: в сфере производства – стоимость заготовленного картофеля; в торговле – стоимость продуктов в отпускных ценах картофелеперерабатывающего предприятия;

– *соотношение расходов по использованию основных производственных фондов* (затраты на амортизацию) в картофелеводстве, переработке и торговле;

– *удельный вес каждого участника в суммарных трудовых затратах применительно к конкретному продукту.* Сопоставление трудовых затрат в различных предприятиях целесообразно производить в натуральном измерении – человеко-часах, поскольку стоимостной показатель – оплата труда – в настоящее время недостаточно объективен.

Выбор того или иного показателя во многом зависит от конкретной экономической ситуации и может совершенствоваться в динамике. Так, например, в период, когда коллективы предприятий находятся в сложном экономическом положении, полученный доход используют в основном на покрытие текущих затрат и формирование фонда потребления, предпочтение можно отдать показателю соотношения трудовых затрат. С улучшением экономической ситуации и появлением возможности, часть полученной выручки следует направлять на обновление или расширение производства, приоритет может получить критерий долевого участия в расходах по использованию основных средств производственного назначения. Вариант распределения дохода, основанный на определении доли затрат предприятий в общей себестоимости готовой продукции, наиболее универсален, применим к различной экономической ситуации.

Вклад партнеров должен объективно оцениваться, то есть не по сложившимся издержкам, а планомерно-нормативным, учитывающим использование в произ-

водстве возможных новаций и связанные с ними прогрессивные нормативы потребления материальных и трудовых ресурсов. Такое положение будет побуждать предприятия к поиску и использованию прогрессивных технических, технологических и организационно-экономических решений по организации производства.

Методика расчета вклада каждого участника зависит от ряда факторов: организационной формы кластерного формирования; состава субъектов хозяйствования. В кластерном формировании, где предприятия сохраняют статус юридических лиц, может быть применена следующая схема экономических взаимоотношений субъектов:

- на первом этапе на продукцию каждого предприятия устанавливаются цены с учетом нормативных затрат, нормы прибыли, обеспечивающей минимальную рентабельность, спроса и предложения, складывающегося в данный период на рынке картофеля и картофелепродуктов. Цены дифференцируются с учетом качества и сроков поставок;

- на втором этапе после реализации готовой продукции определяется чистый доход (прибыль), который по рассчитанным долям в общих затратах распределяется между хозяйствующими субъектами.

Доход каждого участника кластерного формирования можно определить по формуле:

$$D_i = \frac{Z_i \times \text{Добц.}}{\sum_{i=1}^n Z_i}, \quad (4)$$

где D_i – доход i -го участника кластерного формирования;

Z_i – затраты i -го участника формирования;

Добц. – суммарная величина дохода по кластеру;

n – количество участников кластера;

i – конкретный субъект хозяйствования (участник), входящий в формирование.

С потерей предприятиями, вошедшими в кластерное формирование, статуса юридических лиц, доход каждого из них определяется после реализации готовой продукции без расчета промежуточных цен на каждом этапе технологического цикла. После уплаты с выручки от реализации продукции единого консолидированного налога, доход распределяется между субъектами хозяйствования по их удельному весу в общих объемах реализованной продукции.

Установление любой из форм взаиморасчетов предполагает:

- обоснование нормативной себестоимости, как конечного продукта, так и промежуточных на всех технологических стадиях производства;

- перераспределение части дохода кластерного формирования с целью выравнивания доходов предприятий-участников;

- установление взаимных обязательств по объемам, срокам поставок промежуточной продукции (с учетом качества) предприятиями-партнерами по кооперативным связям и ответственности за их выполнение.

Кластеризация участников картофелепродуктового подкомплекса предусматривает применение эффективного механизма производственно-экономических отношений. Однако такой механизм не может быть универсальным, и для каждого кластерного формирования будет иметь свои отличительные особенности в зависимости от конкретных условий. Авторами предлагается основной принцип эффективного функционирования картофелепродуктовых кластерных формирований: расчеты по всей товарной линии должны осуществляться после реализации готовой продукции пропорционально нормативным затратам на производство, при этом часть прибыли должна аккумулироваться в инвестиционном фонде с целью модернизации производства. Переход на расчеты по конечной продукции позволит:

- сориентировать партнеров картофелепродуктового кластера на достижение максимальных конечных (а не промежуточных) результатов совместной деятельности (к примеру, нежелание многих производителей картофеля сдавать «излишки» на переработку в 2016 г. было обусловлено тем, что заводы предлагали цену – 30-50 руб/т, при себестоимости производства культуры, составившей в среднем по республике около 100-150 руб/т);

- создать всем участникам равные выгодные экономические условия (не затрагивая внутрихозяйственные отношения) на основе консолидированного дохода (выручки от продаж);

- сконцентрировать переработку картофеля на технически оснащенных предприятиях до полной загрузки производственных мощностей;

- повысить товарность картофеля, с целью улучшения структуры и глубины переработки;

- упорядочить систему налогообложения, исключив промежуточное начисление налогов на продукцию сельскохозяйственных предприятий – поставщиков картофеля. В качестве налогооблагаемой базы принять конечный консолидированный результат производства и сбыта выходной продукции кластера;

- ускорить оборачиваемость оборотных средств и снять проблему взаимных неплатежей за счет исключения промежуточных расчетов за сырье;

- сконцентрировать средства на развитии эффективных инновационных производств.

Картофелепродуктовые кластеры могут образовываться на основе самоорганизации в результате естественной интеграции и кооперации по инициативе предприятия-лидера, или при помощи региональных и муниципальных властей. Для быстрого создания кластерных структур в картофелепродуктовом подкомплексе республики, по мнению авторов, необходима инициатива одного или нескольких участников технологической цепи по производству картофеля, его переработке и сбыту готовой продукции. Инициаторами кластеризации должны стать картофелеперерабатывающие предприятия, поскольку они занимают стратегически выгодное положение между сельскохозяйственными товаропроизводителями, с одной стороны, и торговлей – с другой, имеют более устойчивое финансовое положение.

Заклучение

Кластерная модель организации агропромышленного производства соответствует принципам современной парадигмы управления и функционирования АПК, предполагающим достижение устойчивого инновационного развития предприятий и обеспечение продовольственной безопасности страны. В.Г. Гусаков утверждает, что в ближайшее время «... практически все сельское хозяйство страны должно быть построено на кооперативно-интеграционных началах, предполагающих тесную увязку сельскохозяйственных организаций с перерабатывающими, сбытовыми, торговыми, агросервисными и финансово-кредитными структурами и предприятиями, создание на их базе многотиповых кооперативно-интеграционных структур, или, так называемых, кластеров, по типу финансово-промышленных групп, союзов, холдингов, агропромышленных компаний, корпораций и фирм» [3]. При этом на начальном этапе целесообразно создавать кластерные структуры более простых форм и по мере их освоения переходить к более сложным, соответствующим долгосрочным целям объединений. Для обоснования целесообразности

формирования кластеров необходимо получение оценки результативности их деятельности до момента непосредственного объединения предприятий, с учетом обеспечения последним паритетных, взаимовыгодных отношений.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ
ЛИТЕРАТУРЫ

1. Концепция формирования и развития инновационно-промышленных кластеров в Республике Беларусь, а также мероприятия по ее реализации: постановление Совета Министров Республики Беларусь от 16 января 2014 г. № 27 // Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь. – 2014. – № 3.
2. Портер, М.Э. Конкуренция. / М.Э. Портер. – М.: Изд. дом «Вильямс», 2001. – 207 с.
3. Экономика организаций и отраслей агропромышленного комплекса: в 2-х кн. / В.Г. Гусаков [и др.]; под общ. ред. В.Г. Гусакова. – Мн.: Беларус. наука, 2007. – 891 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 22.05.2017

УДК 661.1:33

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УРОВНЯ
КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ПРОИЗВЕДЕННОЙ
ПЛОДООВОЩНОЙ ПРОДУКЦИИ

С.Л. Белявская,

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

Представлена методика определения уровня конкурентоспособности плодоовощной продукции на рынке для перерабатывающих предприятий, дается обоснование практического применения коэффициентов конкурентоспособности, позволяющих определить оптимальные объемы и цену реализации плодоовощной продукции на конкретном рынке с целью получения максимального эффекта.

Ключевые слова: методика, уровень конкурентоспособности, плодоовощная продукция, коэффициенты конкурентоспособности, реализация произведенной продукции на рынке.

The article presents methodology of determining fruit and vegetable products market competitiveness level for processing enterprises. It justifies practical application of the competitiveness coefficients, allowing determining the optimal volumes and the prices of fruit and vegetable products put up to sale on a specific market in order to obtain maximum effect.

Keywords: methodology, level of competitiveness, fruit and vegetable products, factors of competitiveness, sales of products on the market.

Введение

Повышение уровня конкурентоспособности плодоовощной продукции невозможно без организованного на соответствующем уровне процесса производства и реализации. Эффективным способом решения данной задачи является внедрение на перерабатывающих предприятиях системы управления конкурентоспособностью продукции, направленной на создание условий, гарантирующих производство продукции с требуемым уровнем характеристик, отвеча-

ющей требованиям рынка и предпочтениям потребителей. Однако на практике отсутствует эффективно действующая система управления конкурентоспособностью продукции на перерабатывающих предприятиях, что обуславливает необходимость формирования соответствующей методической базы с учетом отраслевых особенностей производства плодоовощной и ягодной продукции.

Целью данной работы является обоснование практического применения разработанных коэффициентов конкурентоспособности для повышения

уровня конкурентоспособности произведенной плодоовощной продукции.

Основная часть

Ассортимент отечественной плодоовощной продукции весьма разнообразен, однако предприятия при производстве плодоовощной продукции исходят из объемов имеющейся сырьевой базы, корректируя возможное производство на объем спроса на него. Проведенные исследования показали, что ассортимент производимой продукции определен возможностями сырьевой базы, а не предпочтениями потребителей, что существенно снижает уровень ее конкурентоспособности на рынке [1, 3].

Существующую проблему возможно решить лишь путем смещения приоритетов в системе принятия решений с технологического подхода «приобретение ресурсов – переработка и производство – сбыт» на маркетинговый: «потребность в товаре – выбор ресурсов и производства – удовлетворение потребности». Таким образом, перед производителем стоит задача не только самостоятельно дать оценку произведенной им продукции, а главное, четко и точно определить, как оценит потребитель представленную на рынке продукцию.

