



ISSN 2078-7138

АГРОПАНОРАМА

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ ДЛЯ РАБОТНИКОВ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

№ 2
апрель
2019

*Обоснование параметров калибрующей поверхности
картофелесортировальной машины*

*Аддитивные технологии: проблема ступенчатого
рельефа поверхности*

*Варианты формирования расчетных цен на продукцию
свиноводческих племенных организаций в условиях
межхозяйственной кооперации*

*Очистка и гомогенизация рабочей жидкости при
обкатке гидромеханических коробок
переключения передач*



**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА И
ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**БЕЛОРУССКИЙ РЕСПУБЛИКАНСКИЙ ФОНД
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

**БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

Уважаемые коллеги!

***Приглашаем Вас принять участие в работе 11-й
Международной научно-практической конференции***

***«Формирование организационно-
экономических условий эффективного
функционирования АПК»»,***

***которая состоится в Белорусском
государственном аграрном техническом
университете***

30 - 31 мая 2019 г.

Основные направления работы конференции:

- Повышение конкурентной устойчивости организаций АПК на основе инновационной модернизации производства***
- Информационное обеспечение и системные методы в инновационной деятельности АПК***
- Современные направления менеджмента и маркетинга в условиях развития интеграционных процессов***

***г. Минск, пр-т Независимости, 99, корпус 1
Контактные телефоны: (+ 375 17) 267-60-64, 267-51-83
E-mail: Konf_2019@mail.ru
www.bsatu.by***

АГРОПАНОРАМА 2 (132) апрель 2019

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
Игорь Степанович Крук

Редакционная коллегия:

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

Е.В. Сенчуров – ответственный секретарь
Н.И. Цындрин – 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, 2019.

Формат издания 60 x 84 1/8.

Подписано в печать с готового оригинала-макета 23.04.2019 г. Зак. № 339 от 19.04.2019 г.

Дата выхода в свет 30.04.2019 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 1-ое п/г 2019 г.:
для индивидуальных подписчиков - 17,77 руб.;

ведомственная - 21,54 руб.;

Цена журнала в киоске БГАТУ - 5,65 руб.

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

СОДЕРЖАНИЕ

К 110-летию со дня рождения первого ректора БИМСХ В.П. Суслова.....	2
К 90-летию со дня рождения заслуженного деятеля науки БССР В.А. Скотникова.....	3

Сельскохозяйственное машиностроение. Металлообработка

В.Н. Еднач, В.П. Чеботарев Обоснование параметров калибрующей поверхности картофелесортировальной машины.....	5
А.С. Мезга, Н.О. Петрович, С.Р. Белый, Г.А. Радишевский Исследование закономерности изменения скорости резания и мощности, затрачиваемой на привод режущих аппаратов в зерноуборочных комбайнах.....	9
Н.К. Толочко, О.В. Сокол Аддитивные технологии: проблема ступенчатого рельефа поверхности.....	12

Технологии производства продукции растениеводства и животноводства. Зоотехния

Н.Н. Вечер Агробиологические особенности возделывания амаранта метельчатого (AMARANTHUS PANICULATUS L.) в условиях интродукции.....	17
А.В. Клочков, О.В. Гордеенко, С.С. Шкуратов, В.В. Азаренко Анализ способов и технических средств протравливания семян и перспективы их развития.....	20

Технологии переработки продукции АПК

А.В. Горный, Н.Ф. Бондарь Использование мелкой фракции клубней картофеля в диетическом питании.....	25
А.М. Мазур Основные факторы, влияющие на выбор технологии производства крахмала из картофеля.....	27

Технический сервис в АПК. Экономика

И.И. Станкевич, А.С. Герасимец Методические аспекты оценки устойчивости развития молокоперерабатывающих предприятий (на примере УП «Оршанский молочный комбинат»).....	30
А.А. Бурачевский, Г.И. Гануш Варианты формирования расчетных цен на продукцию свиноводческих племенных организаций в условиях межхозяйственной кооперации.....	36
Н. Г. Королевич, Г. И. Янукович, Е.А. Тюнина Расчет ущерба от отклонения напряжения в осветительных установках.....	41
В.М. Капцевич, В.К. Корнеева, И.В. Закревский, А.Н. Рыхлик Очистка и гомогенизация рабочей жидкости при обкатке гидромеханических коробок переключения передач.....	45

К 110-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ ПЕРВОГО РЕКТОРА БИМСХ В.П. СУСЛОВА

(13.04.1909 г. – 19.07.1996 г.)

13 апреля 2019 г. исполнилось 110 лет со дня рождения ученого в области организации и технологии ремонтно-обслуживающего производства в АПК, доктора технических наук, профессора, первого ректора БИМСХ Виктора Павловича Суслова



В.П. Суслов родился в 1909 году в г. Уфе. В 1934 году окончил Томский индустриальный институт. Трудовую деятельность начал на Уральском заводе тяжелого машиностроения им. С. Орджоникидзе «Уралмаш», где прошел путь от мастера до главного инженера.

В 1937 году, как способный специалист, направлен в США для изучения зарубежного опыта машиностроения.

В 1940 г. назначен директором Воронежского машиностроительного завода, а в 1941 г. – возглавил завод «Двигатель революции» в Нижнем Новгороде.

В годы Великой Отечественной войны находился в рядах Советской Армии, воевал на Курской дуге, был командиром орудия, оружейным мастером и начальником армейских артиллерийских ремонтных мастерских.

В 1944 году направлен на восстановление Харьковского тракторного завода, работал начальником производства, заместителем главного инженера завода.

С 1946 года трудовая деятельность В.П. Суслова непрерывно связана с Республикой Беларусь. Приказом министра автотракторной промышленности СССР он был назначен директором Минского велозавода, а затем – Минского тракторного завода (МТЗ).

Под руководством В.П. Суслова разработан и освоен массовый выпуск универсальных тракторов «Беларус».

Научно-педагогическая деятельность В.П. Суслова началась с 1951 года: доцент, заведующий кафедрой тракторов, декан автотракторного факультета Белорусского политехнического института.

В 1954 г. назначен первым ректором Белорусского института механизации и электрификации сельского хозяйства, а также руководил кафедрами технологии металлов и ремонта машин.

В 1974 году успешно защитил докторскую диссертацию, а через год ему было присвоено ученое звание профессора.

В.П. Суслов опубликовал более 300 научных трудов по проблемам технического обслуживания и ремонта сельскохозяйственной техники. Под его руководством подготовлено 4 доктора и 26 кандидатов технических наук. Разработана оптимальная схема развития ремонтного производства в сельском хозяйстве Республики Беларусь.

Виктор Павлович Суслов постоянно вел активную общественную работу как член технического Совета Госагропрома БССР, координационного Совета ГОСНИТИ и ряда специализированных научных советов, Совета ветеранов войны, неоднократно избирался делегатом нескольких партийных съездов, депутатом Минского городского Совета.

За достигнутые успехи в развитии и восстановлении промышленности и значительные достижения в области восстановления и упрочнения деталей сельскохозяйственной техники награжден двумя орденами Трудового Красного Знамени, двумя золотыми и одной бронзовой медалями ВДНХ СССР, «Изобретатель СССР» и «За особые заслуги перед высшей школой».

Дело, начатое Виктором Павловичем, продолжают его последователи. Так, открытый в БИМСХ в 1965 году по инициативе В.П. Суслова факультет организации и технологии ремонта сельскохозяйственных машин продолжает свое развитие в новом качестве, как факультет «Технический сервис в АПК» – единственный в Республике Беларусь, обеспечивающий подготовку высококвалифицированных инженерных кадров для агротехнического сервиса по специальностям I ступени высшего образования: «Ремонтно-обслуживающее производство в сельском хозяйстве», «Материально-техническое обеспечение агропромышленного комплекса» и II ступени высшего образования: «Технический сервис в АПК».

Заложенные В.П. Сусловым основы становления БИМСХ способствовали дальнейшему развитию высшего аграрного образования в нашей стране. Постоянный поиск новых, прогрессивных решений в организации подготовки инженерных кадров высшей квалификации, укрепление и совершенствование материально-технической базы целенаправленно продолжают и реализуются в университете и в настоящее время.

А.В. Миранович,
декан факультета «Технический сервис в АПК»
БГАТУ

В.Е. Тарасенко,
зав. кафедрой технологий и организации
технического сервиса БГАТУ

К 90-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ ЗАСЛУЖЕННОГО ДЕЯТЕЛЯ НАУКИ БССР В.А. СКОТНИКОВА

(14.02.1929 г. – 27.05.1988 г.)

14 февраля 2019 г. исполнилось 90 лет со дня рождения ученого в области теории и проектирования дорожных, мелиоративных и сельскохозяйственных машин, доктора технических наук, профессора, заслуженного деятеля науки Белорусской ССР Валерия Александровича Скотникова.



В.А. Скотников родился в 1929 году в г. Калинине. В 1952 г. с отличием окончил Ленинградский политехнический институт, энергомашиностроительный факультет. Трудовую деятельность начал на дизелестроительном заводе им. Ф.Э. Дзержинского в г. Балакове Саратовской обл. С 1953 по 1966 гг. работал инженером-конструктором, старшим инженером, руководителем группы, начальником конструкторского и экспериментально-исследовательского отделов в СКБ-2 мелиоративных машин в г. Минске.

С 1966 г.- на педагогической работе в Белорусском институте механизации сельского хозяйства: доцент кафедры «Тракторы и автомобили», секретарь парткома, проректор по научно-исследовательской работе, с 1977 по 1988 г. – ректор института.

Научная деятельность В.А. Скотникова связана с активным проведением мелиорации в Белорусской ССР и введением в сельскохозяйственный оборот заболоченных земель. В 1963 году он успешно защитил кандидатскую диссертацию, а в 1974 году – докторскую диссертацию на тему: «Основы теории проходимости гусеничных болотоходных тракторов». Под его руководством создан ряд оригинальных мелиора-

тивных машин и тракторов высокой проходимости, не имеющий аналогов в отечественной и мировой практике. Разработаны теоретические основы взаимодействия гусеничных движителей с торфяно-болотной почвой, рекомендации по проектированию тракторов на гусеничном ходу и возможностях применения шарнирно-сочлененных машин.

Основные положения кандидатской и докторской диссертаций В.А. Скотникова изложены в его книге «Пройодимость машин», в которой детально описаны свойства проходимости машин и их показатели, рассмотрены особенности взаимодействия с почвой колесных движителей, а также систематизированы сведения по агротехническим свойствам ходовых систем машин и их воздействию на почву.

Под руководством В.А. Скотникова разработан государственный стандарт СССР по ограничению уровня воздействия ходовых систем на почву (ГОСТ 26955-86 «Техника сельскохозяйственная мобильная. Нормы воздействия движителей на почву»), который был принят в 1986 году и действует по настоящее время.

Огромное значение для образовательного процесса БИМСХ имело издание учебного пособия «Основы теории и расчета трактора и автомобиля» под редакцией В.А. Скотникова, в котором нашли отражение классические положения теории трактора и автомобиля. Пособие было допущено Государственным агропромышленным комитетом СССР в качестве учебного для подготовки инженеров-механиков, издано тиражом 28 тыс. экземпляров и является одним из основных учебных пособий по теории трактора и автомобиля в настоящее время.

Под научным руководством В.А. Скотникова подготовлено 17 кандидатов технических наук. По материалам его исследований получено 17 авторских свидетельств на изобретения, опубликовано 117 научных работ, в т. ч. 8 монографий, 5 учебных пособий союзного и республиканского значения и 3 справочника.

За научные достижения и подготовку инженерно-технических кадров для сельского хозяйства страны В.А. Скотников награжден орденом «Знак Почета», медалями «За доблестный труд» в ознаменование 100-летия со дня рождения В.И. Ленина, «Ветеран труда», двумя серебряными медалями ВДНХ СССР, а также двумя Почетными грамотами Верховного Совета БССР.

Организаторский талант Валерия Александровича, его эрудиция, глубокое знание проблем в науке, непрерывный поиск путей совершенствования подготовки сельскохозяйственных кадров снискали ему заслуженный авторитет и уважение в коллективе БИМСХ и научном сообществе. В.А. Скотникова отличали высокая дисциплина, требовательность, принципиальность, чувство глубокой ответственности за порученное дело, чуткость и доброжелательность к людям.

В.Б. Ловкис,
декан агромеханического факультета БГАТУ

Г.И. Гедроить,
зав. кафедрой тракторов и автомобилей БГАТУ

УДК 631.362.3:635.21

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ КАЛИБРУЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ КАРТОФЕЛЕСОРТИРОВАЛЬНОЙ МАШИНЫ

В.Н. Еднач,

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

В.П. Чеботарев,

зав. каф. сельскохозяйственных машин БГАТУ, докт. техн. наук, профессор

В статье рассматриваются вопросы, связанные с обоснованием и методикой расчета основных кинематических и технологических параметров калибрующей поверхности картофелесортировальной машины.

Ключевые слова: картофель, сортировка, калибровка, очистка, производительность, качество разделения, фракции.

The article deals with the issues related to the rationale and methodology for calculating the basic kinematic and technological parameters of the calibration surface of the potato sorting machine.

Keywords: potatoes, sorting, calibration, cleaning, productivity, quality of separation, fractions.

Введение

В Республике Беларусь в 2018 году производство картофеля составило 5865 тысяч тонн в хозяйствах всех категорий, при этом в сельскохозяйственных организациях – только 598,6 тысяч тонн. На основании этого можно констатировать, что основной объем картофеля производится населением на приусадебных участках и фермерскими хозяйствами. В Республике Беларусь на конец 2018 года насчитывалось 2652 фермерских хозяйства. Анализ производства картофеля крестьянскими фермерскими хозяйствами за период с 2010 по 2017 гг. показывает неуклонный рост объемов производства. Так, производство картофеля фермерскими хозяйствами в 2017 году выросло до 6 %, что в среднем на каждое хозяйство составляет около 130 тонн. Поэтому фермерские хозяйства нуждаются в машинах для послеуборочной доработки, в частности, сортировальных и калибровальных машинах невысокой производительности. Кроме того, фермерам требуется качественно калибровать клубни картофеля на фракции независимо от их формы.

Целью работы является: обоснование параметров калибрующей поверхности для разделения клубней картофеля на фракции.

Основная часть

В Белорусском государственном аграрном техническом университете разработано простое устройство в виде калибрующей поверхности, образованной продольно расположенными роликами (рис. 1).

Одним из существенных отличий от существующих калибровальных поверхностей картофелесортировальных машин является наличие регулировки кинематического режима работы в зависимости от



а)



б)

Рис. 1. Машина для калибровки картофеля:
а) калибратор с чередующимися гладкими и спиральными роликами; б) машина для калибровки картофеля МК-15 с дополнительно установленным роликовым калибратором

формы клубней. Суть регулирования заключается в изменении соотношения окружных скоростей соседних роликов, что исключает защемление клубней и последующее их повреждение. Это существенно сказывается на сохранности и товарном виде обрабатываемого картофеля.

Как известно, основным технологическим показателем работы калибрующей поверхности является удельная производительность, которая зависит от скорости перемещения по ней калибруемого материала, длины и ширины самой поверхности.

Для определения оптимальной скорости перемещения калибруемого материала, при которой ему не наносятся повреждения и сохраняются основные показатели качества процесса, следует рассмотреть взаимодействие клубня картофеля, например, округлой формы с продольными роликами.

Анализ движения клубня во впадине между вращающимися роликами показал, что уменьшение скорости приводит к скапливанию движущихся за ним клубней, и в результате возникает затор. Увеличение скорости ведет к проскакиванию клубней над калибрующей щелью, что уменьшает точность разделения клубней на фракции. Для исключения данных недостатков необходимо наличие конструктивного элемента, позволяющего стабилизировать скорость. В качестве данного элемента предложена спираль, выступы которой подталкивают клубни, стабилизируя производительность калибрующей поверхности. Исключение повреждений от взаимодействия клубней картофеля с выступами спирали возможно при совпадении осевой скорости перемещаемых клубней витками спирали со средней скоростью движения клубней по гладким роликам. В то же время на реальной сортировальной поверхности движение картофеля в установившемся режиме представляет собой сплошной поток, состоящий из клубней различной формы, в связи с чем угол наклона спирали должен обеспечивать оптимальную скорость движения и не должен защемлять клубни.

В результате предварительного анализа было установлено, что точки поверхности клубня при движении по калибрующей роликовой поверхности описывают спираль, форма которой в основном зависит от формы клубня, угла наклона поверхности и частоты вращения роликов. Для упрощения анализа смоделировано в графоаналитическом редакторе «SOLIDWORKS» перемещение клубня шарообразной формы по роликам, расположенным под наклоном к горизонту. Траектория перемещения точки на поверхности клубня имела вид спирали, представленной на рис. 2.

Данная траектория точек была образована в результате двух независимых движений: первого – вращательного, в результате взаимодействия клубня с роликами, второго – поступательного, от скатывания клубня по калибрующей поверхности вдоль роликов. Скорость каждой точки поверхности клубня может быть разложена на поперечную и продольную составляющие. После сопоставления траектории движения точек контакта клубня с роликом, предложена оптимальная величина шага спирали на ролике.

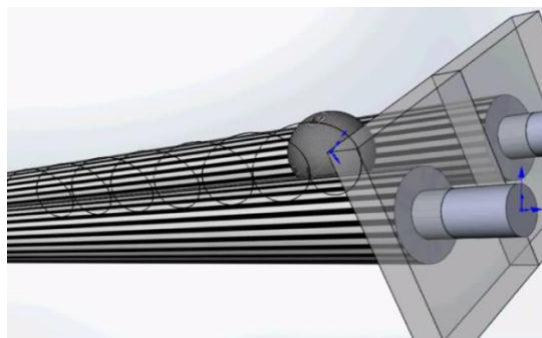


Рис. 2. Траектория движения точки на поверхности клубня при его перемещении по калибрующим роликам

Анализ траектории точки контакта в виде винтовой линии (рис. 3) показал, что в развертке один виток с шагом H будет представлять прямую линию с углом подъема винтовой ψ , длиной развернутой окружности ролика $2\pi R$.

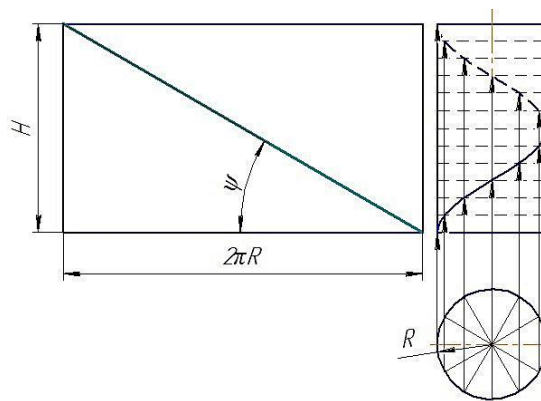


Рис. 3. Развертка цилиндрической винтовой линии

Поскольку траектория движения клубня округлой формы определяется соотношением продольной и поперечной скоростей точек на поверхности клубня, то проекция точки на развертку винтовой линии определяет векторное значение скорости клубня в точке контакта с роликом. Таким образом, скорость движения точки определена из условия траектории ее движения по выражению:

$$V_{т.кл} = \sqrt{V_{вр}^2 + V_{кач}^2}, \quad (1)$$

где $V_{вр}$ – составляющая от окружной скорости роликов (при движении без проскальзывания на ролике), м/с;

$V_{кач}$ – составляющая от поступательной скорости при движении вдоль роликов, м/с.

Угол наклона образующей спирали траектории движения ψ определяется согласно выражению:

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{V_{кач}}{V_{вр}}. \quad (2)$$

Угловая скорость вращения клубня ω_k вдоль оси, параллельной оси роликов, в зависимости от скорости вращения ролика ω_p , при отсутствии проскальзывания на ролике будет определена как:

$$V_{вр} = \omega_k \cdot R_k = \omega_p \cdot R, \quad (3)$$

где R – радиус ролика, м;
 R_k – средний радиус клубня, м.

С учетом частоты вращения ролика:

$$V_{вр} = n \cdot 2 \cdot \pi \cdot R, \quad (4)$$

где n – частота вращения ролика, c^{-1} .

Для определения поступательной скорости качения вдоль роликов, рассматривалось продольное перемещение клубня вдоль роликов калибрующей поверхности (рис. 4).

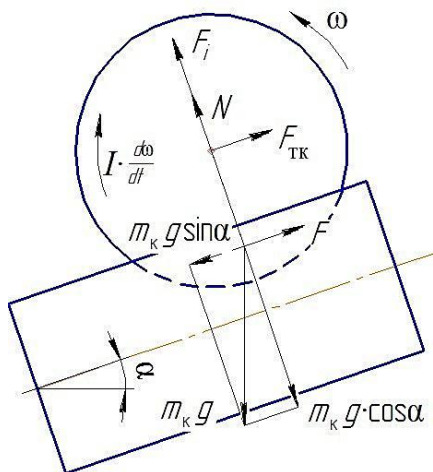


Рис. 4. Схема сил, действующих на клубень

На клубень, находящийся на наклонной поверхности, действуют следующие силы: составляющая силы тяжести $m_k g \sin \alpha$, толкающая клубень в сторону схода, сила трения качения $F_{ТК}$, сила трения скольжения F , которая вызывает вращение клубня вокруг оси, проходящей через центр инерции перпендикулярно поверхности скатывания. Условие равновесия клубня от действующих сил и моментов вращения запишем в следующем виде:

$$\begin{cases} m_k a = m_k g \cdot \sin \alpha - (f_k + f_c) m_k g \cdot \cos \alpha, \\ I \frac{d\omega_k}{dt} = f_c m_k \cdot g \cdot \cos \alpha \cdot r_{кач}, \\ \sin \alpha = \frac{h_1}{L}, \end{cases} \quad (5)$$

где a – ускорение центра инерции клубня вдоль наклонной плоскости, $м/с^2$;

f_k – коэффициент трения качения клубня;

f_c – коэффициент трения скольжения клубня;

L – длина участка поверхности, м;

I – момент инерции, $Н \cdot м^2$;

h_1 – высота скатывания, м.

Для упрощения расчетов, движущийся вдоль роликов клубень представлен как шар, и момент его инерции будет равен:

$$I = \frac{2}{5} m_k \cdot R_k^2. \quad (6)$$

При движении клубня без проскальзывания по ролику, ускорение может быть выражено через угловое ускорение:

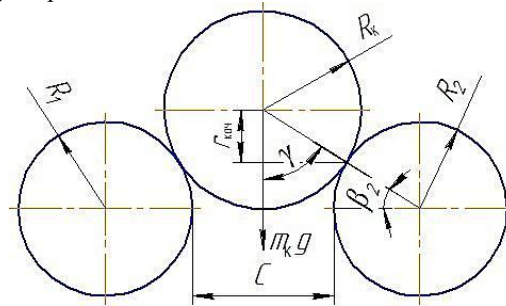


Рис. 5. Положение клубня между двумя роликами

$$a = \frac{d\omega}{dt} \cdot r_{кач}, \quad (7)$$

где $r_{кач}$ – радиус вращения клубня, связанный с точкой касания клубня с роликом, м (рис. 5).

Для расчетов принято условие, при котором $R_1 = R_2$.

$$r_{кач} = R_k \cos \gamma, \quad (8)$$

$$\sin \gamma = \frac{R + C/2}{R_k + R}. \quad (9)$$

В результате система уравнений принимает вид:

$$\begin{cases} \frac{d\omega}{dt} R_k \cos \gamma = g \cdot \sin \alpha - (f_k + f_c) g \cdot \cos \alpha, \\ \frac{2}{5} R_k^2 \frac{d\omega}{dt} = f_c \cdot g \cdot \cos \alpha \cdot R_k \cos \gamma. \end{cases} \quad (10)$$

Разделив первое уравнение системы на второе, можно вывести условие скатывания клубня без проскальзывания:

$$\left(R_k \cos \gamma \cdot f_c \cdot g \cdot \cos \alpha \cdot R_k \cos \gamma \right) / \left(\frac{2}{5} R_k^2 \right) = g \cdot \sin \alpha - (f_k + f_c) g \cdot \cos \alpha, \quad (11)$$

$$\frac{5 \cdot \cos^2 \gamma}{2} = \frac{\operatorname{tg} \alpha - f_k}{f_c} - 1, \quad (12)$$

$$\operatorname{tg} \alpha \leq f_c \left(\frac{5}{2} \cos^2 \gamma + 1 \right) + f_k. \quad (13)$$

Отсюда следуют два важных вывода:

1. Качение клубня без проскальзывания происходит только при таких углах наклона роликов, при которых выполняется условие (13).

2. Так как условие (13) посредством угла γ включает в качестве переменной радиус клубня, то при некотором угле наклона роликов крупные клубни начинают скользить, а мелкие еще катятся, что приводит к затору.

$$\cos^2 \gamma = 1 - \sin^2 \gamma = 1 - \left(\frac{R + C/2}{R_k + R} \right)^2,$$

$$\alpha_{\max} \leq \arctg \left(f_c \left(\frac{5}{2} \cdot \left(1 - \left(\frac{R+C/2}{R_k+R} \right)^2 \right) + 1 \right) + f_k \right). \quad (14)$$

$$\alpha_{\min} \geq \varphi_k. \quad (15)$$

Движение клубня вдоль роликов будет обеспечено при условии:

$$m \cdot g \cdot h = m \cdot V_{\text{кач}}^2 / 2 + I \cdot \omega^2 / 2 + L \cdot f \cdot m \cdot g \cdot \cos \alpha, \quad (16)$$

$$h = L \cdot \sin \alpha. \quad (17)$$

Угловая скорость клубня должна определяться из условия наличия точек контакта клубня с роликами, то есть радиус качения клубня должен определяться как расстояние от оси его вращения до точки контакта:

$$\omega = V_{\text{кач}} / r_{\text{кач}}. \quad (18)$$

При условии, что ролики имеют одинаковый диаметр, задавая радиусом клубня и шириной калибрующей щели C , можем определить радиус качения клубня как

$$r_{\text{кач}} = R_k \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{R+C/2}{R_k+R} \right)^2}. \quad (19)$$

Подставив выражения (17), (18) в выражение (16), получим:

$$m_k \cdot g \cdot L \cdot \sin \alpha = m_k \cdot V_{\text{кач}}^2 / 2 + \frac{2}{5} m_k \cdot R_k^2 \cdot \frac{V_{\text{кач}}^2}{2 \cdot r_{\text{кач}}^2} + L \cdot f \cdot m_k \cdot g \cdot \cos \alpha. \quad (20)$$

После преобразования выражения (20), скорость качения определена как

$$V_{\text{кач}} = \sqrt{\frac{g \cdot L \cdot (\sin \alpha - f \cdot \cos \alpha) \cdot 10 \cdot r_{\text{кач}}^2}{5 \cdot r_{\text{кач}}^2 + 2 \cdot R_k^2}}. \quad (21)$$

Таким образом, скорость точки на поверхности клубня определена как

$$V_{\text{кл}} = \sqrt{(n \cdot 2 \cdot \pi \cdot R)^2 + \frac{g \cdot L \cdot (\sin \alpha - f \cdot \cos \alpha) \cdot 10 \cdot r_{\text{кач}}^2}{5 \cdot r_{\text{кач}}^2 + 2 \cdot R_k^2}}. \quad (22)$$

Угол наклона ψ образующей спирали траектории движения определен как

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{\sqrt{\frac{g \cdot L \cdot (\sin \alpha - f \cdot \cos \alpha) \cdot 10 \cdot r_{\text{кач}}^2}{5 \cdot r_{\text{кач}}^2 + 2 \cdot R_k^2}}}{n \cdot 2 \cdot \pi \cdot R}. \quad (23)$$

Анализируя схему развертки спирали (рис. 3), определен шаг спирали:

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{H}{2\pi \cdot R}. \quad (24)$$

Приравняв правые части формул (23) и (24), получили шаг спирали:

$$H = \sqrt{\frac{g \cdot L \cdot (\sin \alpha - f \cdot \cos \alpha) \cdot 10 \cdot r_{\text{кач}}^2}{5 \cdot r_{\text{кач}}^2 + 2 \cdot R_k^2}} / n. \quad (25)$$

Заключение

Полученные аналитические выражения отражают прямую зависимость шага спирали от частоты вращения роликов. Это позволяет определить оптимальную производительность поверхности, при которой клубни будут двигаться со скоростью, достаточной, чтобы пройти сквозь калибрующую щель, а не проскакивать над ней. При этом более медленные клубни будут транспортироваться спиралью, обеспечивая стабильную производительность поверхности. Определены максимальный и минимальный углы наклона калибрующей поверхности, при которых обеспечивается процесс калибрования клубней картофеля. Для роликов из полиэтилена максимальный угол наклона поверхности составил 45° , а минимальный – 15° .

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Национальный статистический комитет Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/realny-sector-ekonomiki/selskoe-hozyaistvo/selskoe-khozyaistvo/graficheskiy-material-grafiki-diagrammy/valovoy-sbor-i-urozhaynost-kartofelya/>. – Дата доступа: 10.03.2019.
2. Еднач, В.Н. Повышение качества калибрования картофеля поверхностью с изменяющейся скоростью вращения роликов: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / В.Н. Еднач; Белорус. гос. аграр. техн. ун-т. – Минск: БГАТУ, 2018. – 24 с.
3. Комлач, Д.И. Расчет основных технических параметров роликового калибратора / Д.И. Комлач, В.Н. Еднач // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2016. – Вып. 50. – Т. 1. – С. 226-232.
4. Еднач, В.Н. Повышение эффективности предпродажной подготовки картофеля / В.Н. Еднач, Г.А. Радишевский, Д.И. Комлач, А.Л. Рапинчук // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2013. – Вып. 47. – Т. 1. – С. 181-187.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 18.03.2019

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ СКОРОСТИ РЕЗАНИЯ И МОЩНОСТИ, ЗАТРАЧИВАЕМОЙ НА ПРИВОД РЕЖУЩИХ АППАРАТОВ В ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНАХ

А.С. Мезга,

студент агромеханического факультета БГАТУ

Н.О. Петрченко,

студент агромеханического факультета БГАТУ

С.Р. Белый,

ст. преподаватель каф. сельскохозяйственных машин БГАТУ

Г.А. Радишевский,

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

В статье исследована закономерность изменения скорости резания и мощности, затрачиваемой на привод режущих аппаратов в зерноуборочных комбайнах с планетарным механизмом привода ножа.

Ключевые слова: режущий аппарат, планетарный механизм, резание, нож, затрачиваемая мощность.

The article investigates the pattern of changes in cutting speed and power spent on the drive of cutting machines in combine harvesters with a planetary drive mechanism of the knife.

Keywords: cutting machine, planetary mechanism, cutting, knife, power consumption.

Введение

Производители зерноуборочных комбайнов стремятся повысить надежность, увеличить производительность и снизить мощность, затрачиваемую на технологический процесс.

Одной из важнейших операций технологического процесса является срезание хлебной массы. В большинстве современных зерноуборочных комбайнов применяется планетарный привод режущего аппарата, информация о параметрах и режимах работы которого противоречива. В источнике [1] представлено, что график изменения скорости резания имеет вид трапеции, а в источнике [2] показан в виде синусоиды.

Таким образом, целью данной работы является дальнейшее исследование процесса резания, выявление закономерности движения ножа и определение мощности, затрачиваемой на процесс резания режущим аппаратом с планетарным механизмом привода.

Основная часть

Планетарный механизм включает в себя коническую прямозубую передачу с колесами Z_1 и Z_2 , которая используется для перенаправления крутящего момента и планетарное зацепление, подобранное таким образом, что при обкатывании сателлита z_4 по коронной шестерне z_3 , ось пальца $m-m$ перемещается по прямой линии $n-n$ (рис. 1). За счет этого и происходит преобразование вращательного движения в возвратно-поступательное.

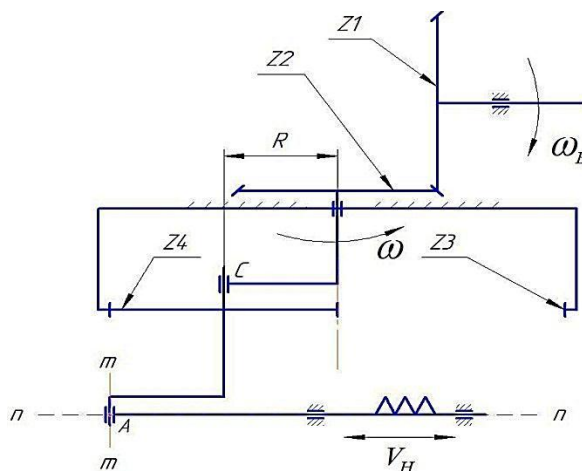


Рис. 1. Кинематическая схема планетарного механизма

Для дальнейшего анализа провели более детальное исследование планетарного зацепления и его связи с приводным пальцем.

На рис. 2 точка A лежит на оси $m-m$, которая перемещается по прямой $n-n$, а точка C лежит на оси сателлита.

Из рис. 2 перемещение пальца можно определить по выражению:

$$X = 2r - (2r \cdot \cos \alpha), \quad (1)$$

где α – угол поворота водила, град;

ω – угловая частота вращения водила, с^{-1} .

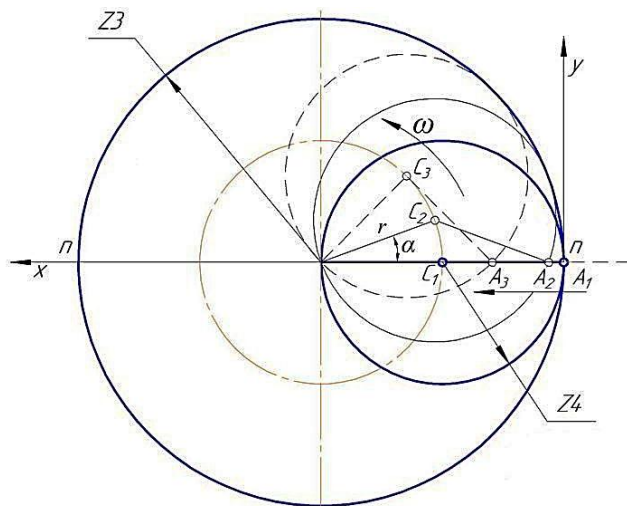


Рис. 2. Фрагмент, обосновывающий движение ножа

Скорость ножа определяется как первая производная от перемещения по времени $\dot{y} = 2R\omega(\sin \alpha)$, аналогично вторая производная от перемещения по времени является ускорением.

$$a = 2r\omega X^2 (\cos \alpha) \quad (2)$$

Подставим в данные выражения $r = 0,02025$ м, $\omega = 62,83$ с⁻¹, (при $n = 600$ мин⁻¹) [3], при проведении расчетов угол α изменяем на десять градусов. По полученным данным построен график изменения скорости и ускорения ножа (рис. 3) в зависимости от его положения (S – ход ножа).

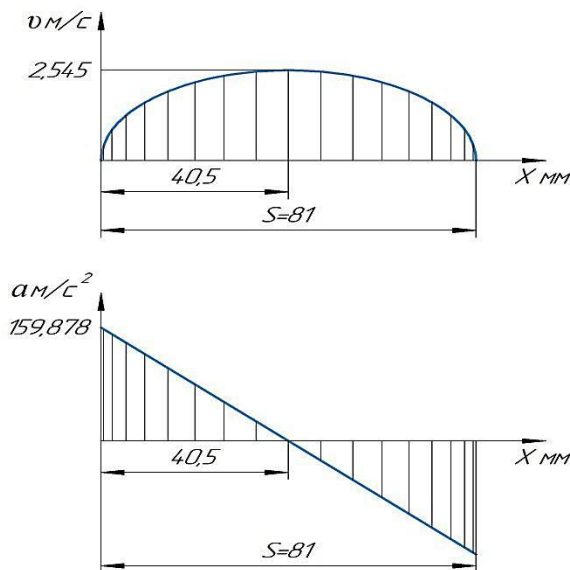


Рис. 3. Графики изменения скорости и ускорения ножа

Для определения мощности, затрачиваемой на процесс резания, использовали методические указания [1]. По результатам графического анализа процесса резания выявили, что срез начинается при перемещении $X_n = 31,5$ мм и заканчивается при перемещении $X_k = 62$ мм (рис. 4).

В процессе резания на нож режущего аппарата действует сила T_i , являющаяся суммой сил сопротивления срезу, силы инерции и силы трения [1]:

$$T_i = R_{cp} + P_i + F, \quad (3)$$

где R_{cp} – среднее значение силы сопротивления срезу стеблей Н;

P_i – сила инерции масс ножа, возникающая за счет непостоянства скорости перемещения ножа, Н;

F – сила трения ножа по пальцевому брусу, вызываемая его силой тяжести, Н.