Существующие методы и научные разработки по вопросам оценки конкурентоспособности, определения ассортимента, требуемого потребителю, либо в большей степени касаются продукции промышленного назначения, и не могут быть использованы при оценке плодоовощной продукции, либо сложны и затратны для практического использования предприятиями-производителями плодоовощной продукции [2, 4, 5].

Для решения данной задачи предложена методика определения уровня конкурентоспособности плодоовощной продукции на рынке, выступающая в качестве базовой методологии управления реализацией на предприятии, что даст возможность эффективно организовать производственно-сбытовую деятельность в условиях рыночной неопределенности и возрастающей скорости происходящих изменений факторов внешней среды предприятия.

Новизна методики определения уровня конкурентоспособности плодоовощной продукции на рынке заключается в расчете разработанных автором публикации коэффициентов конкурентоспособности (относительно сложившейся ситуации на рынке; обобщающего коэффициента; дифференциации цен), позволяющих определить для каждого вида плодоовощной продукции оптимальные объемы и цену реализации на конкретном рынке с целью получения максимального эффекта.

Практическая значимость методики состоит в возможности ее применения при расчете ассортимента продукции для отдельно взятого предприятия и для отрасли, а также в использовании ее при формировании ассортимента экспортных поставок. Данная методика разработана с учетом специфики деятельности

организаций, перерабатывающих плодоовощное сырье на основе элементов метода ABC – анализа, базируется на принципах производственной системы и согласуется с существующими системами маркетинга.

Методика также базируется на расчете коэффициентов, работа с которыми может быть автоматизирована в приложении Windows – Microsoft Excel, которое имеется на предприятиях, или может быть использована аналитическими программами, в связи с негромоздкостью, последовательностью и достаточной простотой для автоматизации. Данное обстоятельство подчеркивает актуальность и необходимость использования комплексной методики на предприятиях сегодня, в связи с тем, что на большинстве перерабатывающих плодоовощную продукцию предприятиях отсутствуют специализированные компьютерные программы, позволяющие производить аналитику по экономическим показателям (автоматизирован лишь первичный учет бухгалтерских показателей), четко не разработана и не определена методика оценки конкурентоспособности на производстве, оценка и принятие решений в данной области специалистами производится исходя из личного опыта, практики и интуиции.

Для предприятия-производителя продукции показатели реализации характеризуют количество продукции, которое потребители в силу своих желаний и предпочтений купили на рынке, поэтому оценку конкурентоспособности плодоовощной продукции следует проводить, прежде всего, по таким показателям, как объем реализации на рынке, емкость рынка, цена реализации на рынке. Являясь продуктом питания, вся плодоовощная продукция, поставляемая на рынок, должна удовлетворять качественным критериям, так как к реализации допускается только готовая продукция, произведенная согласно установленным требованиям технических условий пищевой промышленности и соответствующая предъявляемым к ней стандартам, а некачественная плодоовощная продукция не может быть допущена к реализации. В данном случае методология определения уровня конкурентоспособности плодоовощной продукции позволяет не учитывать показатели качества, в связи с тем, что они являются обязательными критериями производства продукции.

Коэффициент конкурентоспособности продукции относительно сложившейся ситуации на рынке можно рассчитать по следующей формуле (1):

$$K_{\text{продукции}} = \frac{V_{\text{реализации}}}{V_{\text{рынка}}} \bigg/ \frac{P_{\text{реализации}}}{P_{\text{рынка}}}, \quad (1)$$

где $K_{\text{продукции}}$ – коэффициент конкурентоспособности плодоовощной продукции относительно сложившейся ситуации на рынке;

$V_{\text{реализации}}$ – объем реализации плодоовощной продукции предприятием в натуральном выражении, т;

$V_{\text{рынка}}$ – объем реализации плодоовощной продукции на рынке в натуральном выражении, т;

$P_{\text{реализации}}$ – цена реализации плодоовощной продукции предприятием, руб.;

$P_{\text{рынка}}$ – среднесложившаяся цена реализации плодоовощной продукции на рынке, руб.

Расчет коэффициента конкурентоспособности плодоовощной продукции относительно сложившейся ситуации на рынке позволит предприятию-производителю определить относительную долю продаж анализируемого вида плодоовощной продукции на рынке и соотношение цены реализуемого вида плодоовощной продукции со среднесложившейся ценой реализации на рынке.

$K_{\text{продукции}}$ примет наибольшее значение при увеличении объемов реализации плодоовощной продукции предприятия на рынке, а также, если цена реализации продукции будет ниже среднерыночной цены на плодоовощную продукцию. В связи с тем, что $K_{\text{продукции}}$ представляет собой соотношение долей объема и цены анализируемой продукции к продукции, представленной на рынке, он наиболее адекватно отражает предпочтения потребителя в сложившейся ситуации в данный момент и на конкретном рынке.

Принципиальным является сравнение цены продукции не с некой «минимальной» или «нормативной» ценой, а со средней ценой, сложившейся на рынке, что даст адекватную оценку уровня конкурентоспособности в зависимости от особенностей того или иного рынка и индивидуальных предпочтений потребителей.

Сама величина $K_{\text{продукции}}$ не должна анализироваться как числовая характеристика, так как конкурентоспособность продукции не может быть абсолютной, а является величиной динамичной, изменяемой и относительной. Для предприятия интерес представляет не сама величина $K_{\text{продукции}}$ конкретного вида, а ее сравнение с коэффициентами $K_{\text{продукции}}$ других видов плодоовощной продукции, производимой и реализуемой предприятием. Таким образом, $K_{\text{продукции}}$ следует определять по всем видам производимого ассортимента плодоовощной продукции, а затем сравнивать их величины.

Для определения конкурентоспособного ассортимента по группам плодоовощной продукции предлагается использовать разработанный обобщающий коэффициент конкурентоспособности плодоовощной продукции, представляющий собой сумму коэффициентов конкурентоспособности относительно сложившейся ситуации на рынке каждого вида плодоовощной продукции, скорректированных в соответствии с долей каждого вида плодоовощной продукции в групповом ассортименте (2):

$$K_{\text{об.}} = \sum_{i \in I_o} d_i K_i, \quad (2)$$

где $K_{\text{об.}}$ – обобщающий коэффициент конкурентоспособности плодоовощной продукции;

d_i – доля i -го вида плодоовощной продукции в структуре реализации;

K_i – коэффициент конкурентоспособности i -го вида плодоовощной продукции относительно сложившейся ситуации на рынке;

i – вид плодоовощной продукции;

I_o – множество видов плодоовощной продукции, реализуемой на рынке.

Определив коэффициент конкурентоспособности плодоовощной продукции относительно сложившейся ситуации на рынке по каждому виду выпускаемой и реализуемой продукции на предприятии, может быть составлен ассортимент плодоовощной продукции, пользующейся наибольшим спросом у потребителей. Он должен включать те виды продукции, коэффициенты конкурентоспособности которых имеют наибольшую величину.

С помощью коэффициентов $K_{\text{продукции}}$ каждого вида плодоовощной продукции можно рассчитать ассортимент для группы. Например, группа плодоовощной продукции – соки; виды плодоовощной продукции – различные виды сока (морковный, яблочный, томатный и др.); группа – овощные консервы; вид – консервы закусочные, консервы обеденные, консервы натуральные, маринады овощные, соки, овощные пасты, пюре и соусы; группа – выпускаемая продукция на перерабатывающем предприятии; вид – консервированная плодоовощная продукция, соковая продукция, пюре полуфабрикат, вино, прочая.

Обобщающий коэффициент конкурентоспособности плодоовощной продукции также может быть применен при макроэкономическом анализе внутреннего рынка плодоовощной продукции перерабатывающих предприятий республики. Сравнению в данном случае будут принадлежать обобщающие коэффициенты конкурентоспособности вида плодоовощной продукции по каждому предприятию-переработчику, и продукция тех предприятий, коэффициенты продукции которых имеют наибольшую величину относительно других предприятий, будет более конкурентоспособной на внутреннем рынке республики.

Для предприятий-переработчиков наиболее актуальным является вопрос определения конкурентоспособной цены на рынке, то есть цены, по которой продукция будет наиболее востребована потребителем. Проведенные исследования показали, что конкурентоспособная цена на рынке плодоовощной продукции – это не минимальная цена на продукцию, а та цена, которую покупатель готов заплатить за продукцию. Для предприятий-производителей плодоовощной продукции это особенно важно, так как если тот же объем плодоовощной продукции может быть реализован дороже, зачем лишаться части прибыли, продавая по минимальной цене. Важно наиболее точное определение пределов конкурентоспособности цены продукции, так как слишком завышенная цена приведет к понижению уровня конкурентоспособности плодоовощной продукции в целом, а заниженная – уменьшит совокупный эффект производителя про-

дукции, снизив финансовую результативность производства и реализации.

В рамках настоящей методики определения уровня конкурентоспособности плодоовощной продукции на рынке, на ее третьем этапе предлагается определять цену, которая будет обеспечивать конкурентоспособность плодоовощной продукции. Определение цены продукции, конкурентоспособной на рынке, предлагается на основе коэффициента дифференциации цен (3):

$$K_{\text{цены}} = d_{\text{no min}} / d_{\text{no max}}, \quad (3)$$

где $K_{\text{цены}}$ – коэффициент дифференциации цен;

$d_{\text{no min}}$ – доля отдельного вида плодоовощной продукции, реализуемая по минимальной цене в структуре реализации плодоовощной продукции;

$d_{\text{no max}}$ – доля отдельного вида плодоовощной продукции, реализуемая по максимальной цене в структуре реализации плодоовощной продукции.

Суть и новизна предложенного подхода заключается в том, что расчет коэффициента дифференциации цен позволяет оценить влияние минимальной и максимальной цены на величину выручки, то есть основная доля выручки была получена за счет реализации по минимальным или максимальным ценам. Величина коэффициента $K_{\text{цены}}$ позволяет определить возможность изменения объемов реализации плодоовощной продукции при изменении цены.

Таким образом, если $K_{\text{цены}} > 1$, то это говорит о том, что выручка от реализации сформирована в большей степени за счет продажи плодоовощной продукции по минимальной цене, т.е. предприятие может увеличить свою выручку за счет реализации больших объемов по минимальной цене на рынке.

Если $K_{\text{цены}} < 1$, то это говорит о том, что выручка от реализации сформирована в большей степени за счет продажи плодоовощной продукции по максимальной цене, т.е. предприятие может увеличить свою выручку за счет реализации по максимальной цене на рынке. В случаях невозможности расширения реализации на данном рынке, когда данный рынок полностью удовлетворен по объему, следует выходить на иной рынок, где предпочтения покупателей аналогичны данному.