По методике, приведенной в источнике [1], определяли значения указанных выше сил:

$$R_{cp} = (\varepsilon f_n z) / (X_k - X_n), \quad (4)$$

где ε – удельная работа резания, Дж/см²;

f_n – площадь нагрузки на лезвие сегмента, см²;

z – количество сегментов, шт.

$$R_{cp} = (1,5 \cdot 10^{-2} \cdot 90,72 \cdot 79) / (0,062 - 0,0315) = 3524,695 \text{ Н},$$

$$P_i = m_n \omega^2 r (1 - X/r), \quad (5)$$

где m_n – масса ножа, $m_n = m_o B$, кг;

m_o – масса одного погонного метра ножа ($m_o = 2,0$ кг/м) [1];

B – длина ножа, м.

$$P_i = 12 \cdot 62,83^2 \cdot 0,0405 (1 - X/0,0405), \quad (6)$$

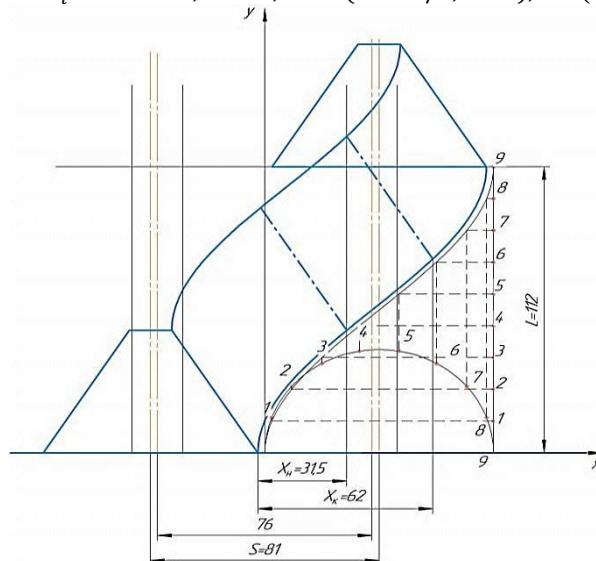


Рис. 4. Фрагмент перемещения сегмента ножа

$$F = f G, \quad (7)$$

где $G = m_n g$ – вес ножа, определяемый из расчета его длины;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

f – коэффициент трения ($f = 0,25 \dots 0,30$) [1].

$$F = 0,25 \cdot 117,72 = 29,43 \text{ Н}.$$

Мощность, необходимая для выполнения процесса резания [1]:

$$N_p = T_i \omega r. \quad (8)$$

Произведя расчет для точек, соответствующих перемещению ножа, построен график изменения мощности, затрачиваемой на срез растений (рис. 5).

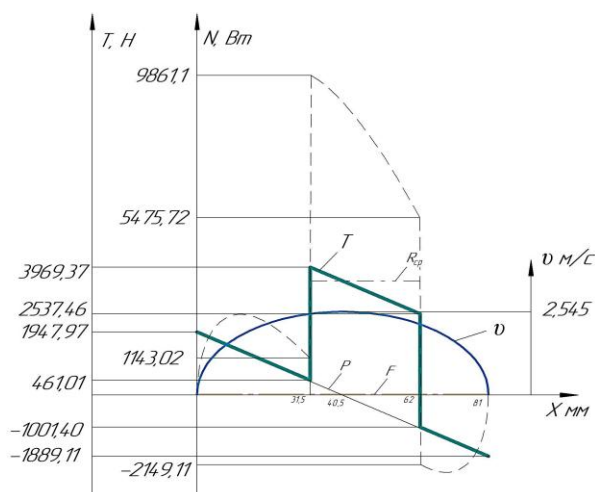


Рис. 5. График изменения мощности

Из графика (рис. 5) видно, что затрачиваемая мощность в процессе резания значительно превышает мощность до начала и после окончания процесса резания. Пиковое значение мощности составляет 9861,1 Вт, среднее – 2522,46 Вт.

Из рисунка 5 также видно, что для снижения мощности, затрачиваемой на срез растений, процесс резания должен начинаться при перемещении ножа $X=S/2$ (40,5 мм) или как можно ближе к этой точке.

Проанализировав процесс резания хлебной массы режущим аппаратом с увеличенным шагом пальцев (81 мм), получили, что начало резания смещается на 2,5 мм и составляет 34 мм. Как и в первом случае, произвели расчет сил, действующих на нож, и мощности, затрачиваемой на процесс резания. Построили соответствующие графики (рис. 6).

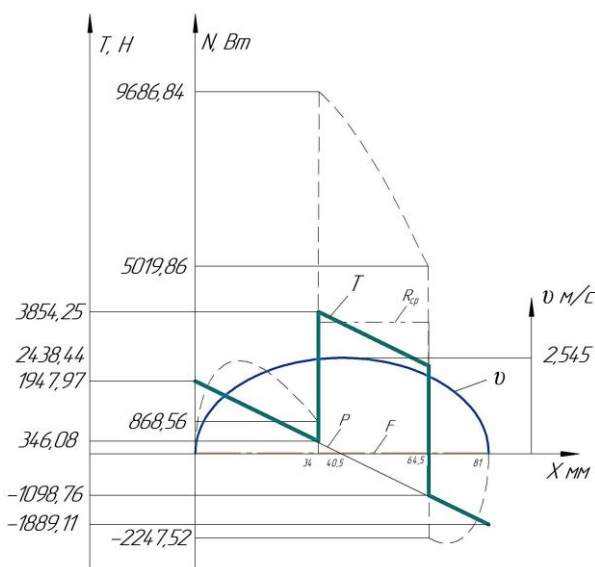


Рис. 6. График изменения мощности

Благодаря увеличению шага пальцев, средняя мощность составила 2094,82 Вт. Таким образом, за счет увеличения шага пальцев предположительно можно достичь снижения средней мощности, необходимой для процесса резания на 427,6 Вт.

Усредненные затраты мощности на процесс среза хлебной массы режущим аппаратом составляют 4,5 кВт, а на весь период уборки с учетом наличия и времени работы комбайнов составят порядка 4860000 кВт·ч [4]. Средний удельный расход топлива для двигателей комбайнов – около 225 г/кВт·ч. Следовательно, на весь период уборки только на срезание стеблей затрачивается около 1093500 кг топлива, что в денежном выражении составит порядка 1213128 рублей. Если модернизировать режущий аппарат, то экономия топлива в масштабах Республики Беларусь составит порядка 180000 кг.

Заключение

Проведен анализ изменения скорости резания механизма с планетарным приводом. По результатам исследования привода выявлено, что закономерность изменения скорости ножа отлична от представленной в литературе.

Произведен расчет сил, действующих в приводе ножа, и мощности, необходимой на процесс резания. Из данного расчета видно, что для снижения данных сил и мощности, затрачиваемой в приводе, необходимо чтобы резание начиналось как можно ближе к половине хода ножа. Для этого авторами предложено увеличить шаг пальцев с 76 мм до 81 мм и сделать равным ходу ножа, чтобы сегмент в начальной и конечной точке останавливался по центру пальца. Произведя аналогичный расчет для данного шага пальцев, установили, что среднее значение мощности снизилось на 427,6 Вт, а пиковое – на 174,26 Вт.

Авторы публикации предлагают внести изменения в конструкцию режущего аппарата, изменив шаг пальцев с 76 мм до 81 мм, что позволит снизить на 17 % среднее значение мощности, затрачиваемой на привод режущего аппарата.

Таким образом, при снижении мощности, затрачиваемой на процесс резания, снизится расход топлива, что приведет к значительной экономии денежных средств на уборку зерновых культур.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ходосевич, В.И. Сельскохозяйственные машины: учебно-методич. пособие / В.И. Ходосевич, Г.А. Радищевский, А.В. Кузьмицкий. – Минск: БГАТУ, 2010. – 60 с.
2. Кленин, Н.И. Сельскохозяйственные машины / Н.И. Кленин, С.Н. Киселев, А.Г. Левшин // КолосС, 2008. – С. 448-452.

3. Комбайн зерноуборочный самоходный КЗС-10К «ПАЛЕССЕ GS10»: инструкция по эксплуатации. – Гомель: Гомсельмаш, 2016 – 277 с.

4 Анализ закономерностей изменения скоростей резания режущих аппаратов зерноуборочных

комбайнов [Текст] / Н.О. Петроченко [и др.] // Агро-панорама. – 2018. – № 3. – С. 2-5.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 24.01.2019

УДК 621.77.04

АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ: ПРОБЛЕМА СТУПЕНЧАТОГО РЕЛЬЕФА ПОВЕРХНОСТИ

Н.К. Толочко,

профессор каф. технологий и организации технического сервиса БГАТУ, докт. ф.-м. наук, профессор

О.В. Сокол,

ст. преподаватель каф. механики материалов и деталей машин БГАТУ

Рассмотрены особенности формирования ступенчатого рельефа на поверхности деталей, создаваемых с помощью аддитивных технологий. Обсуждены возможные пути уменьшения этого рельефа.

Ключевые слова: аддитивные технологии, ступенчатый поверхностный рельеф, толщина слоев.

The features of the formation of a staircase relief on the surface of parts created using additive technologies have been considered. Possible ways to reduce this relief have been discussed.

Keywords: additive technology, staircase surface relief, layer thickness.

Введение

Аддитивные технологии, или технологии 3D-печати, позволяют сравнительно быстро создавать изделия сложных форм непосредственно по их компьютерным моделям, благодаря чему они получают все большее распространение при производстве деталей машин. Вместе с тем эти технологии имеют ряд недостатков, сдерживающих их широкое применение. Одним из таких недостатков, которым обладают аддитивные технологии в силу присущего им послойного характера построения изделий, является формирование ступенчатого рельефа наклонных или криволинейных поверхностей создаваемых деталей, что часто рассматривается как весьма нежелательное явление с учетом требований, предъявляемых к качеству деталей.

Данная статья посвящена анализу особенностей формирования и путей снижения ступенчатого рельефа поверхности деталей, создаваемых с помощью аддитивных технологий. В последние годы изучению этих вопросов уделяется повышенное внимание, о чем свидетельствует все возрастающее число публикаций по соответствующей тематике.

Основная часть

При создании деталей с помощью аддитивных технологий ступенчатый рельеф формируется как на наклонных, так и криволинейных поверхностях, причем и в том, и другом случае ступеньки рельефа могут образовываться как в пределах CAD-поверхности проектируемых деталей, так и за ее пределами [1-3]. Следствием формирования ступенчатого рельефа являются погрешности построения деталей. Возмож-

ные схемы формирования ступенчатого рельефа поверхностей деталей, создаваемых с помощью аддитивных технологий, показаны на рис. 1.

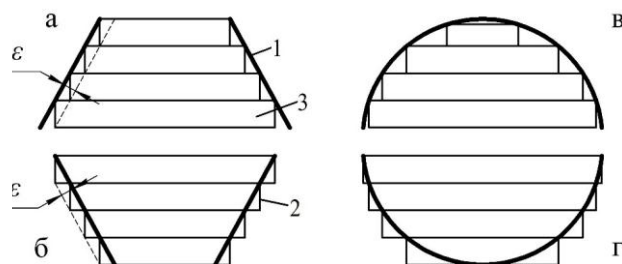


Рис. 1. Схемы формирования ступенчатого рельефа наклонных (а, б) и криволинейных (в, г) поверхностей ЛОМ-деталей:

- 1 – CAD-поверхность проектируемой детали;
- 2 – ступенчатый рельеф изготовленной детали;
- 3 – наращиваемые слои детали

Величина погрешности построения ε определяется расстоянием между вершинами впадин рельефа и CAD-поверхностью деталей, если ступеньки рельефа образуются в пределах CAD-поверхности (рис. 1а, в), и между вершинами выступов рельефа и CAD-поверхностью деталей, если ступеньки рельефа образуются за пределами CAD-поверхности (рис. 1б, г). В случае, когда ступенчатый рельеф формируется на наклонных прямолинейных поверхностях (рис. 1а, б), величина ε остается постоянной на всех участках поверхности, и, наоборот, в случае, когда ступенчатый рельеф формируется на криволинейных поверхностях, величина ε изменяется на разных участках поверхности (рис. 1в, г).

На рис. 2 схематично показан фрагмент ступенчатого рельефа наклонной поверхности LOM-детали. Погрешность построения ε определяется по формуле:

$$\varepsilon = h \cos \alpha, \quad (1)$$

где h – высота ступеньки рельефа, равная толщине слоев детали;

α – угол наклона CAD-поверхности детали относительно горизонтальной строительной платформы.

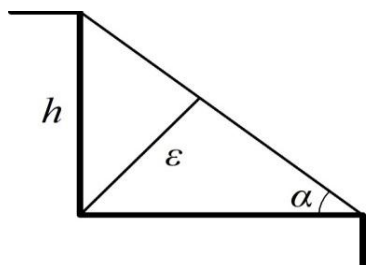


Рис. 2. Фрагмент ступенчатого рельефа поверхности

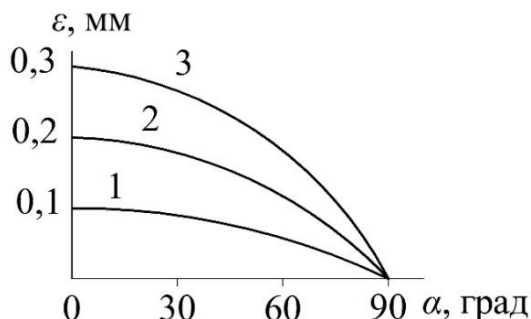


Рис. 3. Зависимость погрешности построения ε от угла наклона α для разной толщины слоев: $h = 0,1$ (1), $0,2$ (2) и $0,3$ мм (3)

Как следует из формулы (1), погрешность ε уменьшается с уменьшением толщины слоев h и с увеличением угла наклона α ($\varepsilon = 0$ при $\alpha = 90^\circ$). На рис. 3 показаны типичные зависимости ε (α) для разных значений h .

Углы наклона поверхностей создаваемых деталей задаются формой деталей. Поэтому для снижения ступенчатого рельефа желательно выбирать для построения такие по форме детали, у которых углы наклона поверхностей или их отдельных участков близки к 90° , а в лучшем случае равны 90° . Однако возможности такого выбора весьма ограничены.

На практике снижение ступенчатого рельефа обеспечивается уменьшением толщины слоев, а также рациональным ориентированием слоев.

Уменьшение толщины слоев – наиболее распространенный путь снижения ступенчатого рельефа. Аддитивные технологии позволяют наращивать довольно тонкие слои. Однако в силу особенностей процессов наращивания, толщину слоев можно уменьшать до определенных пределов, что накладывает соответствующие ограничения на возможности снижения ступенчатого рельефа (табл. 1) [4-13].

Кроме того, с уменьшением толщины слоев, растет продолжительность и себестоимость изготовления деталей [13]. Рассмотрим этот вопрос на примере построения металлических LOM-деталей. Построение таких деталей может происходить по разным схемам, различающимся последовательностью операций построения: 1) «пакетирование-раскрой-соединение»; 2) «пакетирование-соединение-раскрой»; 3) «раскрой-пакетирование-соединение» [14]. В свою очередь, каждая из этих схем может реализовываться по разным вариантам, различающимся способами выполнения отдельных операций построения. Выберем для рассмотрения наиболее простой и экономичный вариант построения по схеме «раскрой-пакетирование-соединение», согласно которому металлические листы подвергают лазерному раскрою с одновременным формированием отверстий под болты, после чего полученные выкройки пакетируют в стопку, которую стягивают болтами [13].

Общая продолжительность изготовления единичной LOM-детали

Таблица 1. Типичные пределы изменения толщины (h) наращиваемых слоев для разных видов аддитивных технологий

Виды технологий*	SLA	SLS	SLM	3DP	MJM	FDM	LOM
$h_{\min}$, мм	0,016	0,02	0,02	0,076	0,016	0,1	0,1
$h_{\max}$, мм	0,25	0,25	0,2	0,254	0,032	0,5	3,0

*Виды технологий:

SLA (Stereolithography Apparatus) – послойное нанесение жидкой фотополимерной смолы, селективное затвердевание слоев под действием луча ультрафиолетового лазера [4, 5].

SLS (Selective Laser Sintering) – послойное нанесение металлических и/или неметаллических порошков, селективное спекание слоев лазерным лучом [6, 7].

SLM (Selective Laser Melting) – послойное нанесение металлических порошков, селективное плавление слоев лазерным лучом [8].

3DP (3D Printing) – послойное нанесение металлических или неметаллических порошков, селективная подача на слои жидкого связующего (клеевого) материала [5].

MJM (Multi-Jet Modeling) – подача жидкой фотополимерной смолы или расплавленного воска каплями непосредственно в место построения детали, где материал затвердевает под действием ультрафиолетового излучения или в результате охлаждения [9].

FDM (Fused Deposition Modeling) – послойная подача расплавленного термопластичного волокна непосредственно в место построения детали, где материал затвердевает в результате охлаждения [10, 11].

LOM (Laminated Object Manufacturing) – пакетирование и соединение листовых выкроек, полученных путем раскроя листовых материалов [12, 13].

$$T = (t_p + t_n)n + t_c, \quad (2)$$

где t_p и t_n – время выполнения циклически повторяющихся операций раскроя (среднее значение) и пакетирования, соответственно, час;

t_c – время соединения выкроек, уложенных в стопку, час;

n – общее число выкроек, из которых строится деталь (предполагается, что все выкройки имеют одинаковую толщину).

Технологическая себестоимость единичной ЛОМ-детали

$$C = C_M + C_3 + C_{\text{экс}} + C_3, \quad (3)$$

где C_M – затраты на материалы;

C_3 – затраты на энергию;

$C_{\text{экс}}$ – затраты на эксплуатацию оборудования;

C_3 – затраты на зарплату.

Затраты на материалы (без учета крепежных деталей, используемых для соединения выкроек)

$$C_M = C_M (V_d + V_{om}), \quad (4)$$

где C_M – цена единицы объема листового металла, руб./м³;

V_d – объем детали, м³;

V_{om} – объем отходов листового металла (неиспользованной части раскроенных металлических листов), м³

$$V_d = Shn, \quad (5)$$

где S – средняя площадь выкройки, м².

Затраты на энергию

$$C_3 = C_3 P t_p n, \quad (6)$$

где C_3 – цена единицы потребляемой электроэнергии, руб./кВт·час;

P – электрическая мощность, потребляемая лазерным раскройным оборудованием, кВт.

Затраты на эксплуатацию оборудования

$$C_{\text{экс}} = \frac{C_o}{\tau F} t_p n, \quad (7)$$

где C_o – цена (покупная стоимость) оборудования, руб.;

τ – срок амортизации оборудования, годы;

F – эффективный годовой фонд времени работы оборудования, час/год.

Затраты на зарплату

$$C_3 = C_{3o} T, \quad (8)$$

где C_{3o} – зарплата работников за единицу времени работы, руб./час.

Болтовое соединение уложенных в пакет выкроек представляет собой одноразовую операцию, время выполнения которой гораздо меньше общего времени выполнения всех циклически повторяющихся операций раскроя и пакетирования, поэтому значением t_c можно пренебречь. Использование современных программ экономного раскроя листовых материалов позволяет существенно уменьшить их отходы, поэтому значением V_{om} также можно пренебречь.

Общее число выкроек n определяется высотой детали H (м) и толщиной выкроек, h :

$$n = \frac{H}{h}. \quad (9)$$

С учетом сделанных допущений, а также формулы (9) уравнение (2) можно представить в следующем виде:

$$T \approx (t_p + t_n) \frac{H}{h}. \quad (10)$$

С учетом сделанных допущений, а также формул (4-9) уравнение (3) можно представить в следующем виде:

$$C \approx C_M SH + \left[\left(C_3 P + \frac{C_o}{\tau F} \right) t_p + C_{3o} (t_p + t_n) \right] \frac{H}{h}. \quad (11)$$

Как видно из уравнений (10) и (11), продолжительность T и себестоимость C построения единичной ЛОМ-детали заданной высоты H нелинейно (все более сильно) увеличиваются с уменьшением толщины выкроек h .

Следует заметить, что затраты на построение металлических ЛОМ-деталей особенно резко возрастают при использовании выкроек предельно малой толщины (~ 0,1 мм), получаемых из металлической фольги, поскольку в этом случае для построения применяются специальные дорогостоящие ЛОМ-принтеры (при этом построение осуществляется по схемам «пакетирование-раскрой-соединение» или «пакетирование-соединение-раскрой») [14].

Аналогичное по характеру увеличение продолжительности и себестоимости построения деталей с уменьшением толщины слоев имеет место и для других видов аддитивных технологий.

В рассмотренном выше варианте снижения ступенчатого рельефа за счет уменьшения толщины слоев предполагалось, что все слои имеют одинаковую толщину, т.е. САД-модель равномерно расслаивается вдоль направления построения. Такой вариант сравнительно прост в реализации, однако в тех случаях, когда изделия имеют криволинейные поверхности, равномерное расслаивание оказывается недостаточно эффективным, и вместо него предпочтение отдается адаптивному расслаиванию. Суть адаптивного расслаивания состоит в том, что толщину слоев изменяют вдоль направления построения по заданной программе: уменьшают, если угол наклона наращиваемых частей поверхности изделия мал, и, наоборот, увеличивают до довольно больших значений, если угол наклона равен 90° или близок к 90° [15]. Благодаря этому, удастся не только обеспечить снижение ступенчатого рельефа поверхности на всем ее протяжении вдоль направления построения, но также сократить число необходимых слоев и тем самым снизить продолжительность и себестоимость построения. Однако возможности адаптивного расслаивания ограничиваются узким диапазоном изменения толщины слоев, характерным для аддитивных технологий (табл. 1). Кроме того, для изменения толщины слоев по мере их наращивания требуется соответ-

ствующее изменение параметров процесса формирования слоев, что ведет к усложнению этого процесса. Исключением является LOM-технология, которая при ее реализации по схеме «раскрой-пакетирование-соединение» позволяет легко варьировать толщину пакетизируемых листовых выкроек (от 0,1 мм до нескольких миллиметров) путем раскроя листов исходного материала разной толщины [16].

Величина ступенчатого рельефа зависит не только от толщины слоев, но и от их ориентации. Поэтому, выбирая оптимальное направление расслаивания CAD-моделей, можно обеспечить существенное снижение ступенчатого рельефа [17, 18]. При этом следует учитывать, что ориентация слоев также способна влиять на число необходимых для построения слоев, объем подпирającego материала, механическую прочность создаваемых деталей. Такое многофакторное влияние ориентации слоев на процесс построения может приводить к ситуациям, когда та или иная ориентация слоев, выбранная с целью снижения ступенчатого рельефа, будет оказывать отрицательное, порой недопустимое влияние на другие параметры этого процесса. Примером тому являются представленные на рис. 4 варианты ориентации слоев при построении LOM-деталей из металлических листовых выкроек, соединенных адгезивом. При вертикальной ориентации слоев практически полностью исключается формирование ступенчатого рельефа, однако создаваемая при этом деталь не в состоянии выдерживать значительные сжимающие и сдвиговые нагрузки в вертикальном направлении, поскольку они могут привести к ее расслаиванию из-за разрушения прослоек адгезива. Во избежание этого следует использовать горизонтальную ориентацию слоев, однако в этом случае боковые поверхности создаваемой детали будут иметь ярко выраженный ступенчатый рельеф.

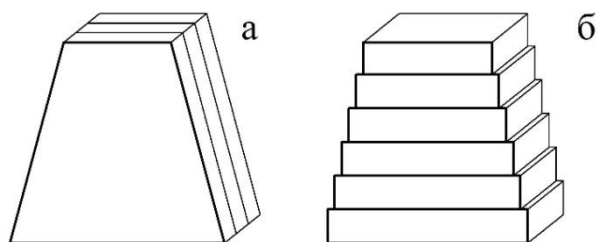


Рис. 4. Два варианта построения LOM-изделия с вертикальной (а) и горизонтальной (б) ориентацией слоев

Обычно при выборе ориентации расслаивания предполагается, что деталь строится из параллельных слоев. Если деталь имеет сложную форму с выступами или изгибами, то для снижения ступенчатого рельефа на соответствующих участках детали, ориентация расслаивания изменяется [19]. В простейшем случае направление ряда параллельных слоев изменяется на 90°. Более эффективным способом снижения ступенчатого рельефа является постепенный поворот

слоев в своем расположении с учетом особенностей формы создаваемой детали – так называемое, многоосевое расслаивание. В результате такого расслаивания образуется ряд слоев неоднородной толщины, благодаря чему обеспечивается наибольшее соответствие поверхностей построенной детали и ее CAD-модели. Однако обеспечить контролируемое изменение толщины слоя на его различных участках довольно трудно, а порой и невозможно (с учетом особенностей построения, присущих разным видам аддитивных технологий). Например, в SLS-технологии слой переменной толщины формируется путем соответствующего управления параметрами лазерной обработки [19].

Снижение ступенчатого рельефа уменьшением толщины слоев, а также рациональным ориентированием слоев нередко оказывается недостаточным. Поэтому поверхности построенных деталей, как правило, подвергают дополнительной обработке (постобработке), в результате которой может быть достигнуто практически полное удаление ступенчатого рельефа. Пост-обработка осуществляется разными способами: фрезерованием (на станках с ЧПУ), шлифованием, полированием, дробеструйной и пескоструйной обработкой, лазерным оплавлением и т.д. [20, 21].

Заключение

Формирование ступенчатого рельефа поверхностей деталей, создаваемых с помощью аддитивных технологий, является неизбежным следствием присущего этим технологиям послойного характера построения деталей. Поскольку для большинства деталей требуется обеспечивать высокое геометрическое качество поверхности, то предпринимаются специальные меры по снижению ступенчатого рельефа в процессе построения деталей. В основном эти меры сводятся к уменьшению толщины наращиваемых слоев и выбору их рациональной ориентации. Однако эти меры недостаточно эффективны, поэтому представляется актуальным поиск новых, альтернативных способов решения проблемы ступенчатого рельефа. Кроме того, следует считать целесообразным пересмотр требований по обеспечению высокого геометрического качества поверхности деталей, создаваемых с помощью аддитивных технологий. Очевидно, строгость выполнения этих требований должна оставаться, прежде всего, в отношении сопрягаемых поверхностей деталей узлов трения, а также в случаях, связанных с необходимостью придания деталям надлежащего внешнего вида.

Среди всех видов аддитивных технологий особое место занимает LOM-технология, для которой характерны некоторые отличительные особенности, связанные с формированием ступенчатого рельефа. В первую очередь, LOM-детали создаются из слоев в виде листовых выкроек, толщина которых может варьироваться в широких пределах (табл. 1). Как следствие, при построении LOM-деталей можно использовать

толстые выкройки с целью снижения продолжительности и стоимости построения, если, конечно, это допустимо условиями эксплуатации деталей. Вторых, во время раскроя исходных листовых материалов поверхность реза можно ориентировать под заданным углом к плоскости получаемых выкроек с помощью 5-координатного раскройного оборудования [16, 22]. Это позволяет при построении LOM-деталей за счет изменения угла реза существенно снижать ступенчатый рельеф даже в тех случаях, когда для построения используются довольно толстые выкройки.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ancau, M. The Optimization of Surface Quality in Rapid Prototyping / M. Ancau, C. Caizar // WSEAS Int. Conf. Engineering mechanics, structures, engineering geology (EMESEG '08). Heraklion, Crete Island, Greece, July 22-24, 2008. – P. 136-141.
2. Ibrahim, D. Roughness prediction for FDM produced surfaces / D. Ibrahim, S. Ding, S. Sun // Int. Conf. Recent trends in engineering & technology (ICRET'2014). Batam (Indonesia), Feb 13-14, 2014. – P. 70-74.
3. Pereira, S., Vaz, A.I.F., Vicente, L.N. On the optimal object orientation in additive manufacturing // Int. J. Adv. Manufacturing Technology. 2018. – Vol. 98. Iss. 5-8. – P. 1685-1694.
4. Колесников, Л.А. Состояние и перспективы развития технологий быстрого прототипирования в промышленности: ч. 1 / Л.А. Колесников, Г.П. Манжула, В.К. Шелег, А.М. Якимович // Наука и техника. – 2013. – № 5. – С. 3–9.
5. Кузнецов, В. Системы быстрого изготовления прототипов и их расширения / В. Кузнецов // CAD/CAM/CAE Observer. – 2003. – №4. – С. 2-7.
6. Zong, G. Direct selective laser sintering of high temperature materials / G. Zong [et al] // Proc. Conf. Solid Freeform Fabrication, University of Texas at Austin, – 1992. – P. 7-85.
7. Kruth, J.P. Binding Mechanisms in Selective Laser Sintering and Selective Laser / J.P. Kruth [et al] // Rapid Prototyping J. – 2005. – Vol. 11. – Iss. 1. – P. 26-36.
8. Shi, X. Performance of High Layer Thickness in Selective Laser Melting of Ti6Al4V / X. Shi [et al] // Materials. – 2016. – № 9. – P. 975-989.
9. Stanek, M. Comparison of different rapid prototyping methods / M. Stanek [et al] // Int. J. Math. & Comp. Simulation. – 2012. – Vol. 6. – Iss. 6. – P. 550-557.
10. Nugroho, A. Effect of layer thickness on flexural properties of PLA (PolyLactid Acid) by 3D printing / A. Nugroho, R. Ardiansyah, L. Rusita, I. L. Larasati // IOP Conf. Series: J. Physics: Conf. Series. 1130. – 2018. – 10 pp.
11. Волхонский, А.Е. Методы изготовления прототипов и деталей агрегатов различных изделий промышленности с помощью аддитивных технологий / А.Е. Волхонский, К.В. Дутков // Образовательные технологии. – 2014. – № 1. – С. 127-143.
12. Alami A.H. Using Laminated Metal Tooling (LMT) in Die Manufacturing For Clay Moulding // Proc. 5th Int. Symp. Mechatronics and its Applications, Amman, Jordan, May 27-29, 2008. – 8 pp.
13. Зленко, М.А. Аддитивные технологии в машиностроении: пособие для инженеров / М.А. Зленко, М.В. Нагайцев, В.М. Довбыш. – М.: ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ». – 2015. – 220 с.
14. Толочко, Н.К. Прямое изготовление металлических деталей с применением LOM-технологии / Н.К. Толочко, А.А. Андрушевич, П.С. Чугаев, Т.А. Богданович // Литье и металлургия. – 2018. – №1. – С. 137-143.
15. Sikder, S. Effect of adaptive slicing on surface integrity in additive manufacturing / S. Sikder, A. Barari, H.A. Kishawy // Proc. ASME 2014 Int. Design Engineering Technical Conf. & Computers and Information in Engineering Conf. IDETC/CIE 2014, august, 17-20, 2014. – Buffalo, New York, USA. – 11 pp.
16. Ahari, H. Laminated injection mould with conformal cooling channels: optimization, fabrication and testing / H. Ahari, A. Khajepour, S. Bedi // J. Machinery Manufacturing and Automation. – 2013. – Vol. 2. – Iss. 2. – P. 16-24.
17. Das, P. Optimum part build orientation in additive manufacturing for minimizing part errors and build time. Master Thesis. USA. Univ. Cincinnati, – 2016. – 60 pp.
18. Taufik, M. Role of build orientation in layered manufacturing: a review / M. Taufik, P. K. Jain // Int. J. Manufacturing Technology and Management. – 2013. – Vol. 27, № 1/2/3. – P. 47-73.
19. Ruan, J. Direct Three-Dimensional Layer Metal Deposition / J. Ruan, L. Tang, F.W. Liou, R.G. Landers // J. Manufacturing Science and Engineering. – 2010. – Vol. 132. – P. 064502-1-064502-6.
20. Alfieri, V. Reduction of surface roughness by means of laser processing over additive manufacturing metal parts / V. Alfieri, P. Argenio, F. Caiazzo, V. Sergi // Materials, 2017. – № 10. – P. 30-42.
21. Post Processing Methods used to Improve Surface Finish of Products which are Manufactured by Additive Manufacturing Technologies: A Review / N. N. Kumbhar, A. V. Mulay // J. Institution of Engineers (India): Series C. – 2018. – Vol. 99. Iss. 4. – P. 481-487.
22. Walczyk, D.F. Recent Developments in Profiled-Edge Lamination Dies for Sheet Metal Forming / D.F. Walczyk, D.E. Harde // Proc. Seventh Solid Freeform Fabrication Symp., Austin, Texas, USA. – 1999. – P. 215-226.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 25.03.2019

УДК 633.19

АГРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ АМАРАНТА МЕТЕЛЬЧАТОГО (*AMARANTHUS PANICULATUS* L.) В УСЛОВИЯХ ИНТРОДУКЦИИ

Н.Н. Вечер,

доцент каф. основ агрономии БГАТУ, канд. биол. наук, доцент

*Дополнены сведения по влиянию сроков и норм высева амаранта метельчатого (*Amaranthus paniculatus* L.) на урожайность зерна в Беларуси.*

Ключевые слова: норма высева, всхожие семена, фазы роста и развития, энергия прорастания, семенная продуктивность.

*Data on the impact of timing and seeding rate of amaranth paniculata (*Amaranthus paniculatus* L.) on grain yield in Belarus have been added.*

Keywords: seeding rate, germinating seeds, phases of growth and development, germination energy, seed productivity.

Введение

В решении многих задач интенсификации кормопроизводства по укреплению кормовой базы животноводства особенно важным является расширение ассортимента и введение в культуру высокопродуктивных кормовых растений. В последнее время с целью расширения ассортимента возделываемых кормовых культур ведутся поиски нетрадиционных высокобелковых кормовых растений. Особое внимание заслуживает амарант. Амарант принадлежит к семейству амарантовых (*Amaranthaceae* L.), роду амарант, или щирица (*Amaranthus* L.). Это растение имеет 60 видов, из которых на территории СНГ встречается 20. В Республике Беларусь наиболее широкое распространение получил амарант метельчатый.

По содержанию белка (13-16 %), аминокислот, витаминов, макро- и микроэлементов, биологически активных веществ и масла зерно амаранта превосходит основные традиционные пищевые культуры [1].

Зеленая масса амаранта в расчете на сухое вещество содержит 16-20 % протеина. Ее химический состав существенно изменяется в зависимости от фазы вегетации. В фазе цветения зеленая масса содержит до 3,5-4 % протеина, или 220-230 г в 1 к.е. Аминокислот, в частности лизина, в амаранте в три раза больше, чем в кукурузе. В фазе начала выбрасывания метелки содержание протеина в листьях составляет 21-28 %, жира – 3,2-3,4 %, аскорбиновой кислоты – 173-197 %, бета-каротина – 5,4-6,0 % [2].

Исследования ученых показали, что в листьях амаранта много белка и кальция (3,5 г и 26,7 мг на 100 г сырого вещества соответственно). По содержанию аскорбиновой кислоты амарант превосходит шпинат и листовую свеклу, но уступает капусте [3].

Если принять ценность идеального белка за 100 условных единиц, то белок коровьего молока можно оценить в 72, сои – в 68, пшеницы – в 57, семян амаранта – в 87 единиц. Белок амаранта является одним из са-

мых полноценных и по питательной ценности приравнивается к белку яиц. Сумма незаменимых аминокислот в нем достигает 42 %. При этом вегетативные органы амаранта (стебель и листья) имеют более качественный белково-аминокислотный состав, чем семена.

Амарант начали целенаправленно выращивать еще 8 тыс. лет назад, когда народы Южной Америки и Мексики (ацтеки и инки) ввели его в свой рацион вместе с бобами и кукурузой. Ряд амарантов до сих пор культивируется в народном хозяйстве этих стран (в частности, амарант метельчатый и хвостатый).

Впервые в Европе амарант появился после открытия Америки. Испанцы привезли его для использования на клумбах, а позже он стал применяться на корм животным и для получения зерна. Название «амарант» с греческого переводится как «неувядающий цветок». В России же у растения есть и другие народные названия – бархатник, щирица, петушиный гребешок, кошачий хвост, аксамитник [4].

Проблема получения семян амаранта связана с тем, что в отдельные годы из-за недостатка суммы активных температур, за период вегетации не всегда удается получить полноценное зерно.

Объектом данных исследований являлся амарант метельчатый (щирица метельчатая, щирица американская) из семейства амарантовых.

В задачу исследований входило: дополнить сведения по влиянию сроков посева и норм высева амаранта метельчатого на урожайность зерна в условиях Республики Беларусь.