Если $K_{\text{цены}} = 1$, это свидетельствует о том, что, либо объемы реализации малочувствительны к цене, то есть покупатель руководствуется первоначально иными мотивами, а не цена определяет выбор, либо рынок продукции не удовлетворен по количеству (существует определенного рода дефицит продукции), а значит, возможно расширение в независимости от цены.

Проведенные исследования доказали, что повышение конкурентоспособности за счет увеличения совокупного потребительского эффекта продукции (качественных и потребительских характеристик)

несомненно повлияет на уровень затрат на производство. Неизменность ценового фактора в данном случае требует уменьшения части прибыли, заложенной в цену продукции, что противоречит стремлению максимизировать прибыль от производства, переработки и реализации плодоовощной продукции. Для того чтобы продукция оставалась конкурентоспособной на рынке, увеличение стоимостной составляющей должно компенсироваться значительно большим увеличением ее качественных и потребительских характеристик. Аналогично, снижение качественной составляющей для потребителя должно компенсироваться ценой.

С учетом проведенной оценки, согласно методике определения уровня конкурентоспособности плодоовощной продукции на рынке, предприятиям, перерабатывающим плодоовощное сырье, предлагается проводить дифференцированную ценовую политику, предполагающую разработку различных цен на реализуемую продукцию, в зависимости от рынка сбыта и сроков реализации.

Плодоовощная продукция, как и все продукты питания и продовольственные товары, имеет сроки годности, то есть она должна быть реализована и потреблена в указанный срок, после истечения которого продукция непригодна для питания. Исходя из вышесказанного, рационально будет компенсировать снижением цены уменьшение срока потребления плодоовощной продукции, то есть, чем меньше времени остается до истечения срока годности, тем более следует снижать цену в целях повышения конкурентоспособности и возможности реализации в указанные сроки.

Маркетинговые службы предприятий при реализации плодоовощной продукции должны четко отслеживать сроки годности по каждому виду плодоовощной продукции и снижать цену в случаях существенного сокращения срока годности, согласно предложениям, приведенным в таблице 1.

Таблица 1. Предложения по дифференциации цен, в зависимости от сроков реализации

Плодоовощная продукция, срок годности	Период до истечения срока годности, месяцев	Величина снижения цены, %
Консервированная – 12-24 месяца	2-3	15-30
Соки – 7-12 месяцев	0,2-0,5	10-20
Салатная – 3-6 месяцев	0,5-1	25-50
Замороженная – 6-12 месяцев	1-2	20-40

Величина снижения цены должна быть рассчитана по каждому виду плодоовощной продукции отдельно с учетом ее себестоимости, торговой надбавки, прибыли и налогов, включенных в цену. Для минимизации возможных потерь, желательно снижение цены производить в два этапа, в зависимости от объемов и скорости реализации продукции на рынке: на первом этапе цена снижается за счет уменьшения на одну по-

ловину уровня запланированной прибыли, на втором – до уровня полной себестоимости. На практике допустимы и другие варианты снижения цены, они должны быть рассчитаны предприятием отдельно в каждой ситуации, главное – обеспечивать реализацию до истечения срока годности плодоовощной продукции.

Представляется правильным и логичным, когда торговые организации отслеживают сроки реализации плодоовощной продукции и снижают цену реализации конечному потребителю самостоятельно. Однако существуют случаи, когда перерабатывающие предприятия реализуют произведенную продукцию в рамках фирменной торговли или торговыми организациями, заключая договоры на реализацию, предусматривающие, в случаях неполной реализации отгруженной продукции, ее возврат, за месяц до истечения срока годности. В данных случаях происходит перенос торговых издержек на производителя плодоовощной продукции, поэтому для минимизации возможных потерь продукции перерабатывающими предприятиями, в договорах следует прописать условия реализации по сниженным ценам, указав минимальные уровни цен на плодоовощную продукцию.

Необходимость применения дифференцированной ценовой политики, предполагающей установление разных уровней цен, обосновано не только существенным влиянием цены на конкурентоспособность, но и особенностями плодоовощной продукции как продуктов питания. Анализ коэффициентов цены в рамках комплексной методики определения уровня конкурентоспособности плодоовощной продукции на рынке позволит определять различные уровни цен на плодоовощную продукцию наиболее точно.

Заключение

Для принятия решений при выборе цены реализации, объемов и ассортимента производимой плодоовощной продукции разработана методика определения уровня конкурентоспособности плодоовощной продукции на рынке, которая включает совокупность мер, позволяющих системно оценить возможные перспективы производства и реализации плодоовощной продукции с учетом конкурентоспособности на рынке.

В отличие от существующих, предлагаемая методика дает возможность определять конкурентоспособности плодоовощной продукции с точки зрения непосредственного покупателя и сложившейся ситуации на рынке, а не на основании оценок экспертов или сравнения с «базовым» образцом. В рамках методики предложена дифференцированная ценовая политика, суть которой заключается в применении различных цен на реализуемую продукцию в зависимости от рынка сбыта и сроков реализации. Использование дифференцированной ценовой политики поз-

волит предприятиям, перерабатывающим плодоовощное сырье, реализовать произведенную продукцию на рынке по конкурентоспособным ценам, получая максимальный экономический результат от производственно-сбытовой деятельности.

Практическое использование методики определения уровня конкурентоспособности плодоовощной продукции на рынке позволяет определить вид плодоовощной продукции, возможный объем и оптимальную цену для успешной реализации на конкретном рынке. Применение методики дает возможность:

- постоянно ориентироваться на предпочтения потребителей, поставляя на рынок наиболее конкурентоспособную продукцию;
- определить ожидаемую ценность конкретной продукции, имеющей определенные потребительские и качественные характеристики и определенную цену для потребителя на определенном рынке;
- организовать производство по созданию ожидаемой потребителем ценности, т. е. акцентирование внимания не на проблемах предприятия и оборудования, а на продукции и ее "нуждах";
- использовать имеющиеся ресурсы с наибольшей эффективностью.

СПСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белявская, С.Л. Методика оценки рынков овощного и плодово-ягодного сырья предприятий консервной промышленности Республики Беларусь / С.Л. Белявская // Агропанорама. – 2012. – № 2. – С. 35-41.
2. Ленская, Т. Факторы повышения конкурентоспособности сельского хозяйства / Т. Ленская // Аграрная экономика. – 2011. – № 10. – С. 35-39.
3. Белявская, С.Л. Особенности, принципы и направления обеспечения конкурентоспособности плодоовощной продукции / С.Л. Белявская // Агропанорама. – 2015. – № 5. – С. 42-45.
4. Тригуб, Н.А. Современные тенденции повышения конкурентоспособности продукции на перерабатывающих предприятиях АПК / Н.А. Тригуб // Проблемы экономики: сб. науч. тр. / гл. ред. А.М. Каган. – Минск: Ин-т системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2011. – Вып.1 (12). – С. 121-133.
5. Флерко, С.Л. Интегрированная оценка неценовых факторов конкурентоспособности товаров длительного пользования: автореф. дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / С.Л. Флерко; Белорусский государственный экономический университет. – Минск, 2010. – 24 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 24.05.2017

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ МОЛОЧНОГО ЖИВОТНОВОДСТВА В БЕЛАРУСИ

М.М. Радько,

доцент БГТУ, канд. экон. наук, доцент

В.С. Сухоцкая,

аспирант БГАТУ

В статье рассматривается значение молочного скотоводства в народном хозяйстве, пути повышения эффективности производства молока, проблемы улучшения качества кормов и применения инновационных технологий в животноводстве, что способствует увеличению уровня продуктивности и снижению издержек производства продукции данной отрасли.

Ключевые слова: инновации, скотоводство, кормопроизводство, конкурентоспособность, ресурсосберегающие технологии, эффективность, интенсификация, прибыль.

The authors of the article analyze the importance of dairy cattle breeding in the national economy. They consider the ways to improve milk production efficiency, as well as the problems of feed quality improving and of the innovative technologies use in animal husbandry. It is noted, that all of the above contributes to increasing productivity level and reducing the production costs in the industry.

Keywords: innovations, cattle breeding, fodder production, competitiveness, resource-saving technologies, efficiency, intensification, profit.

Введение

Молочное скотоводство Беларуси занимает три четверти от всей товарной продукции животноводства, поэтому значение молочного скотоводства определяется не только ценностью производимого продукта, но и большим влиянием на экономику хозяйства в целом.

Основными проблемами в молочном скотоводстве, которые надлежит решить в ближайшей перспективе, являются снижение себестоимости и повышение качественных параметров производимой продукции. Данная тема очень актуальна, так как производство молока является наиболее рентабельной отраслью, обеспечивающей высокую прибыль. Цель настоящей работы – повышение эффективности молочного скотоводства за счет использования достижений научно-технического прогресса, внедрения интенсивных технологий, рациональных форм организации производства, труда и управления. Системный подход к анализу производственно-хозяйственной деятельности предприятий требует классификации и упорядочения резервов производства и определения роли каждого из них в достижении экономического эффекта [1].

Основная часть

Интенсификация молочного скотоводства имеет свои особенности. К основным путям повышения эффективности производства нужно отнести интенсификацию молочного скотоводства путем создания современной материально-технической базы. Существует объективная необходимость сочетания роста

продуктивности и постепенного увеличения поголовья коров. Некоторый рост численности скота, взаимовязанный с кормовыми ресурсами, при неуклонном повышении продуктивности животных – важное условие планомерного осуществления интенсификации. Снижение поголовья коров и их продуктивности часто обусловлено недостатком полноценных кормов. Таким образом, можно сделать вывод о необходимости доведения численности поголовья коров до оптимальных размеров при стремлении получать максимальную продуктивность, а также лучшего использования имеющихся кормовых ресурсов. Поэтому эффективность интенсификации производства в животноводческой отрасли в решающей степени определяется наличием кормовой базы, позволяющей осуществить полноценное, сбалансированное кормление животных. Разработки практических рекомендаций по этим вопросам должны исходить из глубокого анализа экономической эффективности интенсификации в связи с уровнем вложения средств на 1 га земельных угодий и 1 животное. В этой связи необходимым условием является системный подход при внедрении интенсивных технологий, что обеспечивается высоким уровнем менеджмента и принятием оптимальных решений на основе прогнозирования финансового результата при интенсификации отдельных факторов. В этих целях требуется адекватное информационно-аналитическое обеспечение управления отраслью, развитие новых форм консультационно-внедренческой работы с участием органов управления и науки [2].