Основная часть

Для изучения был взят сорт амаранта «Рубин», районированный в Республике Беларусь, семена репродукции Центрального ботанического сада НАН Беларуси.

Морфологические признаки растения: корень стержневой, утолщенный в верхней части и разветвленный в пахотном слое. Стебель прямой, толстый (при

разреженном посеве), ветвистый, неправильно округлый, высотой до 2 м, окраска ярко-красная или зеленая. Листья яйцевидно-ромбические, заостренные, шершавые, расположены на длинных черешках.

Многочисленные мелкие цветки амаранта метельчатого собраны в кисти, образующие в верхней части крупную (длиной до 70-80 см) ветвистую, прямостоячую, иногда с наклонной верхушкой метелку, ярко-красную, бордовую или зеленую. Растение ветроопыляемое. Система опыления смешанная, с разным уровнем само- и перекрестного опыления. Семена очень мелкие, округлые, блестящие, окраска их может быть черной. Масса 1000 семян – 0,5-0,9 г [5].

Амарант метельчатый растет на разных типах почв, за исключением переувлажненных, сильнокислых, требователен к влаге, но переносит кратковременные весенне-летние засухи.

Дружные всходы обеспечиваются при посеве, когда температура почвы на глубине 10 см прогревается на 10-12 °С. Всходы первое время растут медленно. Вегетационный период, в среднем, составляет 90-120 дней.

Амарант метельчатый широко распространен во многих странах мира. Этому способствует высокое содержание белка в семенах и листьях амаранта. Лизина в белке амаранта в 3-3,5 раза больше, чем в кукурузе.

Почва опытного участка – дерново-подзолистая, среднесуглинистая, подстилаемая на глубине 1,3 метра мореным суглинком.

Агрохимические показатели пахотного слоя почвы (0-22 см) опытного участка следующие:

- содержание гумуса – 2,5 %;
- $pH_{КС1}$ – 5,6;
- содержание подвижных форм фосфора (P_2O_5) – 165, калия (K_2O) – 155 мг/кг почвы.

По данным лабораторных анализов и наблюдений, почву можно отнести к средней по окультуренности. По содержанию подвижных форм микроэлементов почва опытного участка относится ко II группе со средней обеспеченностью микроэлементами. Предшественником амаранта метельчатого является редька масличная на зеленое удобрение (сидерат).

Мелкоделяночный полевой опыт закладывали в четырехкратной повторности. Расположение вариантов рендомизированное. Общая площадь делянки – 6 м², учетная площадь – 1 м² [6].

Агротехника возделывания амаранта включала следующие этапы. Перед запашкой редьки масличной на зеленое удобрение (сидерат) проводили дискование на глубину 6-8 см. Дозы фосфора и калия брали с учетом обеспеченности почвы этими элементами и планируемой продуктивности зерна. Под осеннюю вспашку вносили фосфорные и калийные удобрения в дозах $P_{60}K_{90}$ кг/га д.в. Из калийных удобрений приме-

няли хлористый калий, из фосфорных – двойной гранулированный суперфосфат.

Весенняя обработка почвы включала следующие операции:

- ранневесенняя культивация с боронованием для «закрытия» влаги;
- предпосевная культивация и прикатывание почвы до и после посева;
- предпосевное внесение азотного удобрения в дозе N_{60} кг/га д.в. (аммиачная селитра).

У подготовленных для посева семян амаранта масса 1000 шт. составляла $0,72 \pm 0,02$ г. Семена округлой формы, блестящие, сжатые с боков, черного цвета, диаметром около 1,2 мм. Энергия прорастания – $92,5 \pm 3,0$ %; всхожесть – $96,5 \pm 2,0$ % [7].

Посев амаранта проводили в два срока: 15 и 25 мая, ручной однорядной сеялкой точного высева (СГР-01), ширина междурядий составляла 60 см. Глубина заделки семян – 1,5-2 см. Закладку опыта, учеты, наблюдения проводили по общепринятым методикам.

Мероприятия по уходу за посевами проводились согласно отраслевому регламенту возделывания кормовых культур [8].

Учет зерна проводили вручную поделочно-раздельным способом, при вступлении растений в фазу начала массового созревания семян.

Фенологические наблюдения проводили по принятой методике [9], полевые исследования – по общепринятой методике полевого опыта [10].

Изучение роста и развития растений показало, что сроки наступления основных фенологических фаз и их продолжительность по вариантам опыта не имели существенных различий (табл. 1).

Изучение особенностей развития амаранта показало, что появление массовых всходов отмечено на 14-й день после посева (08.06). К середине июля (16.07) растения вступали в репродуктивную фазу – начало бутонизации. В фазу начала цветения растения вступали в конце июля (30.07). В первой декаде сентября (07.09) растения вступали в фазу начала созревания семян. Уборку растений амаранта на зерно проводили в фазу полного созревания семян (18.09). Сушку зерна проводили в сушилке до влажности – 9 %.

Амарант относится к культурам условно позднего срока сева. Оптимальная температура для его роста и развития – плюс 22-25 °С. Осенью растения переносят кратковременные заморозки – до минус 1-3 °С. Поэтому проводилось изучение влияния сроков сева и уборки амаранта на урожай зерна. Полученные данные, представленные в таблице 2, свидетельствуют о том, что урожайность зерна амаранта по вариантам опыта достоверно не отличалась.

Установлено, что урожайность зерна амаранта в

Таблица 1. Прохождение (наступление) фаз развития у амаранта метельчатого

Дата наступления фаз развития							
Посев	Всходы	Начало бутонизации	Массовая бутонизация	Начало цветения	Массовое цветение	Начало созревания семян	Полное созревание семян
25.05	08.06	16.07	21.07	30.07	09.08	07.09	18.09

первом варианте опыта была несколько ниже, чем во втором. Это объясняется тем, что в третьей декаде мая наблюдалось резкое снижение среднесуточной температуры воздуха, что отразилось на развитии всходов растений первого срока посева, замедлив развитие растений. Поэтому оптимальным сроком посева семян амаранта на семенные цели является третья декада мая.

Таблица 2. Влияние сроков сева амаранта метельчатого на урожайность зерна

Вариант опыта (срок сева)	Масса зерна одного растения, г	Урожайность зерна, ц/га
15 мая	10,9	9,2
25 мая	10,5	9,3
НСР ₀₅	0,9	0,17

В ходе исследования также проводилось изучение норм высева семян на урожайность зерна амаранта метельчатого (табл. 3). Нормы высева семян по 5 вариантам опыта составили от 0,7 до 1,8 млн. всхожих семян на 1 га.

Таблица 3. Влияние норм высева амаранта метельчатого на урожайность зерна

Варианты опыта (норма высева, млн всхожих семян на га)	Вес зерна одного растения, г	Урожай зерна, ц/га
0,7	15,2	6,9
1,0	14,2	12,4
1,3	12,4	15,8
1,5	6,6	11,1
1,8	5,2	10,8
НСР ₀₅	3,1	3,4

Уборку амаранта на зерно проводили в конце второй декады сентября. Период вегетации амаранта метельчатого в условиях опыта составил 116 дней.

Посев семян провели 25 мая. После четкого обозначения рядков амаранта, проводили 3 междурядные обработки ручным культиватором на глубину 5-6 см, с целью уничтожения сорной растительности. Уборку амаранта на зерно проводили вручную в конце второй декады сентября (18.09).

Установлено, что максимальная продуктивность зерна с растения получена в 1 варианте при минимальной норме высева – 0,7 млн. всхожих семян. Однако из-за изреженности посевов урожайность была ниже, чем в других вариантах опыта и составила 6,8 ц/га зерна.

Максимальный урожай семян получен в 3 варианте при норме высева 1,3 млн. всхожих семян, которая составила 15,2 ц/га зерна. В ходе исследования установлено, что оптимальной нормой посева является 1,3 млн. всхожих семян. Хотя при отмеченной норме высева наблюдалось некоторое снижение веса зерна с одного растения, но это было компенсировано густотой стояния растений в посевах.

Заключение

Установлены особенности развития амаранта в условиях интродукции. На основании изучения феноритмики и динамики роста амаранта, уточнены сроки наступления основных фенологических фаз и их продолжительность.

Показано, что оптимальным сроком посева семян амаранта на семенные цели является середина третьей декады мая. Продолжительность периода вегетации амаранта метельчатого в условиях мелкоделяночного полевого опыта составила 116 дней.

На территории Беларуси можно получать достаточно высокие урожаи семян амаранта метельчатого при раздельном способе уборки и соблюдении сроков посева, которые могут сдвигаться в зависимости от погодных условий.

Установлены оптимальные нормы высева амаранта на семена. Для условий производства амаранта метельчатого оптимальной нормой посева является 1,3 млн. всхожих семян на гектар, которая обеспечивает получение 15,2 ц/га семян.

В почвенно-климатических условиях Беларуси на типичных дерново-подзолистых, супесчаных, средних по плодородию почвах, необходимо применять норму высева семян амаранта метельчатого – 1,3 млн. всхожих семян на один га.

Высокая семенная продуктивность и коэффициент размножения (1000-1500) позволяют использовать небольшие площади под семенные участки для организации стабильного семеноводства амаранта в условиях интродукции.

Оценивая качество полученных семян амаранта метельчатого, следует отметить, что в условиях центральной зоны республики амарант формирует качественные семена. Это дает основание утверждать о достаточно высокой адаптационной способности амаранта и возможности организации в республике семеноводства и устойчивого производства семян этой культуры.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Магомедов, И.М. Первые результаты испытания амаранта в различных зонах страны / И.М. Магомедов // Итоги научно-исследовательских и прикладных работ с культурой амарант за 1987-1988 гг.: тезисы докл. рабочего совещ. – Ленинград, 1989. – С. 4-9.
2. Ярошевич, М.И. Амарант – новая высокобелковая кормовая культура (агротехника возделывания) / М.И. Ярошевич. – Мн., 1989. – С. 5.
3. Ярошевич, М.И. // Сельское хозяйство Белоруссии. – 1989. – № 4. – С. 12-15.
4. Нацыянальны атлас Беларусі / Кам. па зям. рэсурсах, геадэзіі і картаграфіі пры Савеце Міністраў Рэспублікі Беларусь. – Мн., 2002.

5. Лобан, С.Е. Возделывание амаранта как кормовой культуры в условиях республики Беларусь / С.Е. Лобан // Ботанические сады: состояние и перспективы сохранения, изучения, использования биологического разнообразия растительного мира: тез. докл. Междунар. науч. конф., г. Минск, 30-31 мая 2002 г. – Мн.: БГПУ, 2002. – С. 167-168.

6. Никитенко, Г.Ф. Опытное дело в полеводстве / под. ред. проф. Г.Ф. Никитенко. – М.: Россельхозиздат, 1982. – 190 с.

7. Влияние норм высева на продуктивность лекарственного сырья иссопа лекарственного / Н.Н. Вечер [и др.] // Агропанорама. – 2016. – № 2. – С. 17-20.

8. Организационно-технологические нормативы возделывания кормовых и технических культур: сб. отраслевых регламентов / Ф.И. Привалов [и др.]; под общ. ред. В.Г. Гусакова, Ф.И. Привалова / НПЦ НАН Беларуси по земледелию. – Минск: Беларус. навука, 2012. – 469 с.

9. Бейдеман, И.Н. Методика изучения фенологии растений и растительных сообществ: методич. указания / И.Н. Бейдеман. – Новосибирск: Наука, 1985. – 155 с.

10. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М.: Россельхозиздат, 1985. – 351 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 02.02.2019

УДК 632.95:631.95

АНАЛИЗ СПОСОБОВ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ПРОТРАВЛИВАНИЯ СЕМЯН И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ РАЗВИТИЯ

А.В. Ключков,

профессор каф. сельскохозяйственных машин БГСХА, докт. техн. наук, профессор

О.В. Гордеенко,

зав. каф. сельскохозяйственных машин БГСХА, канд. техн. наук, доцент

С.С. Шкуратов,

магистр техн. наук, аспирант БГСХА

В.В. Азаренко,

академик-секретарь Аграрного отделения НАН Беларуси, докт. техн. наук, доцент

В статье представлен анализ основных способов и технических средств для протравливания семян и определены перспективы их развития. Для обеспечения требуемых показателей качества обработки целесообразно использовать протравливатели камерного типа. Повышение эффективности технологического процесса может быть обеспечено при расширении зоны взаимодействия потоков семян и капель протравителя. Для этого целесообразно использовать восходящие воздушные потоки и расширение слоя подачи семян на обработку.

Ключевые слова: протравливание, способ, семена, поток, камера протравливания.

The analysis of the basic ways and means of pretreatment seeds is presented in the article. The prospects of their development are defined. For providing the demanded indicators of pretreatment quality it is expedient to use chamber type machinery. The efficiency increase of technological process can be reached through zone expansion of a seed flow and disinfectant drops interaction. For this purpose it is effectual to use rising air streams and seed supply layer expansion for pretreatment.

Keywords: pretreatment, method, seeds, flow, dressing chamber.

Введение

По прогнозам Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (ФАО) к 2030 году численность населения в мире увеличится до 8,3 миллиардов человек, что потребует мирового увеличения производства продукции растениеводства и животноводства при меньшем количестве продуктивных земель. В этом аспекте важное значение будет иметь преобразование систем производства продовольствия и ведения сельского хозяйства, стимулируя при этом сохранение природных

ресурсов, использование экосистемных подходов и сохранение биоразнообразия [1].

Центральным звеном в решении проблемы увеличения количества и качества продукции растениеводства является семеноводство. Семена – носители биологических свойств, в решающей степени определяют качество и количество получаемого урожая. С целью улучшения посевных качеств семян ученые и специалисты сельского хозяйства постоянно совершенствуют и разрабатывают новые методы и техни-

ческие средства для предпосевной обработки. К основным из них можно отнести обработку семян химическим и тепловым способами, электромагнитным и электростатическим полем, озонным и ультрафиолетовым излучением или их сочетанием. Цель каждого из воздействий – подготовить посевной материал, чтобы все жизнеспособные семена всходили и давали урожай, снизив потери сельскохозяйственной продукции до экономически допустимых пределов.

Основная часть

В странах СНГ и за рубежом наибольшее распространение получил химический метод предпосевной обработки семян. Некоторые новые препараты-протравители различных производителей обеспечивают защиту растений в течение 2-х месяцев после посева семян, что позволяет сократить число опрыскиваний за вегетацию растений на 25-50 %.

Протравливание семенного материала – это самая выгодная экономически и наиболее безопасная экологически мера защиты растений от поражения фитопатогенными организмами. Оно эффективно в отношении патогенов, локализованных как в эмбриональных тканях, так и на поверхности семян, и обеспечивает надежную защиту всходов, особенно в первые недели после их появления. Протравливание семян – это и стратегический прием, обеспечивающий экологическую основу формируемого урожая и способствующий снижению доли риска в экстремальных условиях. В зависимости от складывающихся экологических условий, за счет протравливания можно сохранить до 12 % урожая, обеспечивая при этом 15÷20 кратную окупаемость затрат.

В зависимости от форм препаратов, свойств, назначения, обрабатываемой культуры, состояния семян, вида патогена и степени зараженности, применяются различные способы протравливания семян.

Сухое протравливание заключается в равномерном нанесении на поверхность семян сухих порошковых препаратов. Достоинство способа – простота осуществления. Недостатки – низкая эффективность уничтожения инфекции из-за плохого контакта препарата с поверхностью семян, плохая удерживаемость (40-70 % препарата осыпается во время погрузочно-разгрузочных, транспортных и посевных работ), неблагоприятные санитарно-гигиенические условия труда исполнителей и загрязнение окружающей среды.

Полусухое протравливание заключается в нанесении на поверхность семян водных суспензий или растворов пестицидов из расчета 20-30 л/т с последующей выдержкой их укрытыми в течение 3-4 ч (томление). Достоинство способа – высокая эффективность уничтожения инфекции. Недостатки – повышение влажности семян, значительная трудоемкость и низкая производительность.

Мокрое протравливание заключается в обильном (до 100 л/т) увлажнении или замачивании семян в жидком (раствор, суспензия, эмульсия) препарате с последующим «томлением» в течение 2 ч. Достоин-

ством способа является высокая эффективность уничтожения инфекции. К недостаткам относятся – необходимость последующей сушки, высокая трудоемкость и низкая производительность.

Протравливание с увлажнением заключается в нанесении на поверхность семян суспензий, растворов, порошковых препаратов с одновременным или последующим смачиванием жидкостью из расчета 8-10 л/т. Достоинством способа является также экономное использование препарата за счет хорошего дозирования жидкости, удовлетворительное качество обработки, возможность нанесения одновременно с пестицидами микро- и макроудобрений, небольшое увлажнение семян и отсутствие необходимости в их последующей сушке, удовлетворительные санитарно-гигиенические условия труда исполнителей. Недостатки – относительная сложность выполнения процесса, снижение удерживаемости препарата на поверхности семян по мере его высыхания. Для устранения последнего недостатка применяют прилипатели.

Протравливание с покрытием пленкообразующими составами (инкрустирование) заключается в нанесении на поверхность семян многокомпонентных смесей, в состав которых входят пестициды, защитно-стимулирующие вещества и инкрустационные компоненты, которые создают вокруг семян прочную оболочку, фиксирующую препараты на длительное время.

Достоинства способа: исключает осыпание защитно-стимулирующих веществ с поверхности семян при погрузочно-разгрузочных и транспортных работах, длительном хранении, высеве, неблагоприятной погоде и от смешивания в переувлажненной почве; исключает выброс вредных веществ в окружающую среду; улучшает условия обслуживающего персонала; улучшает всхожесть и энергию прорастания. Недостатки – относительная сложность исполнения процесса, отсутствие необходимого протравливающего оборудования.

В зависимости от природно-климатических и производственных условий, наличия материально-технической базы, состояния семян и распространенных видов патогенов существует три срока протравливания семян – заблаговременное (за 240-15 дней до посева), предпосевное (от 15 до 1 дня) и припосевное (проводится в день сева).

Технология и средства механизации протравливания семян являются важнейшими факторами, определяющими качество обработки.

Первые машины и приспособления для протравливания семян были созданы в 1915-1930 годах. В основном это были протравливатели периодического действия, с ручным приводом, обладающие низкой производительностью. Семена протравливались в основном сухим способом.

Более чем за вековой период были апробированы различные технические средства для протравливания семян. Это и протравливатели барабанного типа, и протравливатели со шнековым перемешивающим устройством, и их сочетания, в том числе с дополнительными устройствами. Добиться хорошего качества, используя способ протравливания с увлажнени-

ем, в этих устройствах затруднительно, так как в них в первую очередь опрыскиваются верхние зерна при достаточно толстом общем слое (плохое первичное распределение). В таком случае даже интенсивное последующее перемешивание (вторичное распределение) не обеспечивает, как правило, достаточно равномерного распределения препарата не только по поверхности зерна, но и между зернами.

В случае применения жидких препаратов (способ протравливания с увлажнением) в состав установок для протравливания входит распылительная камера, через которую обрабатываемый материал проходит в виде тонкого слоя, и где каждое зерно опрыскивается необходимым количеством препарата (рис. 1).

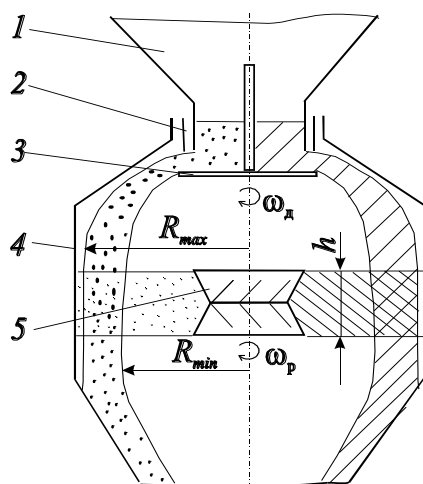


Рис. 1. Камера протравливания:
1 – бункер; 2 – дозатор семян; 3 – распределительный диск; 4 – камера; 5 – распылитель

В данных устройствах семенной материал, загруженный в бункер 1, самотеком поступает в кольцевой дозатор 2 и на вращающийся распределительный диск 3. Под действием сил инерции семена сбрасываются с диска 3 к стенкам камеры протравливания 4, образуя при этом цилиндрический падающий поток, ограниченный радиусами R_{min} и R_{max} . Протравли-

вающие вещества в виде суспензии подводятся к вращающемуся распылителю 5 и через щелевые каналы в виде мелкодисперсных капель выбрасываются в камеру протравливания, образуя при этом горизонтальный кольцевой поток высотой h . При взаимодействии этих потоков происходит протравливание семян.

Данный принцип реализован практически во всех существующих машинах отечественных (ПС-20 ООО Ремком, ПСК-15А ООО НПП «Белама плюс», ПСС-20 ОАО «Мекосан», ПСС-25 РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» и др.) и зарубежных производителей.

Среди работ, направленных на разработку камерной технологии протравливания семян, следует выделить исследования И.Я. Остафьевского, И.П. Масло, Е.И. Михайлова, А.С. Сергеева, В.В. Ченцова, которые направлены на создание равных условий контакта семян, расположенных на внутренней и наружной поверхностях формируемого кольцевого потока, с капельным потоком жидкости. Установка дополнительных распределяющих устройств, позволяющих увеличить скважность потока семян, а также увеличение времени контакта семян с потоком жидкости, формируемым вращающимся распылителем и ограничиваемым высотой этого потока, позволяет улучшить качество обработки и существенно (в 1,5÷4 раза) повысить производительность существующих машин [2, 3].

Дополнительное использование восходящего воздушного потока способно оказать влияние на характеристики движения семян в камере протравливания. Исследования показали, что при этом изменяются значения времени прохождения зернами контрольного участка и статистические характеристики данного процесса (табл. 1).

Без воздействия воздушного потока время движения зерен составляло 0,129-0,148 с при незначительных колебаниях по вариантам наблюдений (коэффициент вариации 0,15-0,71 %). В обоих случаях с увеличением скорости восходящего воздушного потока время движения зерен на участке замера увеличивалось. Следует отметить повышение

Таблица 1. Результаты определения времени падения зерен в воздушном канале высотой 170 мм

Семена культуры, характеристика	Расход воздуха, м ³ /ч	Скорость воздушного потока, м/с	Время движения зерен на учетном участке		
			Среднее значение, с	Среднее квадратическое отклонение, с	Коэффициент вариации, %
Пшеница, плотность $\rho=760$ кг/м ³	0	0	0,129	0,00093	0,71
	50	5,6	0,206	0,00431	2,09
	60	6,7	0,267	0,02841	10,63
	65	7,2	0,320	0,01639	5,12
	70	8,5	0,585	0,13792	23,57
Овес, плотность $\rho=610$ кг/м ³	0	0	0,148	0,00022	0,15
	40	4,5	0,151	0,00104	0,69
	45	5,0	0,161	0,00967	5,99
	50	5,6	0,239	0,01362	5,69
	55	6,3	0,278	0,05343	19,23
	60	6,7	0,504	0,38411	76,18
	65	7,2	0,656	0,39203	59,72

коэффициента вариации времени движения отдельных зерен с увеличением скорости воздушного потока, т.е. характер движения зерен становится более хаотичным.

В целом скорость падения семян пшеницы выше, чем семян овса из-за меньшей плотности и большей парусности. С увеличением воздушного потока скорость падения семян пропорционально уменьшается. При нулевой подаче воздушного потока скорость падения семян максимальная. Отмечается близкая к обратно пропорциональной зависимость снижения скорости падения семян с возрастанием скорости восходящего воздушного потока. При этом для зерен пшеницы при увеличении скорости восходящего воздушного потока в пределах 0-8,5 м/с скорость падения снижается в 4,51 раза. Для зерен овса при изменении скорости восходящего воздушного потока от 0 до 7,2 м/с снижение скорости падения происходит в 4,42 раза. Эти снижения скорости падения весьма существенны и могут оказывать влияние на рабочий процесс протравливателей семян сельскохозяйственных культур.

Перспектива дальнейшего повышения технико-экономической эффективности средств механизации процессов протравливания семян зерновых, зернобобовых и технических культур связана с использованием рабочих органов пневмокамерного типа.

На рис. 2 представлена схема устройства [4], в котором камерой протравливания является пневмопровод. Установка включает бункер 1 для семян со шлюзовым питателем 2, соединенным посредством патрубка 3 с нагнетательным пневмопроводом 4 вентилятора 5. В нагнетательном пневмопроводе под

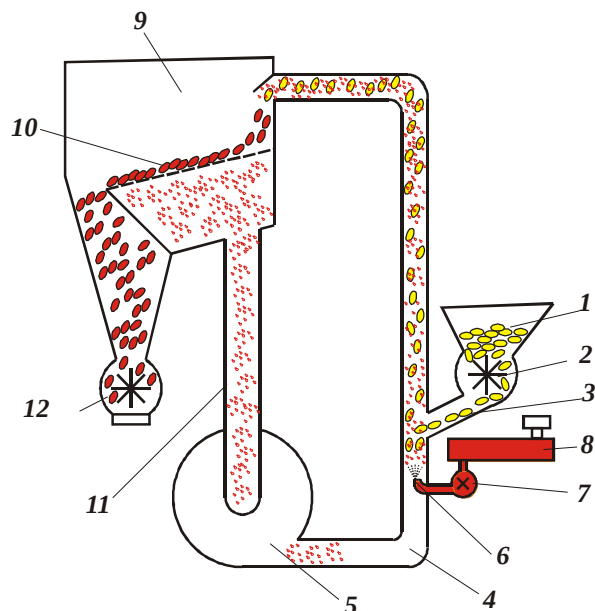


Рис. 2. Способ протравливания семян в пневмопроводе:

1 – бункер; 2 – дозатор семян; 3 – патрубок; 4, 11 – пневмопровод; 5 – вентилятор; 6 – распылитель; 7 – дозатор суспензии; 8 – резервуар; 9 – циклон; 10 – решетка; 12 – шлюзовый затвор

выходным отверстием патрубка 3 установлен распыливающий насадок 6, сообщающийся через дозатор 7 с резервуаром 8 для рабочей жидкости. Выходной конец нагнетательного пневмопровода соединен с циклоном 9, внутри которого наклонно расположена колеблющаяся решетка 10. Непосредственно под решеткой в циклоне расположено отверстие, сообщающееся с всасывающим пневмопроводом 11 вентилятора. У выходного отверстия циклона установлен шлюзовый затвор 12.

Во время работы семена из бункера питателем подаются в нагнетательный пневмопровод, в котором распыленная рабочая жидкость при транспортировании семян покрывает их тонким слоем. Затем семена попадают на колеблющуюся решетку циклона, где дополнительно подвергаются воздействию воздушного потока, насыщенного оставшимися каплями рабочей жидкости. Обработанные семена скатываются с решетки и через шлюзовый затвор подаются в тару.

Идея использования пневмокамерных устройств имеет ряд преимуществ по сравнению с традиционными камерами протравливания. Во-первых, за счет турбулентности воздушного потока семена в пневмокамере приобретают хаотическое движение, что позволяет покрыть каждое отдельное зерно препаратом со всех сторон. Во-вторых, значительно увеличивается время нахождения семян в камере протравливания, что также повышает качество обработки семян. Кроме того, пневмокамера является самоочищающимся рабочим органом, высокопроизводительным и несложным в изготовлении. Подобный способ протравливания был обоснован и использован в пневматической высевальной системе типа «Аккорд» (исследования И.В. Гордеенко). Принцип взаимодействия семян с распыленным потоком рабочего раствора протравителя, аналогичный рассмотренному на рис. 2. Время обработки в этом случае определяется временем от момента ввода семян в эжектор до укладки их на дно бороздок, сформированных сошниками [5].

Протравливание семян также может производиться в сеялках точного высева (рис. 3) [6].

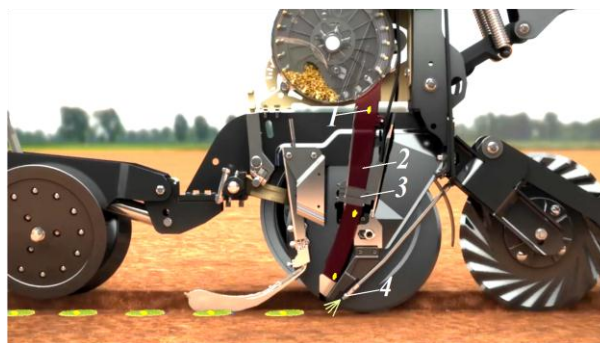


Рис. 3. Способ протравливания семян в сеялке точного высева:

1 – семена; 2 – семяпровод; 3 – датчик; 4 – инжектор

Семена 1, падая вниз по семяпроводу 2, проходят через датчик 3, который подает сигнал на бортовой компьютер. Бортовой компьютер согласует скорость

падения семян со скоростью движения сеялки, управляемой системой подачи рабочего раствора фунгицида в инжекторе 3. Обрабатываемое семя и точная порция рабочего раствора фунгицида попадают в семенную бороздку одновременно. Достоинства способа – снижение энергоемкости процесса, обработка только необходимого для посева количества семян, уменьшение до минимума количества контактирующих с пестицидами людей. Недостатки – сложность в технической реализации данного способа.

Анализируя способы и технические средства протравливания семян, по мнению авторов, останется актуальным камерное протравливание, схема которого представлена на рис. 1 с интегрированием в нее способа протравливания семян в пневмопроводе. Равномерность распределения семян в камере протравливания зависит от конструктивных параметров распределительного диска (устройства) 3 (рис. 2).

В Белорусской государственной сельскохозяйственной академии ведутся исследования в этом направлении. Авторами публикации предлагается использовать распределительное устройство, принципиальная схема которого представлена на рис. 4.

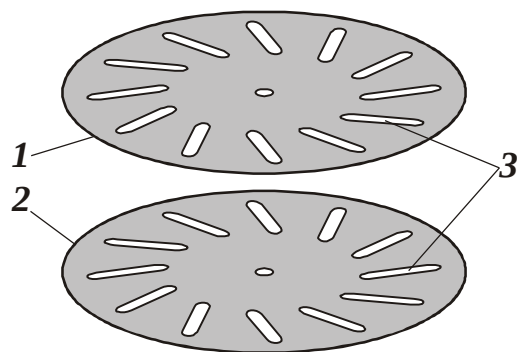


Рис. 4. Распределительное устройство для камерного протравливателя:

1 – верхний диск; 2 – нижний диск; 3 – отверстия

Распределительное устройство необходимо выполнять из дисков с прорезями (рис. 4). При этом семена попадают в камеру протравливания в виде разреженного слоя увеличенной толщины. Это обеспечит расширение зоны контакта семян с каплями протравителя. Как вариант, может рассматриваться использование двух дисков: верхнего – 1 и нижнего – 2, в каждом из которых выполнены отверстия 3. Верхний диск 1 может проворачиваться относительно диска 2. Структура отверстий верхнего диска выполнена с возможностью совмещения с определенными отверстиями в нижнем диске, чтобы образовать вертикальные сквозные проходы. Диски могут располагаться таким образом, когда отверстия будут закрыты. В этом случае он работает идентично диску 3 (рис. 1). При повороте верхнего диска в горизонтальной плоскости относительно нижнего диска образуются вертикальные проходы, которые позволяют семенам поступать в камеру обработки. Размер и форма проходного отверстия определяет форму потока се-

мян через камеру обработки для создания оптимальных условий контакта семян с каплями протравителя.

Заключение

Проведенный авторами анализ показывает, что за последние годы наиболее четко просматриваются следующие тенденции в развитии машин для предпосевного протравливания семян:

- снижение норм расхода рабочей жидкости за счет внедрения камерного метода протравливания семян и внедрения автоматических систем контроля и управления расходом жидкости на базе микропроцессоров;
- повышение качества и эффективности обработки за счет оснащения протравливателей специальными рабочими органами: пылеулавливающими устройствами, точной распыливающей, дозирующей и контролирующей аппаратурой;
- снижение массы машин и повышение их долговечности за счет применения прогрессивных материалов;
- расширение универсальности протравливателей и широкой агрегатно-узловой унификации;
- улучшение санитарно-гигиенических условий труда путем сокращения расхода пестицидов при совмещении операций протравливания и посева семян.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Продовольствие и сельское хозяйство. Основы выполнения «Программы устойчивого развития на период до 2030 года». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.fao.org/3/a-i5499r.pdf. – Дата доступа: 05.12.2018.
2. Способ протравливания семян: а.с. 1232159 СССР, А 01 С 1/08. / С.П. Тимошенко, И.Я. Осташевский, И.И. Сушко, А.С. Барановский; Укр. НИИМЭСХ. – №3765276/30-15; заявл. 04.07.84; опубл. 23.05.86 // Открытия. Изобретения. – 1986. – №45. – С.4.
3. Ченцов, В.В. Создание и внедрение высокопроизводительных протравливателей семенного материала: автореф. дис. ...д-ра техн. наук: 05.20.04 / Науч.-произв. объедин. по с.-х. машиностроению. – М.: НПО ВИСХОМ, 1992. – 42 с.
4. Установка для обработки семян защитно-стимулирующими веществами: а.с. 55967 СССР, А 01 С 1/08 / И.П. Масло, Ю.Ф. Онуфриенко и др.; Укр. НИИМЭСХ. – №1984646/15; заявл. 09.01.74; опубл. 30.05.77. // Открытия. Изобретения. – 1977. – №20. – С. 4.
5. Клочков, А.В. Новый способ протравливания семян при посеве / А.В. Клочков, И.В. Гордеенко // Ахова раслін. – 2001. – №5. – С. 25-26.
6. Инновационная технология внесения удобрений ACCUSHOT. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?v=2nXMfQKnGO0>. – Дата доступа: 10.02.2019.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 04.04.2019

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕЛКОЙ ФРАКЦИИ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ В ДИЕТИЧЕСКОМ ПИТАНИИ

А.В. Горный,

доцент каф. сельскохозяйственных машин БГАТУ, канд. с.-х. наук, доцент

Н.Ф. Бондарь,

лаборант научно-исследовательской аналитической лаборатории НИИМЭСХ БГАТУ, канд. хим. наук

В статье представлен сравнительный анализ содержания питательных веществ в клубнях картофеля в зависимости от размеров клубня. Показано, что использование мелкой фракции картофеля в диетическом питании предпочтительнее по сравнению с крупной.

Ключевые слова: картофель, клубни картофеля, биохимический состав, резистентный крахмал, гликемический индекс, диетическое питание.

The article presents a comparative analysis of the nutrient content in potato tubers, depending on the size of the tuber. It has been shown that the use of the small fraction of potatoes in the dietary diet is preferable to the large one.

Key words: potatoes, potato tubers, biochemical composition, resistant starch, glycemic index, diet food

Введение

Биохимический состав картофеля зависит от многих факторов: сорта, места произрастания, климатических условий года. В литературе имеется много информации о влиянии этих факторов на содержание питательных веществ в клубнях картофеля [1, 2], но сведения об этих показателях в зависимости от массы клубня и возрастного состояния немногочисленны.

При послеуборочной обработке картофеля клубни калибруют. Крупная фракция используется на продовольственные цели, мелкая – для внутрихозяйственных целей [3].

Однако в литературе появились сведения о том, что в настоящее время при сортировании картофеля больше внимания уделяется отбору мелкой фракции картофеля (28-35 мм). В зарубежных супермаркетах стоимость такого картофеля в 2 раза выше цены на стандартный продовольственный картофель. Он используется для запекания в микроволновке, при этом кожуру не снимают, достаточно лишь помыть и порезать [4].

В связи с этим следует предположить, что повышенная стоимость мелких клубней в торговой сети является следствием особенностей их биохимического состава и более благоприятного влияния на организм человека.

Целью настоящей работы является сравнительное изучение биохимического состава мелкой и продовольственной фракций клубней картофеля.

Основная часть

Картофель сорта Ред Скарлет выращивали на дерново-подзолистой супесчаной почве в 2017-2018 гг. в КФХ «Бортники-Агро» Молодечненского района. Агрохимические показатели опытного участка следующие:

- мощность пахотного горизонта – 21 см;
- обменная кислотность (рН в KCl) – 6,23;

– содержание гумуса – 1,49;

– содержание подвижных соединений фосфора и калия на 1000 г почвы – 159 и 168 мг соответственно.

Предшественником служили многолетние травы. Клубни картофеля Ред Скарлет высаживали по схеме 90х30 см. Площадь делянки составляла 25 м².

Для анализа отбирались пробы мелкого картофеля (до 40 г) и крупного (свыше 40 г) массой по 3 кг. Биохимический анализ проводили в 3-кратной повторности. Содержание влаги и общей золы определяли гравиметрическим методом, а массовой доли крахмала – поляметрическим методом Эверса [5, 6].