Основным направлением снижения затрат производства молока и получения конкурентоспособной продукции является качество кормов. Низкое качество кормов и, как следствие, недостаточная сбалансированность рационов кормления по питательным веществам приводят к снижению окупаемости применяемых ресурсов продукции.

Необходимо отметить, что отрасль имеет положительную тенденцию развития. В то же время, как подчеркивается в ряде научных публикаций, генетический потенциал коров используется только на 50-60 %. Основная причина в дефиците кормов и их низком качестве, особенно по содержанию протеина. Вследствие дефицита белкового сырья в составе кормов, вырабатываемых комбикормовыми предприятиями республики, на белковые ингредиенты приходится 12-13 %. Для обеспечения молочной продуктивности на уровне 6000 кг и выше энергетическая ценность основного корма должна быть не ниже 10 МДж, а содержание сырого протеина в сухом веществе корма – на уровне 15-16 % [3]. Переориентация кормопроизводства на дешевые, преимущественно бобовые травянистые корма, происходит медленно, потенциал имеющихся основных луговых угодий из-за низкой эффективности используется недостаточно. Практика показывает, что самое высокое содержание перевариваемого белка находится в зернобобовых культурах, и поэтому необходимо иметь соответствующие травостои с высоким удельным весом бобовых – не менее 70 % [4]. Нужно внедрять трех- и двухукосные схемы использования однолетних трав, обеспечить оптимальное сочетание посевных площадей многолетних трав и кукурузы на силос с учетом типов почв конкретного региона, чтобы во влажные годы гарантировать производство кормов за счет бобовых многолетних трав и их

смесей, а в сухие – за счет кукурузы.

При правильной структуре травяного кормопроизводства избыточный белок бобовых многолетних и однолетних трав должен полностью покрывать его дефицит в кукурузном силосе. Существенным при этом является возможность получения с луговых угодий кормов более низкой себестоимости. Килограмм энергетического корма в зеленой массе пастбищ обходится хозяйствам в 4-5, а протеина в 5-7 раз дешевле, чем в зерновых культурах; в многолетних травах – в 2,5-3,0 раза дешевле.

Учитывая большую экономическую роль луговых угодий в увеличении производства высокопитательных кормов низкой себестоимости, а также и менее дорогостоящей продукции животноводства, исключительное значение имеет их рациональное использование, создание культурных пастбищ с длительным сроком эксплуатации. Из выращиваемых в сельском хозяйстве культур, согласно критерию окупаемости затрат, приоритет по выходу белка имеют зернобобовые, многолетние травы и корнеплоды. Далее в последующем ряду – тритикале, озимая пшеница, кукуруза на силос, пастбища, силосные культуры. По себестоимости – пастбища, многолетние и однолетние травы на зеленый корм. Несмотря на имеющиеся сдерживающие факторы, в последние годы в республике отчетливо видны позитивные сдвиги в развитии молочного скотоводства (табл. 1).

Наиболее важным натуральным показателем экономической эффективности в молочном скотоводстве, в значительной мере определяющим характер и степень изменения всех показателей, является уровень продуктивности молочного стада. Следует отметить, что прирост объемов производства молока в целом по республике достигнут в основном за счет

Таблица 1. Динамика показателей развития молочного скотоводства в сельскохозяйственных организациях Беларуси

Показатели	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2015 г. к 2013 г.
Среднегодовое поголовье коров, тыс. гол.	1519	1524	1523	102,6
Валовой удой, тыс. т	6119	6245	6637	108,5
Реализовано молока (всего), тыс. т	5299	5573	5780	127,8
Удой на 1 корову, кг	4506	4508	4723	104,8
Прямые затраты труда, чел./ч	4,4	4,1	3,7	84,1
– на 1 ц	174,9	167,4	160,0	91,5
Материально-денежные затраты на 1 голову, тыс. руб.	1802,2	2117,7	2865,2	159,0
Расход кормов на 1 ц молока, ц к. ед.	1,28	1,27	1,24	96,9
Расход кормов на 1 голову, ц. к. ед.	50,8	51,3	53,6	105,5
Себестоимость 1 т к. ед., скормленной дойному стаду, тыс. руб.	147	172	222	151,0
Средняя реализационная цена 1 т молока, тыс. руб.	3055	4231	4243	138,9
Прибыль/убыток, млрд. руб.	151,2	181,6	473,3	313,0
Прибыль в расчете на 1 голову, тыс. руб.	144,6	172,1	445,3	307,9
Рентабельность, %	9,0	18,9	14,6	162,2
<i>Примечание: источник – разработка авторов на основе данных Министерства статистики и анализа Республики Беларусь.</i>				

интенсивного фактора – роста продуктивности коров. В 2015 г. в сельскохозяйственных организациях произведено 6 637 тыс. т молока, или на 8,5 % больше, чем в 2013 г. Увеличение объемов производства молока обеспечено интенсификацией отрасли. В 2015 г. в сельскохозяйственных организациях получен удой молока на 1 корову – 4 723 кг. Увеличился удельный вес сельскохозяйственных предприятий в валовом производстве молока по республике на 8,5 %. Благодаря повышению качественных показателей интенсификации производства, отрасль вышла на рентабельную работу и составила в 2015 г. 14,6 %. На фоне относительно высоких производственных результатов уровень рентабельности молока остается низким. Основная причина состоит в росте себестоимости производства молока, а также в структуре роста себестоимости молока значительно возрастают затраты на корма. Расход кормов на одну голову в 2015 г. составил 53,6 ц к. ед., что на 5,5 % выше по сравнению с 2013 г., когда расход кормов на 1 голову составил 50,8 ц к. ед. Также необходимо отметить, что наблюдается тенденция сокращения расхода кормов на производство и составляет 1 ц молока на 3,1 %. Недостаточное обеспечение коров полноценными кормами, несбалансированность рационов по протеину, сахару, минеральным веществам и витаминам, недостаточное внимание к возделыванию бобовых трав и в целом недооценка травянистых кормов приводят к перерасходу кормов на единицу продукции и значительно удорожают кормовой единицы, а, следовательно, и получаемой продукции. В то же время заметна тенденция сокращения затрат труда на производство единицы продукции (в 2015 г. на 1 ц молока – 3,7 чел./ч, или на 15,9 % меньше, чем в 2013 г. и на 9,8 % меньше, чем в 2014 г.).

Выходу отрасли на указанные производственные показатели способствовало применение современных прогрессивных технологий, основанных на беспривязном содержании скота с использованием высокопроизводительного оборудования для содержания, кормления и доения зарубежного или отечественного производства в зависимости от конкретных условий. Сегодня в республике действует почти 1 650 технически переоснащенных молочно-товарных ферм с доильными залами и роботизированными установками. Опыт эксплуатации таких ферм показал, что трудозатраты на производство 1 ц молока снижаются до 1,2–1,5 чел./ч, расход кормов до 90–93 к. ед., совокупные энергозатраты – до 55–65 кг условного топлива и увеличивается нагрузка на одного оператора до 120 и более голов. В итоге себестоимость продукции снижается на 30 %. Практически на всех новых комплексах выше надои, продуктивность, производительность труда, а также лучше качество молока-сырья. В 2016 г. реализовано более 44 % молока сорта

«экстра». В прошлом году этот показатель составлял 33,6 %, а в 2010 г. – всего 2,2 %. Отдельные хозяйства продают более 90 % молока сорта «экстра», дополнительно получая тысячи рублей. Внимание к качеству молока необходимо также для повышения конкурентоспособности молочного сырья и молочной продукции. В любом случае ужесточение требований к качеству, безопасности сырья и готового продукта – принципиальный момент на пути экспортного продвижения.

Заключение

Повышение эффективности молочного скотоводства предполагает использование достижений научно-технического прогресса, внедрение интенсивных технологий, рациональных форм организации производства, труда и управления.

Системный подход при внедрении интенсивных технологий обеспечивается высоким уровнем менеджмента и принятием оптимальных решений на основе прогнозирования финансового результата при интенсификации отдельных факторов. В этих целях требуется адекватное информационно-аналитическое обеспечение управления отраслью, развитие новых форм консультационно-внедренческой работы с участием органов управления и науки. Существенным резервом повышения экономической эффективности производства молока является удешевление производства кормов. Проведенные мероприятия по реконструкции животноводческих помещений позволили повысить показатели производительности труда, снизить затраты на производство продукции, увеличить товарность и качественные показатели молока.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гец, А. Региональные аспекты концентрации производства молока и его эффективности / А. Гец // Аграрная экономика, 2009. – № 4. – С. 58–63.
2. Ильченко, А. Н. Интенсивные технологии в молочном скотоводстве – резерв повышения его экономической эффективности / А. Н. Ильченко, Д. Г. Гвазава // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий, 2006. – № 1. – С. 24–26.
3. Смертина, Е. Н. Резервы производства молока, его качества и эффективности / Е. Н. Смертина // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий, 2009. – № 8. – С. 45–47.
4. Кукреш, Л. Сытный ли рацион у коров и что сделать для его улучшения / Л. Кукреш, В. Шлапунов // Белорусская НИВА, 2013. – № 31. – С. 24.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 12.06.2017

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ МЕХАНИЗМОВ ОСАЖДЕНИЯ ЧАСТИЦ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ПРИ ГЛУБИННОМ ФИЛЬТРОВАНИИ И ОЦЕНКА ВЕРОЯТНОСТИ ОСАЖДЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ МОТОРНОГО МАСЛА

В.М. Капцевич,

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

В.К. Корнеева,

ст. преподаватель каф. технологии металлов БГАТУ

А.Н. Леонов,

профессор каф. основ научных исследований и проектирования БГАТУ, докт. техн. наук, профессор

Т.А. Богданович,

студент БГАТУ

Проведен анализ основных механизмов, приводящих к столкновению частиц загрязнений со стенками поровых каналов. На примере моторного масла установлены зависимости вероятностей осаждения частиц загрязнений в фильтрующем материале от размеров его частиц, природы частиц загрязнений, температуры очищаемой среды и скорости фильтрации.

Ключевые слова: глубинное фильтрование, фильтрующие материалы, механизмы осаждения, прямое столкновение, инерция, седиментация, диффузия, вероятность столкновения, моторное масло

This article deals with the analysis of the main mechanisms leading to the collision of contamination particles with the walls of pore channels. Using the example of engine oil, the dependencies of probabilities of contaminants particles precipitation in a filtering material on the size of its particles, the nature of the particles of contamination, the temperature of the medium to be cleaned and the rate of filtration are established.

Keywords: deep filtration, filter materials, precipitation mechanisms, direct collision, inertia, sedimentation, diffusion, collision probability, engine oil.

Введение

Процесс фильтрования является наиболее простым и эффективным способом удаления загрязнений при очистке жидкостей и газов [1-5]. Известными и широко применяемыми примерами фильтрования являются: очистка моторных масел и рабочих жидкостей гидравлических систем, также стерилизационное фильтрование напитков, соков, пива, вина, медицинских и биохимических продуктов и др.

Фильтрование – наиболее полное удаление всех частиц из смазочных материалов, когда доля твердой фазы в ней невелика ($1-10 \text{ г/м}^3$).

Фильтрование является гидродинамическим процессом, скорость которого прямо пропорциональна разности давлений, создаваемых по обеим сторонам фильтрующего материала (ФМ), и обратно пропорциональна сопротивлению, испытываемому жидкостью при ее движении через поры ФМ и слой образовавшегося осадка. В зависимости от решаемой задачи фильтрование разделяют на поверхностное (рис. 1, а) и глубинное (рис. 1, б). При очистке смазочных материалов основным является глубинное фильтрование.

При глубинном фильтровании основными процессами осаждения (коагуляции) являются как непосредственный механический захват частиц твердой фазы, так и их адсорбция под действием физических и химических сил на внутренней поверхности пор ФМ. При этом методе фильтрования удастся отделить значительную долю частиц твердой фазы, размеры которых меньше размеров пор, хотя на основании чисто геометрических соотношений этих размеров, кажется, что указанные частицы могли бы свободно пройти через ФМ.

Процесс осаждения частиц загрязнений в ФМ зависит от свойств частиц загрязнений, свойств ФМ и очищаемой жидкости, а также режимов ее течения. При решении вопросов, связанных с эффективностью фильтрования, важнейшая роль отводится определению в каждом конкретном случае влияния тех или иных механизмов осаждения [6, 7].

Цель настоящей работы – провести анализ основных физических механизмов, приводящих к столкновению частиц загрязнений со стенками поровых каналов, и на примере моторного масла, в рамках существующих представлений, оценить вероятности этих столкновений.

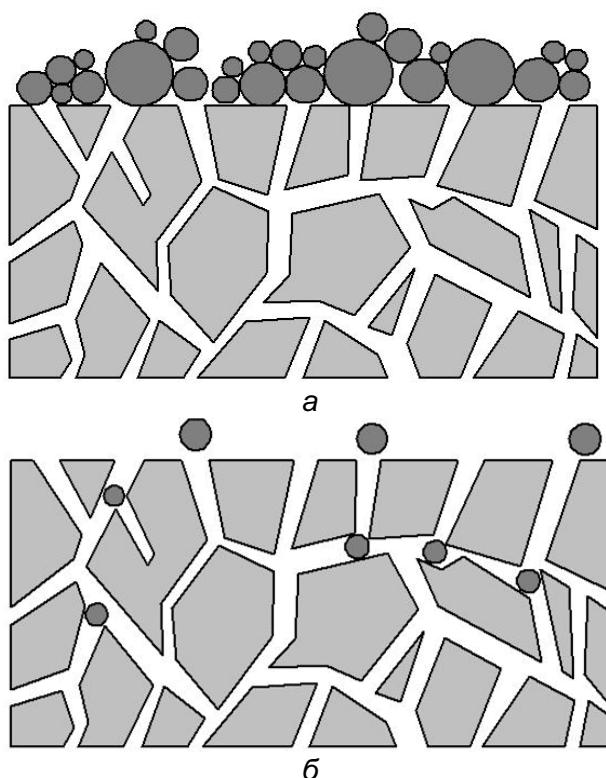


Рисунок 1. Поверхностное (а) и глубинное (б) фильтрование

Основная часть

Известно [6, 7], что процессы осаждения частиц загрязнений из очищаемой среды в поровых каналах ФМ представляют собой сложные физико-химические процессы, зависящие, во-первых, от свойств частиц загрязнений, основными из которых являются размеры частиц, их плотность и концентрация, во-вторых, от свойств ФМ, к которым относятся размеры частиц, образующих ФМ (диаметр частиц порошка $D_{\text{ч}}$ или диаметр волокна $D_{\text{в}}$), пористость и

коэффициент проницаемости, в-третьих, от характеристик очищаемой жидкости – кинематической и динамической вязкости, плотности и режимов ее течения – скорости фильтрования.

Теоретические и экспериментальные исследования процесса осаждения частиц загрязнений в ФМ направлены на установление приведенных выше зависимостей. При решении этих вопросов важнейшая роль отводится определению в каждом конкретном случае влияния тех или иных механизмов осаждения, к основным из которых относятся механизмы прямого столкновения, диффузии, седиментации и инерции [7, 8]. Рассмотрим эти механизмы (рис. 2).

Механизм прямого столкновения (Interception). Осаждение частиц загрязнений в результате прямого столкновения возникает всякий раз, когда линии тока, по которым движутся частицы, проходят рядом с поверхностью препятствия на расстоянии, меньшем или равном половине их диаметра (рис. 2, а). При этом, если размер частицы больше размера поры, происходит ее закупоривание, так называемый, ситовой эффект, которое наблюдается также и при поверхностном фильтровании, и является частным случаем эффекта прямого столкновения.

Основным параметром, характеризующим прямое столкновение, является отношение d/D , где d – диаметр частиц загрязнений, а D – диаметр частиц, образующих ФМ (диаметр частиц порошка $D_{\text{п}}$ и диаметр волокна $D_{\text{в}}$). Величина этого параметра оказывает существенное воздействие на процесс осаждения в пористых средах. Так, по данным авторов источника [9], при $d/D > 0,12$ наблюдается быстрое и необратимое забивание ФМ. Если $d/D < 0,12$, то наблюдается обратимый режим забивания – процесс кольматации протекает одновременно с процессом декольматации. Аналогичные результаты были получены авторами источника [10], которые экспериментально установили, что при $d/D > 0,15$ пористая среда необратимо забивается, а при $d/D < 0,065$ забивка остается незначительной и происходит лишь частичное осаждение

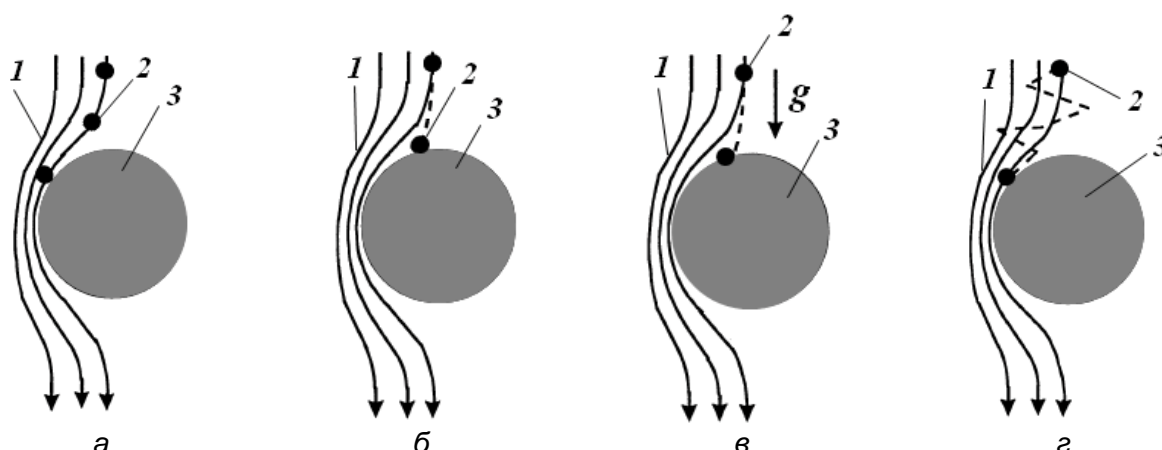


Рисунок 2. Механизмы осаждения: а – прямое столкновение; б – инерция; в – седиментация; г – диффузия; 1 – линия тока; 2 – частица загрязнений; 3 – частица, образующая пористый каркас ФМ

загрязнителя в ФМ, при котором процессы захвата частиц загрязнений (кольматация) уравниваются их срывом и удалением (декольматация) из ФМ.

Анализ многочисленных экспериментальных данных, проведенный С.В. Беловым [11], показывает, что отношение среднего размера пор ФМ к среднему размеру частиц, из которого они изготовлены, при пористости $\Pi = 0,4$ изменяется от 0,25 до 0,5. Учитывая эти данные, нетрудно определить соотношение размеров частиц загрязнений и средних размеров пор ФМ $d_{п\text{ ср}}$, при которых забивание необратимо. Тогда неравенству $d/D > 0,12$ соответствует $d/d_{п\text{ ср}} > 0,24-0,48$, а $d/D > 0,15$ – неравенству $d/d_{п\text{ ср}} > 0,3-0,6$.

Механизм инерции (Inertia). Осаждение под действием этого механизма является следствием действия сил инерции, вынуждающих частицы загрязнений отклоняться от линий тока, в результате чего они приходят в столкновение с препятствием и удерживаются на нем (рис. 2, б).

Механизм инерции характеризуется числом Стокса, которое равно [12, 13]

$$St = \frac{\rho_t d^2 v_\phi}{18\mu D},$$

где v_ϕ – скорость фильтрации, м/с;

μ – динамическая вязкость очищаемой жидкости, Па·с;

ρ_t – плотность частиц загрязнений, кг/м³.

В работе [14] авторы определили критическое значение числа Стокса, меньше которого инерционным осаждением можно пренебречь. Это критическое значение оказалось равным 1/16, т.е. при $St < 1/16$ осаждение частиц загрязнений на препятствии из-за эффекта инерции не происходит.

Механизм седиментации (Gravity). Этот механизм обусловлен вертикальным отклонением частиц загрязнений от линии тока во время прохождения их через ФМ под действием силы тяжести (рис. 2, в).

Если предположить, что сила тяжести при движении частиц уравнивается силой сопротивления Стокса, то скорость седиментации частиц загрязнений v_c можно определить из выражения [12]:

$$v_c = \frac{d^2(\rho_t - \rho_{ж})g}{18\mu},$$

где $\rho_{ж}$ – плотность очищаемой жидкости, кг/м³;

g – ускорение свободного падения, м/с².

На практике, при оценке влияния седиментации на процесс осаждения, считают [7], что при $v_c/v \leq 0,01$ (где v – действительная скорость жидкости в поровых каналах, $v = v_\phi/\Pi$, Π – пористость) осаждением частиц загрязнений под действием седиментации можно пренебречь.