Математическую обработку полученных данных провели разностным методом [7].

Результаты исследований представлены в таблице 1. Анализ полученных данных наглядно показывает изменение биохимического состава клубней в зависимости от массы.

Таблица 1. Биохимический состав клубней картофеля

Наименование показателя	Клубни мелкие (до 40 г)	Клубни крупные (более 40 г)	НСР ₀₅
Содержание сухого вещества, %	17,4	18,3	0,23
Содержание крахмала, %	10,8	15,1	0,22
Содержание зольных элементов, %	5,87	4,50	0,39
Содержание золы, не растворимой в соляной кислоте, %	0,25	0,27	-

Увеличение размеров клубня привело к более высокому содержанию сухого вещества и крахмала. Содержание сухого вещества увеличилось на 0,9 %, крахмала – на 4,3 %. Превышение было достоверным.

В то же время содержание зольных элементов в сухом веществе крупных клубней снизилось на 1,37 %.

В итоге можно сделать вывод о том, что клубни мелкой фракции имеют повышенное содержание минеральных веществ, что делает их более привлекательными для питания с диетической точки зрения и как продукт питания функционального назначения.

Значение картофеля в питании человека обусловлено, прежде всего, содержанием в нем таких важнейших компонентов, как крахмал, протеин, витамины, минеральные вещества. Кроме того, так как картофель содержит аскорбиновую кислоту и особо ценные вещества – антиоксиданты (антоцианы, каротиноиды), он может играть важную роль в профилактике ряда заболеваний и в этом отношении является одним из ценнейших продуктов для здорового диетического питания человека.

В зависимости от сорта и условий произрастания сырой картофель может содержать от 16 до 35 % сухих веществ, в т. ч. крахмала 11-29 %; азотистых веществ – 1,5 – 2,5; сахаров – 1,4 – 1,5; клетчатки – 1,0; жиров – 0,1; пектиновых веществ – 0,6; прочих органических соединений – 1,8; минеральных веществ – 1,1 %, а также витамины С, РР, В₁, В₂, В₆, Е, К, β-каротин и др. [1].

Одним из показателей, характеризующих технологические свойства клубней для питания и технической переработки, является содержание сухого вещества в клубнях. Этот показатель определяется как условиями внешней среды, так и генотипом. Он зависит также от степени зрелости растений в момент уборки: в молодых клубнях всех сортов содержание сухого вещества бывает низким и повышается по мере отложения крахмала в клетках.

Наши исследования подтвердили многочисленные литературные данные о том, что низкое содержание сухого вещества имеют клубни диаметром менее 3,5 см. Период интенсивного накопления сухого вещества наступает после достижения ими диаметра 5-6 см [8].

Содержание крахмала в клубнях изменяется в широких пределах – от 12 до 30 % и зависит от многих факторов, в том числе и от размеров клубня. Клубни средней массы (50-100 г) богаче крахмалом, чем крупные и мелкие. В мелких и очень крупных клубнях его может оказаться на 7 % меньше, чем в клубнях среднего размера, которые обычно и бывают более вкусными. В недозрелых клубнях крахмала меньше, чем в зрелых [9, 10].

Исследования показали, что в мелких клубнях содержание крахмала на 4,3 % меньше, чем в средних и крупных, что согласуется с многочисленными литературными данными.

В свете современных представлений относительно биохимического состава картофеля значение отдельных компонентов, с точки зрения здорового питания человека, оценивается по-разному. И это, в первую очередь, касается крахмала. С точки зрения диетического питания человека, существенное значение имеют такие показатели, как гликемический индекс (ГИ) и устойчивый или резистентный крахмал [11, 12].

ГИ – индекс распределения продуктов питания в соответствии с реакцией глюкозы крови в результате их потребления исходя из стандарта, например, бело-

го хлеба. Доказано, что продукты с низким ГИ полезно употреблять для профилактики диабета, гиперлипидемии и сердечно-сосудистых заболеваний. Результаты исследований, проведенных на различных сортах, показали, что у картофеля разный, но обычно высокий ГИ. С диетической точки зрения, это не является положительной характеристикой. Однако установлено, что у молодого картофеля, как правило, низкий ГИ, что объясняется разницей в структуре крахмала. Развитие селекции в направлении создания сортов с модифицированной структурой крахмала и пониженным ГИ имеет исключительно актуальное значение для повышения ценности картофеля в диетическом питании человека.

Большое значение имеет картофель как источник минеральных веществ. В картофеле они в основном представлены солями калия и фосфора. Имеются также натрий, кальций, магний, железо, сера, хлор и микроэлементы – цинк, бром, кремний, медь и др. Общее содержание золы в клубне – около 1%, в том числе (в мг %): К₂O – около 600, Р – 60, Mg – 23, Са – 10. Распределены минеральные вещества в клубне неравномерно: больше всего их в кожуре, меньше – в сердцевине [11].

В результате исследований, проведенных авторами, установлено, что содержание зольных элементов в мелких клубнях на 1,87 % выше, чем в крупных. Следовательно, именно мелкая фракция клубней может служить важным источником минеральных веществ в здоровом питании человека и особенно детей.

При употреблении в пищу крупных клубней картофеля кожура уходит в очистки. В кожуре и в тонком поверхностном миллиметровом слое картофеля имеются специальные ферментные вещества, преобразующие крахмал картофеля в организме человека в усвояемые сахара. Если есть картофель вместе с кожурой, то он становится очень ценным продуктом питания. Этот тонкий слой, в котором находятся ферментные вещества, как правило, срезается и не используется в пищу. В этом же слое находится большинство минеральных солей и микроэлементов.

Несложные математические расчеты показали, что при употреблении в пищу мелких клубней с нежной и тонкой кожурой, в человеческий организм может попасть в два раза больше этого структурного образования, чем при употреблении крупного картофеля.

Заключение

Биохимический состав крупных и мелких клубней картофеля неидентичен. В мелкой фракции содержится повышенное количество зольных элементов, в крупных клубнях – сухого вещества и крахмала. При употреблении в пищу мелких клубней вместе с кожурой в организм человека поступает больше физиологически активных веществ. С диетической точки зрения, мелкие клубни с кожурой являются более предпочтительными для употребления в пищу.

Следовательно, использование мелких клубней картофеля для скармливания сельскохозяйственным животным является нецелесообразным.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Литвяк, В.В. Биохимические факторы, определяющие вкус картофеля / В.В. Литвяк, И.М. Почицкая // Белорусское сельское хозяйство. – 2009. – №9. – С. 38-42.
2. Белорусские сорта картофеля, пригодные для вакуумирования / Л. Козлова [и др.] // Белорусское сельское хозяйство. – 2016. – №3. – С. 60-63.
3. Производство картофеля: возделывание, уборка, послеуборочная доработка, хранение: справочник / Б.А. Писарев [и др.]. – Москва: Росагропромиздат, 1990. – 221 с.
4. Еременко, О. Potato Europe 2016: картофель по-французски / О. Еременко // Наше сельское хозяйство. Агрономия. – 2016. – № 19. – С. 38-43.
5. Картофель свежий. Правила приемки и методы определения качества: ГОСТ 7194-81. – Введ. 1982-06-01. Межгосударственный стандарт, 2010. – 13 с.
6. Картофель свежий продовольственный, заготовляемый и поставляемый: ГОСТ 7176-85. – Введ. 1985-09-01. Межгосударственный стандарт, 2010. – 16 с.
7. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта: с основами статистической обработки результатов исследования / Б.А. Доспехов. – Москва: Колос, 1979. – 416 с.
8. Войтковская, А.А. Биохимическая характеристика развития клубней основных сортов картофеля БССР: автореф. дисс. ... канд. биол. наук: / А.А. Войтковская; Белорус. НИИ картофелеводства и плодово-овощеводства. – Минск. – 1970. – 21 с.
9. Химический состав клубней картофеля [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://megaobuchalka.ru/5/5413.html>. – Дата доступа: 16.12.2018.
10. От чего зависит вкус картофеля [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.potatosystem.ru/ot-chego-zavisit-vkus-kartofelya/>. – Дата доступа: 16.12.2018.
11. Картофель и топинамбур – продукты будущего / Д.Д. Королев [и др.]. – Москва: ФГНУ: Росинформагротех. – 2007. – С.163-170.
12. *Resistant Starch: Promise for Improving Human Health* / Birt, F Dianel [et al] // *Advances in Nutrition*, 2013. – №4 (6). – P. 587-601.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 21.01.2019

УДК 664.721.012.1

ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ВЫБОР ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА КРАХМАЛА ИЗ КАРТОФЕЛЯ

А.М. Мазур,

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

Определены основные факторы, влияющие на технологию производства крахмала из картофеля при проектировании предприятий по переработке сельскохозяйственного сырья.

Ключевые слова: ассортимент продукции, вид сырья, способ производства.

The basic principles of the choice of the production technology of potato starch in the design of enterprises for the processing of agricultural raw materials are determined.

Keywords: product range, type of raw materials, method of production.

Введение

Промышленность по переработке сельскохозяйственного сырья – одна из наиболее прогрессирующих отраслей страны, предприятия которой стремятся соблюдать мировые тенденции развития, а это требует повышения конкурентоспособности нашей продукции на мировом рынке.

В современных условиях прогрессивное развитие техники и технологии переработки сельскохозяйственного сырья становится одним из главных рычагов развития сельского хозяйства и производственного машиностроения путем создания предприятий, оснащенных конкурентоспособной техникой и технологией. Следовательно, при проектировании или модернизации перерабатывающих предприятий должны внедряться передовые технологии в технических си-

стемах перерабатывающих и машиностроительных производств. Проектирование предприятий, перерабатывающих сельскохозяйственное сырье, представляет собой сложный, многообразный и трудоемкий процесс, который необходимо рассматривать как совокупность целого ряда социально-организационных и инженерно-технических стадий. [1].

Организация предприятий по переработке сельскохозяйственного сырья связана со значительными затратами денежных средств, материальных и трудовых ресурсов, и поэтому они должны вестись по проектам, которые обеспечивают:

- реализацию последних достижений науки и техники, передового отечественного и зарубежного опыта;
- комплексное использование сырья и материалов, разработку безотходных, экологически чистых технологий;

– внедрение высокопроизводительного энергосберегающего оборудования, максимальную механизацию и автоматизацию технологических процессов.

Все это требует от ведущих специалистов проектных организаций глубокого знания технологических процессов и аппаратов перерабатывающих отраслей, постоянного повышения качества проектной документации, умения определять и разрабатывать технологическую схему производства, рассчитывать и выбирать основное оборудование, сроки выполнения и технико-экономические показатели проекта, нести ответственность за правильность решений [2, 4].

Целью работы является определение основных факторов выбора технологии производства при проектировании предприятий по переработке картофеля на крахмал.

Основная часть.

Основным фактором, определяющим выбор технологии производства проектируемого предприятия, является ассортимент продукции.

Так, из картофеля можно получить крахмал и продукты его переработки: патоку карамельную, глюкозу пищевую, глюкозу медицинскую, модифицированный крахмал (240 видов), глюкозно-фруктовые сиропы, а также спирт, белок, клетчатку и сухие, быстрозамороженные, охлажденные, обжаренные, консервированные картофелепродукты.

Из других сельскохозяйственных культур также можно получить широкий ассортимент продуктов.

Следующим фактором является вид сырья. При определении фактора выбора сырья для конкретного вида продукта главным является экономическая целесообразность переработки, исходя из наличия этого сырья, его качества, количества, стоимости и применяемой технологии. Виды сырья для производства крахмала и его стоимость приведены в табл. 1.

В разных странах используют различное сырье. Так, в Германии и Голландии крахмал получают из картофеля. Чтобы производство было экономически оправдано для переработки используют картофель с содержанием крахмала 24-26 %, белка до 4-5 % при урожайности до 400 ц/га, применяя самую современную безотходную, экологически чистую технологию с высокой рентабельностью при выходе крахмала 22-24 %, белка – 1,5-2,0 %, клетчатки – 1,5-1,8 % [3].

В США для производства крахмала используют преимущественно кукурузу, в Монголии и Чехии распространена технология производства крахмала из

пшеницы, в Финляндии – из ячменя [5].

Важным фактором выбора технологии производства является качество исходного сырья. Рассмотрим это на примере картофеля – для производства крахмала в Республике Беларусь и Германии (табл. 2).

Данные таблицы показывают, что основным показателем качества является содержание сухих веществ в сырье, при увеличении которых с 13-15% до 21-25% расход сырья на 1 т готовой продукции уменьшается с 8,6 т до 4,5 т, воды – с 4,5 м³/час до 2,5 м³/час, пара – с 3,1 т/ч до 2,5 т/ч. Если сопоставить показатели с учетом урожайности картофеля с 1 га земли, то в Германии получают крахмала на сумму 552 долл. США против 182 долл. США в Республике Беларусь.

Одним из факторов выбора технологии производства является количество перерабатываемого сырья. Из зарубежного опыта известно, что переработка лишь 600-1000 т картофеля в сутки на крахмал при работе предприятия не менее 250 сут. обеспечивает рентабельное производство [6].

Следующим важным фактором при выборе технологии производства является способ производства. Способы переработки картофеля в Республике Беларусь и Германии принципиально отличаются.

В Республике Беларусь технология картофельного крахмала несовершенна. В виде готового продукта получают только 68-70 % крахмала от массы сухого вещества, а остальные сухие вещества – это белок, растворимые углеводы, минеральные вещества, часть свободного и связанного крахмала переходит в соковую воду и мезгу, которые не утилизируются и загрязняют окружающую среду. В Германии из соковой воды получают белок, из мезги – клетчатку. Стоимость белка и клетчатки в 1,5-2 раза выше стоимости нативного крахмала. Технология безотходная и высокоэффективная.

Технико-экономические показатели указанных технологий приведены в табл. 3.

Данные таблицы показывают, что при переработке 1 т картофеля на крахмал в Германии получают готового продукта на 166 долл. США, а в Республике Беларусь – только на 90 долл. США, что в 2,2 раза меньше, а если увязать с урожайностью картофеля, которая в Республике Беларусь – 20 т/га и 40 т/га в Германии, то получаем продукции с 1 га земли на 1800 долл. США в Республике Беларусь и 6640 долл. США в Германии. Разница составляет 3,7 раза.

При этом увеличение содержания крахмала в картофеле с 16 % до 22 % дает дополнительно 42 долл. США, а утилизация отходов – 34 долл. США

Таблица 1. Виды сырья для производства крахмала и его стоимость

Наименование сырья	Содержание крахмала, %	Стоимость 1т сырья, долл. США *	Выход продукции, %	Количество крахмала, полученного из 1т сырья, кг	Стоимость готовой продукции, долл. США **
Картофель	15-25	50-75	92-94	138-235	82,8-141
Кукуруза	63-75	130-170	92-95	625-712	281-320
Пшеница	63-66	130-170	60-65	378-390	170-175
Ячмень	60-63	145-150	60-65	360-410	162-184

* расход картофеля на 1т крахмала – 6-7 т при содержании крахмала в сырье – 18-22 %.

** стоимость картофельного крахмала – 600 долл. США, кукурузного – 450 долл. США

Таблица 2. Влияние качества картофеля на технико-экономические показатели производства крахмала

Показатели	Республика Беларусь	Германия
Содержание сухих веществ, %	13-15	21-25
Урожайность, ц/га	180-220	350-400
Однородность по размерам, %	50	90
Наличие глазков от поверхности картофеля, %	8-10	0,5-1
Количество сухих веществ, полученных с 1 га, ц	23,4-33,0	73,5-100,0
Получено крахмала, долл. США	182	552
Расход сырья на 1 т готовой продукции, т	8,6	4,5
Расход воды, м ³ /час	4,5	2,5
Расход пара, т/час	3,1	1,8
Сточные воды, м ³ /час	3,8	1,5

Таблица 3. Техничко-экономические показатели переработки 1 т картофеля в Республике Беларусь и Германии

Наименование продукта	РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ				ГЕРМАНИЯ			
	содержание крахмала, %	кол-во крахмала, т	стоимость 1 т крахмала, долл. США	общая стоимость, долл. США	содержание крахмала, %	кол-во крахмала, т	стоимость 1 т крахмала, долл. США	общая стоимость, долл. США
Крахмал	16	0,15	600	90	22	0,2	600	132
Белок	—	—	—	—	—	0,020	1200	24
Клетчатка	—	—	—	—	—	0,010	1000	10
		0,15		90		0,23		166

при переработке 1 т картофеля.

Следующим фактором при выборе технологии является подбор технологического оборудования. Технологическое оборудование должно соответствовать эксплуатационным, энергосберегающим, теплотехническим, конструктивным, экономическим, эстетическим требованиям и требованиям охраны труда с достаточной механической антикоррозийной прочностью.

Так, в крахмальной промышленности постоянно проходят модернизации и замена технологического оборудования с усовершенствованием технологии производства. Вместо камнеловушек устанавливают моечные машины с встроенными камнеловушками, вместо барабанных сит – дуговые сита, вместо центрифуг и барабано-струйных сит – гидроциклонные установки, что значительно улучшает технологический процесс, повышает качество готовой продукции, снижает потери производства, увеличивая выход и снижая затраты. Так, коэффициент извлечения крахмала вырос с 80-85 % до 90-95 %, потери крахмала (% к весу картофеля) с 3-3,5 % до 1-1,5 %, при доброкачественности крахмала 98 % [6].

Заключение

Определены основные факторы, влияющие на выбор технологии производства крахмала из картофеля. Установлено, что каждый вид сельскохозяйственного сырья пригоден для переработки и получения из него широкого ассортимента продуктов. Объемы производства продукции из сельскохозяйственного сырья зависят от количества, качества, стоимости сырья, технологии производства и состава технологического оборудования. Качество сырья является определяющим фактором при выборе технологии производства и его эффективности, снижая расходы сырья и теплоэнергоресурсов в 2 раза.