Механизм диффузии (Diffusion). Под действием этого механизма осаждение частиц загрязнений в фильтровальном элементе происходит в результате их столкновения с молекулами жидкости. В результате этих столкновений частица загрязнений, двигаясь с

несущим потоком, испытывает случайные смещения с линий тока и приходит в контакт со стенками поровых каналов и задерживается на них (рис. 2, г).

Диффузия характеризуется коэффициентом диффузии, который связан со средним квадратичным смещением частицы соотношением [15]:

$$\bar{x}^2 = 2D_{бр}t,$$

где $\bar{x}$ – среднее квадратичное смещение, м;

$D_{бр}$ – коэффициент броуновской диффузии, м²/с;

t – время, с.

Величина коэффициента броуновской диффузии выражается законом Эйнштейна [15]:

$$D_{бр} = \frac{k_B T}{3\pi\mu d},$$

где k_B – постоянная Больцмана, равная $1,3804 \cdot 10^{-23}$, Дж/К;

T – абсолютная температура, К;

d – диаметр частиц загрязнений, м.

Броуновская диффузия тем интенсивнее, чем выше температура жидкости, чем меньше ее вязкость и размер частиц загрязнений.

Реальные процессы осаждения частиц загрязнений в ФМ характеризуются совместным воздействием вышеописанных механизмов осаждения. При этом, при различных характеристиках частиц загрязнений, свойств ФМ и режимов течения очищаемой жидкости, те или иные механизмы осаждения будут преобладать над другими. Так, например, авторы источника [16] считают, что основными механизмами осаждения являются прямое столкновение и диффузия, авторы источника [13] отдают предпочтение диффузии и инерционному осаждению, а в работе [17] – только одному инерционному осаждению.

Осаждение частиц в пористой среде описывается экспериментально установленной зависимостью Ивасаки [18]:

$$\frac{\partial C}{\partial x} = -\lambda C, \quad (1)$$

где C – объемная концентрация частиц, %;

x – направление движения очищаемой жидкости, м;

λ – коэффициент фильтрования.

Теоретически можно показать, что коэффициент λ , входящий в уравнение (1) для порошковой λ_n и волокнутой λ_b пористых сред, соответственно равны

$$\lambda_n = \frac{3(1-\Pi)\eta_0\alpha}{2D_n},$$

$$\lambda_b = \frac{4(1-\Pi)\eta_0\alpha}{\pi D_b},$$

где η_0 – вероятность столкновения частиц загрязнений с пористым каркасом;

α – вероятность осаждения.

При проведении теоретических расчетов многие авторы [19] принимают $\alpha = 1$, а при определении значений η_0 учитывают роль таких механизмов осаждения, как диффузия, прямое столкновение, седиментация и инерция, и считают, что

$$\eta_0 = \eta_{\text{пр ст}} + \eta_{\text{ин}} + \eta_{\text{сед}} + \eta_{\text{диф}}, \quad (2)$$

где $\eta_{\text{пр ст}}$, $\eta_{\text{ин}}$, $\eta_{\text{сед}}$, $\eta_{\text{диф}}$, соответственно, вероятности столкновения под действиями механизмов прямого столкновения, инерции, седиментации и диффузии.

По данным авторов источников [19-21], вероятность столкновения в результате действия этих механизмов определяется следующими зависимостями:

– прямое столкновение [19]

$$\eta_{\text{пр ст}} = \frac{3}{2} \left(\frac{d}{D} \right)^2; \quad (3)$$

– инерция [21]

$$\eta_{\text{ин}} = \frac{\rho_{\text{т}} d^2 v_{\text{ф}}}{18 \mu D}; \quad (4)$$

– седиментация [19]

$$\eta_{\text{сед}} = \frac{(\rho_{\text{т}} - \rho_{\text{ж}}) d^2 g}{18 \mu v_{\text{ф}}}; \quad (5)$$

– диффузия [20]

$$\eta_{\text{диф}} = 0,9 \left(\frac{k_6 T}{\mu d D v_{\text{ф}}} \right)^{2/3}. \quad (6)$$

Проиллюстрируем возможности использования выражений (2) – (6) для оценки вероятности столкновения частиц загрязнений на единичном коллекторе. В

качестве очищаемой среды выбрано моторное масло М-6/10Г₂ ($\rho_{\text{ж}} = 850,21 \text{ кг/м}^3$, $\mu = 0,012 \text{ Па}\cdot\text{с}$ при температуре $T = 373 \text{ К}$). Размеры частиц загрязнений выбирались в диапазоне $d = 10^{-8} \dots 10^{-4} \text{ м}$. Авторами публикации рассмотрены следующие варианты процесса осаждения частиц загрязнений на единичном коллекторе:

– при различных диаметрах единичного коллектора D , равных 250, 500, 750 и 1000 мкм; частицы загрязнений SiO_2 ($\rho_{\text{т}} = 2650 \text{ кг/м}^3$); температура очищаемого масла $T = 293 \text{ К}$, скорость фильтрования $v_{\text{ф}} = 0,0013 \text{ м/с}$ (рис. 3);

– при различной температуре T , равной 293 ($\rho_{\text{ж}} = 900 \text{ кг/м}^3$, $\mu = 0,836 \text{ Па}\cdot\text{с}$); 313 ($\rho_{\text{ж}} = 888 \text{ кг/м}^3$, $\mu = 0,135 \text{ Па}\cdot\text{с}$); 333 ($\rho_{\text{ж}} = 875 \text{ кг/м}^3$, $\mu = 0,046 \text{ Па}\cdot\text{с}$); 353 ($\rho_{\text{ж}} = 863 \text{ кг/м}^3$, $\mu = 0,022 \text{ Па}\cdot\text{с}$) и 373 К ($\rho_{\text{ж}} = 850 \text{ кг/м}^3$, $\mu = 0,012 \text{ Па}\cdot\text{с}$); частицы загрязнений SiO_2 ($\rho_{\text{т}} = 2650 \text{ кг/м}^3$); скорость фильтрования $v_{\text{ф}} = 0,0013 \text{ м/с}$; диаметр коллектора $D = 500 \text{ мкм}$ (рис. 4);

– при различных скоростях фильтрации $v_{\text{ф}}$, равных 0,0013; 0,004; 0,007 и 0,01 м/с; частицы загрязнений SiO_2 ($\rho_{\text{т}} = 2650 \text{ кг/м}^3$); диаметр коллектора $D = 500 \text{ мкм}$; температура очищаемого масла $T = 293 \text{ К}$ (рис. 5);

– при фильтровании различных частиц загрязнений: асфальтены ($\rho_{\text{т}} = 1140 \text{ кг/м}^3$); сажа ($\rho_{\text{т}} = 2000 \text{ кг/м}^3$); SiO_2 ($\rho_{\text{т}} = 2650 \text{ кг/м}^3$); железо ($\rho_{\text{т}} = 7870 \text{ кг/м}^3$); скорость фильтрования $v_{\text{ф}} = 0,0013 \text{ м/с}$; диаметр коллектора $D = 500 \text{ мкм}$; $T = 293 \text{ К}$ (рис. 6).

Пористые волокновые материалы

Предназначены для очистки жидкостей, газов от твердых частиц и жидких аэрозолей.



Основные технические данные

Тонкость очистки ППМ

– при фильтрации газов	0,5...20 мкм
– при фильтрации жидкостей	1...100 мкм

Фильтры используются для очистки сжиженных и сжатых газов при их производстве и практическом использовании, отходящих газов в технологических циклах химического, биотехнологического, металлургического, цементного и др. производств, для очистки воды, горюче-смазочных материалов, пищевых продуктов (соки, пиво и др.), смол, основ для лаков, расплавов солей и полимеров.

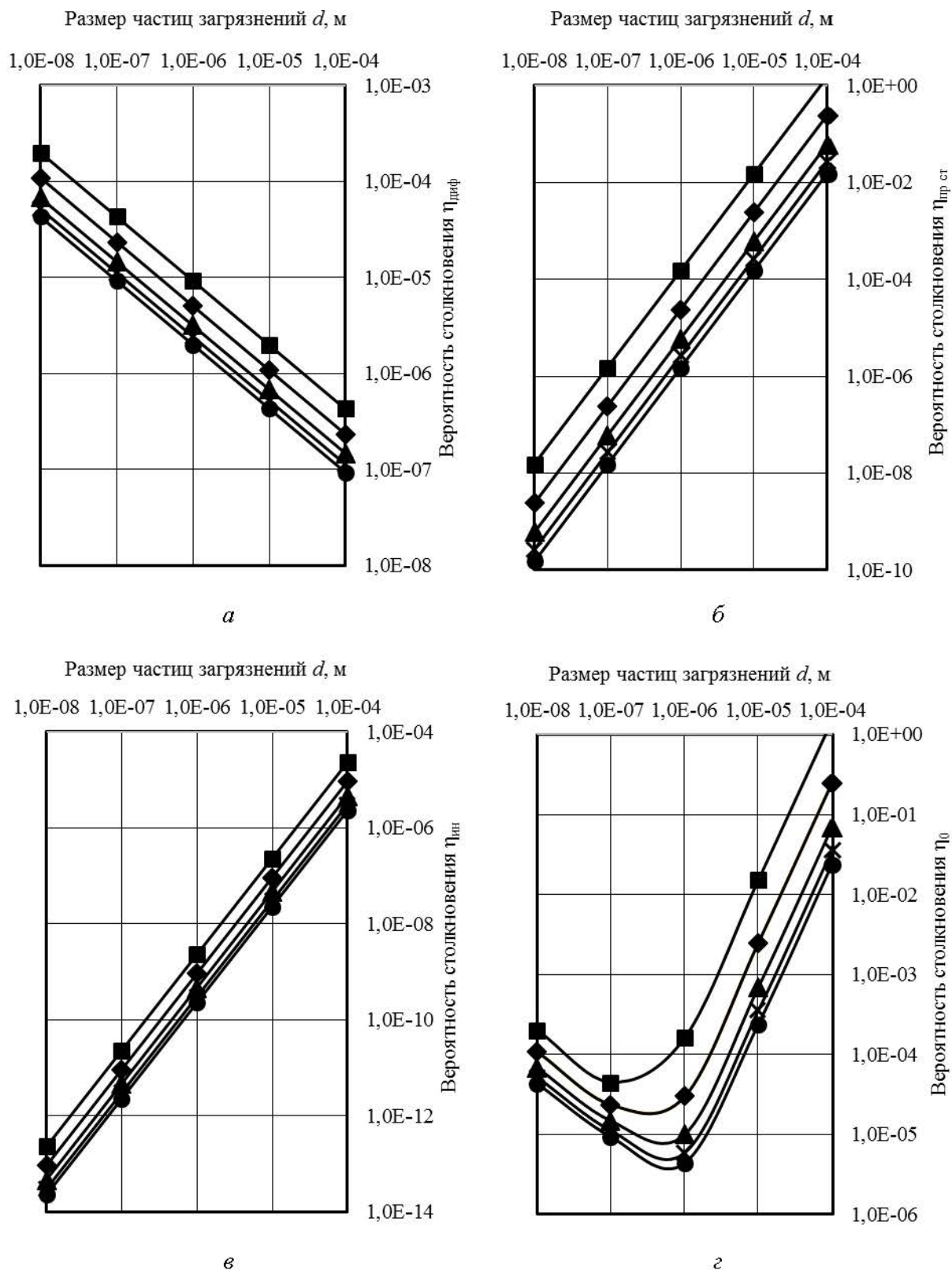


Рисунок 3. Зависимости вероятности столкновения η частиц загрязнений от их размера d в результате действия различных механизмов осаждения: а – диффузии $\eta_{\text{диф}}$; б – прямого столкновения $\eta_{\text{пр ст}}$; в – инерции $\eta_{\text{ин}}$; г – суммарное действие всех механизмов η_0 , при различных размерах коллектора D : ■ – 100; ♦ – 250; ▲ – 500; × – 750; ● – 1000 мкм

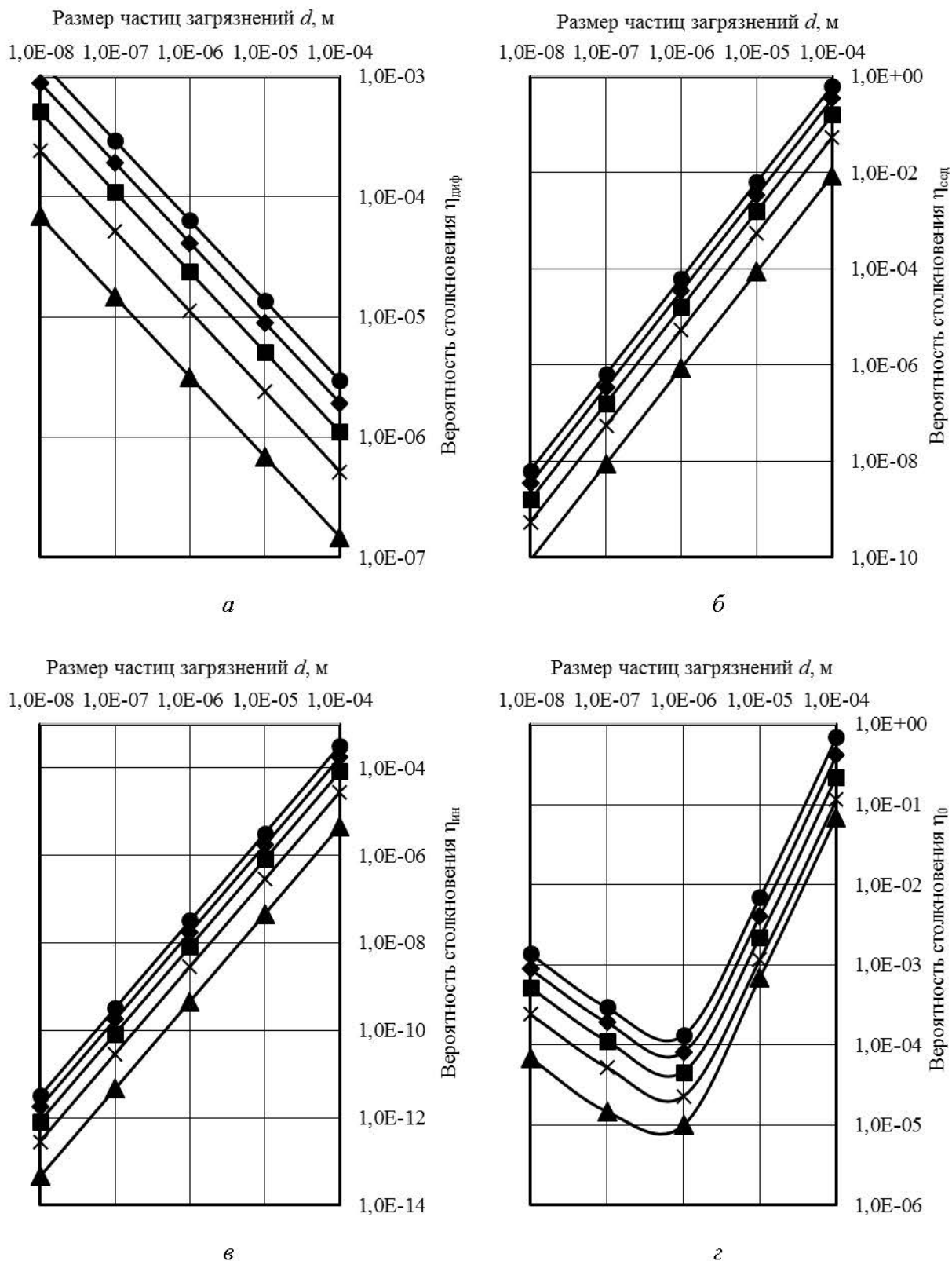


Рисунок 4. Зависимости вероятности столкновения η частиц загрязнений от их размера d в результате действия различных механизмов осаждения: а – диффузии $\eta_{\text{диф}}$; б – седиментации $\eta_{\text{сед}}$; в – инерции $\eta_{\text{ин}}$; г – суммарное действие всех механизмов η_0 , при различных температурах T : $\blacktriangle$ – 293; $\times$ – 313; $\blacksquare$ – 333; $\blacklozenge$ – 353; $\bullet$ – 373 K

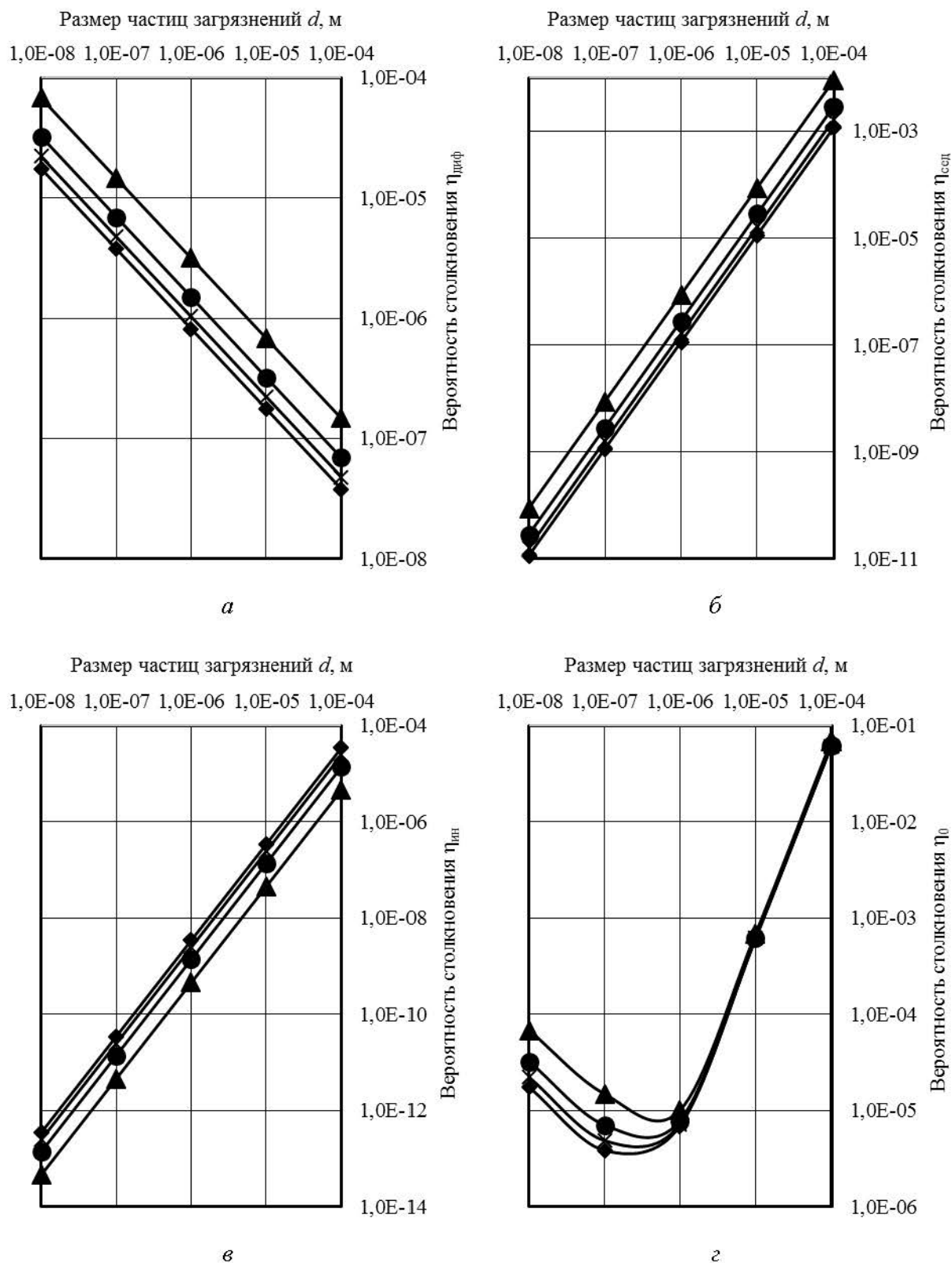


Рисунок 5. Зависимости вероятности столкновения η частиц загрязнений от их размера d в результате действия различных механизмов осаждения: а – диффузии $\eta_{\text{диф}}$; б – седиментации $\eta_{\text{сед}}$; в – инерции $\eta_{\text{ин}}$; г – суммарное действие всех механизмов η_0 , при различных скоростях фильтрации $v_{\text{ф}}$: $\blacktriangle$ – 0,0013; $\bullet$ – 0,004; $\times$ – 0,007; $\blacklozenge$ – 0,01 м/с

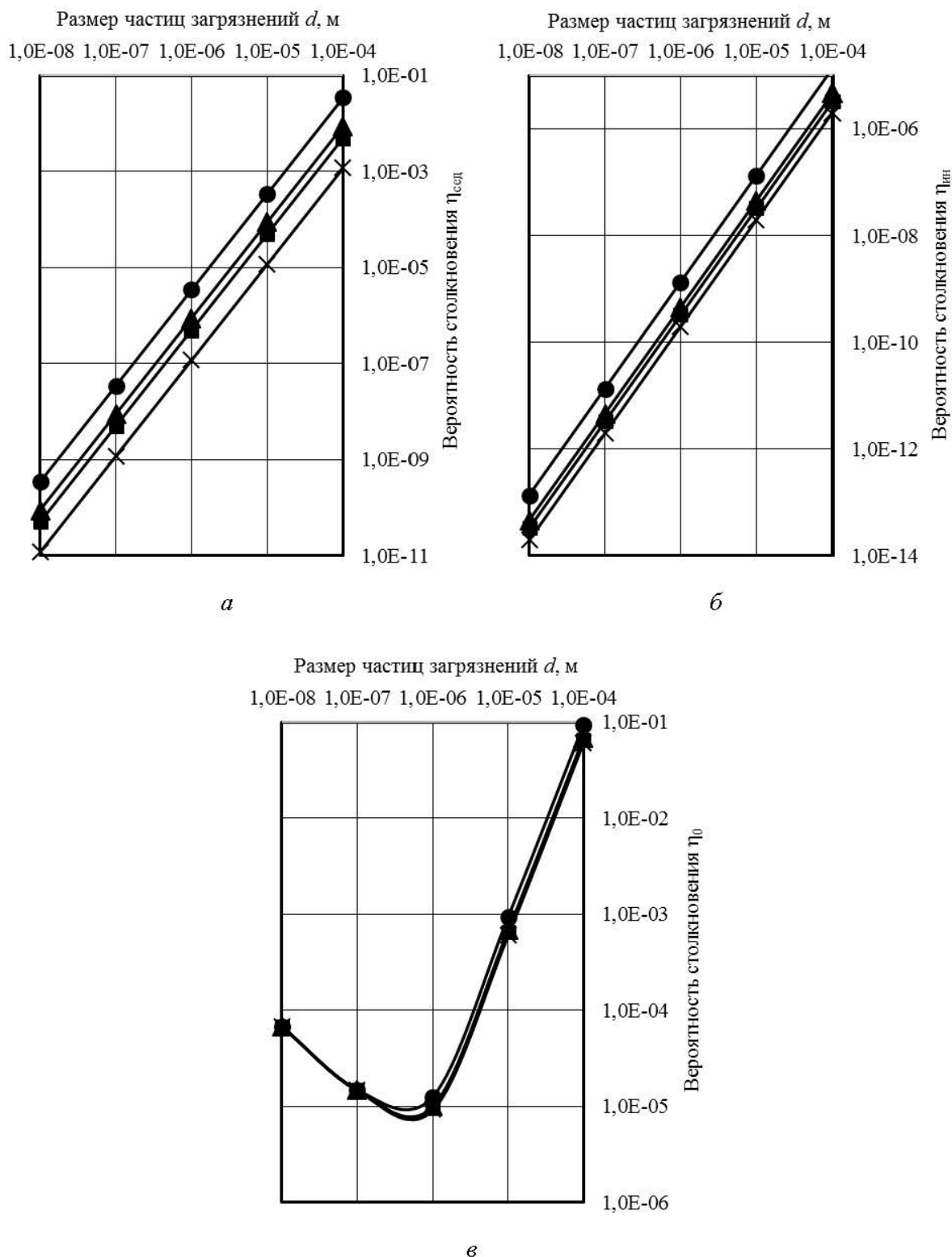


Рисунок 6. Зависимости вероятности столкновения η частиц загрязнений от их размера d в результате действия различных механизмов осаждения: а – седиментации $\eta_{\text{сед}}$; б – инерции $\eta_{\text{ин}}$; в – суммарное действие всех механизмов η_0 , при различных частицах загрязнений: х – асфальтены ($\rho_m = 1140 \text{ кг/м}^3$); ■ – сажа ($\rho_m = 2000 \text{ кг/м}^3$); ▲ – SiO_2 ($\rho_m = 2650 \text{ кг/м}^3$); ● – железо ($\rho_m = 7870 \text{ кг/м}^3$)

Заключение

Проведен анализ основных физических механизмов, приводящих к столкновению частиц загрязнений со стенками поровых каналов. Показано, что наиболее трудноудаляемыми частицами являются частицы загрязнений размером порядка 1 мкм. При таком размере частиц загрязнений суммарная вероятность столкновения в результате действия механизмов осаждения минимальна (рис. 3-6).

Наибольшая вероятность столкновения частиц загрязнений наблюдается на единичном коллекторе диаметром 100 мкм (рис. 3). При этом наибольшую вероятность столкновения для частиц размерами свыше 1 мкм обеспечивает механизм прямого столкновения, а для частиц меньших размеров – диффузия. Вероятность столкновения частиц загрязнений в результате механизма седиментации от размеров коллектора не зависит.

С ростом температуры суммарная вероятность столкновения частиц загрязнений с единичным коллектором возрастает на порядок для частиц с размером более 1 мкм, и на полтора порядка для частиц размером менее 1 мкм за счет существенного влияния диффузии (рис. 4).

С ростом скорости фильтрации возрастает вероятность столкновения частиц загрязнений с единичным коллектором за счет механизма инерции и уменьшается за счет механизмов диффузии и седиментации (рис. 5). Суммарное действие механизмов для частиц загрязнений размером более 1 мкм от скорости фильтрования не зависит.

Суммарное действие всех механизмов осаждения практически не зависит от вида частиц загрязнений (рис. 6).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бутов, Н.П. Научные основы проектирования малоотходной технологии переработки и использования отработанных минеральных масел / Н.П. Бутов. – М.: ВНИПТИМЭСХ, 2000. – 410 с.
2. Бродский, Г.С. Фильтры и системы фильтрации для мобильных машин / Г.С. Бродский // Горная промышленность: НПК «ГЕМОС Лтд.», 2003. – 360 с.
3. Коваленко, В.П. Очистка нефтепродуктов от загрязнений / В.П. Коваленко, В.Е. Турчанинов. – М.: Недра, 1990. – 160 с.
4. Удлер, Э.И. Повышение эффективности очистки нефтепродуктов в сельском хозяйстве средствами фильтрации / Э.И. Удлер. – Томск: Томский инженерно-строительный институт, 1988. – 124 с.
5. Капцевич, В.М. Очистка и регенерация смазочных материалов в условиях сельскохозяйственного производства: монография / В.М. Капцевич [и др.].

– Минск: БГАТУ, 2007. – 232 с.

6. Ison, C.R. Removal mechanisms in bed filtration / C.R., Ison, K.J. Ives // Chem. Eng. Sci. – 1969. – V. 24. – P. 717-724.

7. Herzig, J.P. Flow of suspensions through porous media / J.P. Herzig, D.M. Leclerc, Le Goff P. // Application to deep filtration. – Ind. Eng. Chem. – 1970. – V. 62. – № 5. – P. 8-35.

8. Удов, В.Н. Очистка промышленных газов фильтрами / В.Н. Удов, Б.И. Мягков. – М.: Химия, 1970. – 320 с.

9. Le Goff, P. Etude sur modele du colmatage d'un milieu filtrant. Ecoulement d'une suspension de microspheres a travers un empilement de macrospheres / Le Goff P., Delachambre G. // Revue Francaise des Corps Gras. – 1965. – № 1. – P. 3-11.

10. Maroudas, A. Particle deposition in granular filter media / A. Maroudas // Pt. II. – Filtr. Separ. – 1965. – V. 2. – № 5 – P. 369-372.

11. Белов, С.В. Пористые металлы в машиностроении / С.В. Белов. – М.: Машиностроение, 1981. – 248 с.

12. Фукс, Н.А. Механика аэрозолей / Н.А. Фукс. – М.: АН СССР, 1955. – 352 с.

13. Чен, Ч. Фильтрация аэрозолей волокнистыми материалами / Ч. Чен // Успехи химии, 1956. – Т. 25. – № 3. – С. 368-392.

14. Stairmand C.J. Influence of Inertia on the process of Deposition In Granular media / C.J. Stairmand // Trans.Inst.Ch.Eng. – 1950. – V. 28. – P. 130.

15. Эйнштейн, А. Собрание научных трудов / А. Эйнштейн. – М.: Наука, 1966. – Т. 3. – 632 с.

16. Стечкина, И.Б. Исследование в области волокнистых аэрозольных фильтров. Расчет диффузионного осаждения аэрозолей в волокнистых фильтрах / И.Б. Стечкина, Н.А. Фукс // Коллоидный журнал, 1967. – Т.29. – № 2. – С. 260-263.

17. Кирш, А.А. Инерционное осаждение аэрозолей в модельных фильтрах при малых числах Рейнольдса / А.А. Кирш, И.Б. Стечкина // Коллоидный журн, 1977. – Т. 39. – № 1. – С. 36-43.

18. Iwasaki, T. Some notes on sand filtration / T. Iwasaki // Jour. AWWA. – 1937. – № 29. – P. 1591-1602.

19. Yao, K. Water and Waste Water Filtration: Concepts and Application / K. Yao [et al.]. // Environmental Science and Technology. – 1971. – Vol. 5. – № 12. – P. 1105-1112.

20. Левич, В.Г. Физико-химическая гидродинамика / В.Г. Левич. – М.: Государственное издательство физико-химической литературы, 1959. – 700 с.

21. Bliss, T. Suspended Solids Washing Overview / T. Bliss, M. Ostoj-Starzewski. // IPST Technical Paper Series Number 679. – 1997. – 13 p.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 04.04.2017

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, используемые 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

Система микропроцессорного автоматизированного регулирования положения распределительной штанги относительно обрабатываемой поверхности

Предназначена для повышения равномерности внесения рабочего раствора пестицидов штанговыми опрыскивателями, снижения времени на подготовку агрегата к работе и его регулировку в процессе работы.

Система обеспечивает соблюдение постоянства расстояния между распылителями и обрабатываемой поверхностью в процессе работы опрыскивателя, как на склонах, так и на равнинной местности.



Основные технические данные

Тип механизма изменения угла наклона штанги	Гидравлический
Тип системы	Микропроцессорная
Тип датчиков	Ультразвуковые
Диапазон измерения, м	0,4 – 2,0
Погрешность измерения расстояния между штангой и обрабатываемым объектом, м	0,040
Время готовности системы к работе, мин.	до 1
Напряжение питающей сети, В	=12
Масса, кг, не более	40