Технологии производства и применяемое оборудование определяют возможность создания безотходного, экологически чистого и рентабельного предприятия, что дает возможность на примере выращивания и переработки картофеля на крахмал получить продукции с 1 га земли в 3,7 раза больше в Германии в сравнении с Республикой Беларусь.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Виноградов, Ю.Н. Проектирование предприятий мясомолочной отрасли и рыбообрабатывающих производств. Теоретические основы общестроительного проектирования: учеб. пос. / Ю.Н. Виноградов, В.Д. Косой, О.Ю. Новик. – Санкт-Петербург: ГИОРД, 2005 – 336 с.
2. Славянский, А.А. Проектирование предприятий отрасли: учебник / А.А. Славянский. – Москва: ФОРУМ, 2015. – 320 с.
3. Картофель и картофелепродукты: наука и технология / З.В. Ловкис [и др.]. – Минск: Белорусская наука, 2008. – 537 с.
4. Дворецкий, С.И. Основы проектирования пищевых производств: учеб. пос. / С.И. Дворецкий, Е.В. Хабарова. – Тамбов, 2008. – 92 с.
5. Оборудование пищевых производств. Материаловедение: учебник для вузов / Ю.Л. Солнцев [и др.]; под общ. ред. Ю.П. Солнцева. – Санкт-Петербург: Профессия, 2003. – 526 с.
6. Личко, Н.М. Технология переработки продукции растениеводства / Н.М. Личко. – М.: КолоС, 2000. – С.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 07.02.2019

УДК 338.439:637.1

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ РАЗВИТИЯ МОЛОКОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ (НА ПРИМЕРЕ УП «ОРШАНСКИЙ МОЛОЧНЫЙ КОМБИНАТ»)

И.И. Станкевич,

ст. преподаватель каф. информационных технологий и моделирования экономических процессов БГАТУ

А.С. Герасимец,

экономист ООО «Савушкин-Орша»

В статье проведен анализ деятельности УП «Оршанский молочный комбинат» с использованием методики мониторинга и оценки устойчивого развития молокоперерабатывающего предприятия. Предложены направления повышения уровня устойчивого развития.

Ключевые слова: коэффициенты, молокоперерабатывающее предприятие, мониторинг, SWOT-анализ, оценка устойчивости развития, финансовое состояние.

The article analyzed the activity of the UE «Orshansky Dairy Plant» using the methodology for monitoring and evaluating the development of the milk processing enterprise. Directions for increasing the level of sustainable development were proposed.

Keywords: coefficients, dairy processing company, monitoring, SWOT analysis, assessment of sustainable development, financial condition.

Введение

Формирование стратегии развития молокоперерабатывающего предприятия возможно на основе его функционирования при условии его мониторинга. Одной из целей проведения мониторинга является диагностика состояния предприятия по системе показателей, учитывающих специфические особенности, наиболее характерные и имеющие важное стратегическое значение для данного субъекта хозяйствования.

Целью работы является проведение оценки устойчивости развития молокоперерабатывающего предприятия.

Основная часть

Объектом исследования является производственное унитарное предприятие «Оршанский молочный комбинат» – одно из молочных предприятий Республики Беларусь, основанное в 1939 г. Предприятие несколько раз было преобразовано и реорганизовано. В декабре 2017 г. ОАО «Оршанский молочный комбинат» реорганизовано в филиал «Молочный комбинат» ОАО «Оршанский комбинат хлебопродуктов». В ноябре 2018 г. ПУП «Оршанский молочный комбинат» было реорганизовано в ПУП «Оршанский горлачик», а затем в ООО «Савушкин-Орша». Предметом деятельности предприятия является переработка молока, производство молочной продукции и ее реализация через оптовые, розничные предприятия, а также организация других видов деятельности.

В соответствии с моделью мониторинга молокоперерабатывающего предприятия (рис. 1) на первом этапе необходимо провести комплексную оценку его деятельности для формирования стратегии развития в дальнейшем, что определяет цель проведения мониторинга.

Согласно разработанной модели проведения мониторинга [1] и анализу литературных источников [2, 3, 4, 5], сделан выбор критериев оценки устойчивости развития молокоперерабатывающего предприятия, которые были разделены на шесть групп: финансовая, рыночная, организационная, производственная и инновационно-инвестиционная. Исходные данные для оценки устойчивости развития представлены в таблице 1.

В модели для каждого показателя его нормированное (индексное) значение определяется как отношения отклонения от минимального значения выборки к размаху выборки:

$$I_j = \frac{x_j - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}, \quad (1)$$

где I_j – индексное значение j -ой характеристики объекта;

x_j – наблюдаемое значение показателя для j -ой характеристики объекта;

$x_{\min}$ – минимальное значение показателя на выборке;

$x_{\max}$ – максимальное значение показателя на выборке.

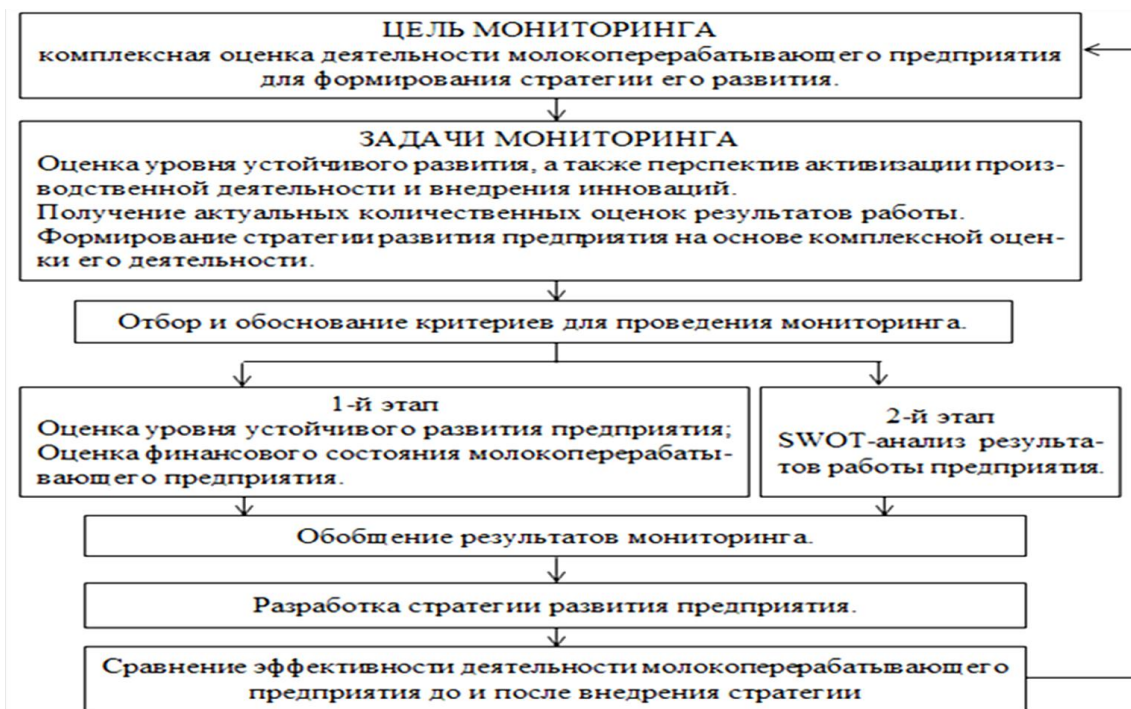


Рис. 1. Модель проведения мониторинга молокоперерабатывающего предприятия

Поскольку индексы могут быть неоднородными по составу, то полученные нормированные значения следует преобразовать так, чтобы зависимость значений индекса и соответствующего показателя соответствовала его условной «положительности» или «отрицательности». Следовательно, если показатель яв-

ляется условно положительным, оставляем его без изменений. В противном случае, значение показателя следует заменить на его дополнение к единице:

$$I_j = 1 - I_j^*, \quad (2)$$

где I_j – конечное индексное значение «отрицатель-

Таблица 1. Показатели деятельности УП «Оршанский молочный комбинат»

Показатели	2015 г.	2016 г.	2017 г.
Финансовая устойчивость (Уф)			
Коэффициент текущей ликвидности	0,646	1,38	2,25
Коэффициент обеспеченности собственными оборотными средствами	-0,55	0,28	0,55
Коэффициент обеспеченности финансовых обязательств активами	1,296	1,364	1,327
Коэффициент финансовой независимости (автономии)	-0,296	-0,364	-0,327
Коэффициент устойчивого финансирования	-0,073	0,485	0,697
Рыночная устойчивость (Ур)			
Рентабельность продаж	-9,9	3,1	11,1
Коэффициент изменения объема продаж	0,85	1,02	1,24
Коэффициент рыночной доли	0,11	0,11	0,10
Организационная устойчивость (Уо)			
Чистая прибыль на 1 работника управления	348,5	-228,9	67,7
Коэффициент эффективности управления	0,04	0,04	0,03
Коэффициент стабильности кадров	0,97	0,97	0,98
Производственная устойчивость (Уп)			
Рентабельность продукции	-9,40	3,40	13,20
Фондоотдача	2,14	2,002	2,28
Коэффициент использования мощностей	0,86	0,61	0,77
Технологическая устойчивость (Ут)			
Коэффициент годности	0,54	0,4	0,45
Коэффициент обновления	0,008	0,161	0,016
Коэффициент прироста	0,002	0,157	0,011
Инновационно-инвестиционная устойчивость (Уи)			
Коэффициент инвестиционной активности	0,006	0,008	0,007
Коэффициент инвестирования	-0,96	-1,34	-1,03
Коэффициент инвестиций в НИОКР	1,38	0,66	0,14

ного» показателя для j-ой характеристики объекта;

I_j^* – индексное значение «негативного» показателя для j-ой характеристики объекта, рассчитанное по формуле (1).

Для расчета общего показателя устойчивости развития (U_P) молокоперерабатывающего предприятия была использована формула (3):

$$U_P = \sqrt[6]{U_F * U_R * U_O * U_P * U_T * U_I} \quad (3)$$

В ходе выполнения первого этапа исследования оценки устойчивости развития [6] получены следующие результаты, представленные в таблице 2.

Таблица 2. Результаты оценки устойчивости развития

Наименование группы	2015 г.	2016 г.	2017 г.
Финансовая (U_F)	0,03	0,21	0,61
Рыночная (U_R)	0,33	0,68	0,67
Организационная (U_O)	0,67	0,33	0,50
Производственная (U_P)	0,50	0,19	0,88
Технологическая (U_T)	0,33	0,67	0,16
Инновационно-инвестиционная (U_I)	0,67	0,47	0,44
Устойчивость развития (U_P)	0,26	0,38	0,41

На основании представленных в таблице 2 данных можно заключить, что в 2015 и 2016 гг. был низкий уровень устойчивости развития исследуемого молокоперерабатывающего предприятия. Основным фактором, повлиявшим на снижение общего показателя устойчивости развития, стала низкая финансовая устойчивость. Предприятию необходимо обратить внимание на данный аспект деятельности. По результатам оценки деятельности, в 2017 г. УП «Оршанский молочный комбинат» имеет среднюю устойчивость развития. За исследуемый период наблюдается рост всех исследуемых групп устойчивости, кроме технологической и инновационно-инвестиционной. С целью повышения уровня устойчивости развития предприятию необходимо усилить восприимчивость к

инновациям и быть способными к осуществлению инновационной и инвестиционной деятельности.

Анализ полученных результатов свидетельствует о необходимости проведения более глубокого анализа финансового состояния УП «Оршанский молочный комбинат» на основании показателей, представленных в таблице 3.

Полученные показатели обработаны согласно методике рейтинговой оценки финансового состояния молокоперерабатывающего предприятия [7]. Результаты представлены в таблице 4.

Таблица 4. Результат оценки финансового состояния УП «Оршанский молочный комбинат»

Наименование микроиндексов	2015 г.	2016 г.	2017 г.
Удовлетворительность структуры бухгалтерского баланса	0,01	0,32	0,60
Финансовая устойчивость предприятия	0,52	0,46	0,49
Эффективность функционирования предприятия	0,50	0,45	0,63
Итого	1,03	1,23	1,72

Согласно данным, представленным в таблице 4, и пороговым значениям рейтинговой методики оценки финансового состояния [1], УП «Оршанский молочный комбинат» в 2015-2016 гг. имеет низкий, а по результатам 2017 г. – средний уровень финансового состояния. У предприятия наблюдается недостаток собственного капитала.

Следующим этапом исследования, согласно модели мониторинга, является проведение SWOT-анализа деятельности молокоперерабатывающего предприятия, который позволяет выявить сильные и слабые стороны (табл. 5), а также внешние возможности и угрозы, и является источником информации при формировании стратегии развития молокоперерабатывающего предприятия.

Таблица 3. Исходные данные для анализа финансового состояния

Показатели	2015 г.	2016 г.	2017 г.
Удовлетворительность структуры бухгалтерского баланса			
Коэффициент текущей ликвидности	0,65	1,38	2,25
Коэффициент обеспеченности собственными оборотными средствами	-0,55	0,28	0,55
Коэффициент обеспеченности финансовых обязательств активами	1,30	1,36	1,33
Финансовая устойчивость предприятия			
Коэффициент абсолютной ликвидности	0,0018	0,0091	0,0001
Коэффициент быстрой ликвидности	0,50	1,37	2,03
Коэффициент капитализации (плечо финансового рычага)	-4,38	-3,74	-4,06
Коэффициент финансовой независимости (автономии)	-0,30	-0,36	-0,33
Коэффициент финансовой зависимости	-3,38	-2,74	-3,05
Коэффициент устойчивого финансирования	-0,07	0,49	0,70
Коэффициент текущей задолженности	1,07	0,51	0,30
Коэффициент покрытия долгов собственным капиталом	-0,23	-0,27	-0,25
Коэффициент обеспеченности запасов собственным капиталом	0,22	-2,47	-0,37
Коэффициент роста собственного капитала	17,00	-1,44	-0,72
Эффективность функционирования предприятия			
Рентабельность продаж, %	-9,90	3,10	11,10
Рентабельность совокупных активов, %	29	-16,8	7,3
Рентабельность собственного капитала, %	17,8	5,04	-13,90
Рентабельность затрат, %	-10,14	3,67	14,14

**Таблица 5. Сильные стороны и возможности
УП «Оршанский молочный комбинат»**

Внутренние сильные стороны	Возможности предприятия
Хорошая репутация предприятия; Собственная технология; Высококачественная продукция; Экспорт продукции 44,5 %; Относительно невысокие цены; Широкий ассортимент продукции; Хорошая сырьевая база; Стабильный кадровый состав.	Загрузка производственных мощностей до 100 %; Разработка новых товаров; Увеличение рекламы; Модернизация производства; Проведение более детального анализа производственной, маркетинговой деятельности предприятия.

SWOT-анализ – это метод первичной оценки текущей ситуации, основанный на рассмотрении ее с четырех сторон [8, 9]: strengths (сильные стороны), weaknesses (слабые стороны), opportunities (возможности), threats (угрозы). SWOT-анализ помогает составить структурированное описание конкретной ситуации. На основании этого описания можно сделать выводы и принять правильные и взвешенные решения.

Впервые аббревиатура SWOT прозвучала в 1963 г. в Гарварде на конференции по проблемам бизнес-политики, в докладе профессора Кеннета Эндрюса. В 1965 г. SWOT-анализ был предложен для разработки стратегии поведения фирмы. С его помощью удастся установить линии связи между силой и слабостью, которые присущи организации, и внешними угрозами и возможностями. Сильные и слабые стороны – это ваша внутренняя среда, то что вы уже имеете на текущий момент времени. Возможности и угрозы – это факторы внешней среды, они могут произойти, а могут и нет. Это зависит, в том числе, и от ваших действий и решений [10, 11].

Для анализа сильных и слабых сторон УП «Оршанский молочный комбинат», а также получения ответа на вопрос, обладает ли предприятие необходимым потенциалом и способно ли воспользоваться открывающимися перед ним возможностями, и какие

внутренние слабости могут осложнить возможные проблемы, связанные с внешними опасностями, воспользуемся методом управленческого обследования.

Проведем анализ внешней среды предприятия. Основным конкурентом УП «Оршанский молочный комбинат» в Витебской области является ОАО «Молоко» (г. Витебск). Оценим факторы, которые определяют конкурентные преимущества УП «Оршанский молочный комбинат» (табл. 6).

Фактор, определяющий конкурентные преимущества исследуемого предприятия, равен 3,7. Далее оценим факторы, определяющие стратегический потенциал молочного комбината (табл. 7).

Стратегический потенциал УП «Оршанский молочный комбинат» находится на среднем уровне, поскольку оценка факторов стратегического потенциала составляет 3,8 при максимально возможных 6 баллах. На следующем этапе оценим факторы, определяющие условия бизнеса исследуемого предприятия (табл. 8).

Условия бизнеса УП «Оршанский молочный комбинат» находятся на среднем уровне, поскольку оценка факторов стратегического потенциала составляет 3,9 при максимально возможных 6 баллах. Далее оценим факторы, определяющие привлекательность молочной отрасли (табл. 9).

Таблица 6. Конкурентные преимущества предприятия

Показатели конкурентных преимуществ		Оценка									
		0	1	2	3	4	5	6			
Доля бизнеса предприятия в отрасли	Сильное сокращение	0	1	2	3	4	5	6	Сильный рост		
Высококачественная продукция	Ухудшение	0	1	2	3	4	5	6	Рост		
Наполнение портфеля заказами	Неудовлетворительное	0	1	2	3	4	5	6	Удовлетворительное		
Приверженность потребителей к продукции предприятия	Низкая	0	1	2	3	4	5	6	Высокая		
Финансовое положение предприятия	Плохое	0	1	2	3	4	5	6	Хорошее		
Широкий ассортимент продукции	Хорошее	0	1	2	3	4	5	6	Плохое		

Таблица 7. Стратегический потенциал предприятия

Показатели стратегического потенциала		Оценка									
		0	1	2	3	4	5	6			
Загрузка производственных мощностей до 100 %	Сильно ограниченные	0	1	2	3	4	5	6	Неограниченные		
Расширение ассортимента продукции	Низкие	0	1	2	3	4	5	6	Высокие		
Усиление рекламной работы	Низкий	0	1	2	3	4	5	6	Высокий		
Модернизация производства	Низкий	0	1	2	3	4	5	6	Высокий		
Проведение более детального анализа производственной и коммерческой деятельности предприятия	Низкий	0	1	2	3	4	5	6	Высокий		
Расширение рынков сбыта	Низкий	0	1	2	3	4	5	6	Высокий		

Таблица 8. Факторы, определяющие условия бизнеса

Показатели условий бизнеса	Оценка									
Условия для внедрения новых технологий	Неудовлетворительные	0	1	2	3	4	5	6	Очень хорошие	
Политические условия	Неудовлетворительные	0	1	2	3	4	5	6	Очень хорошие	
Макроэкономические условия	Неудовлетворительные	0	1	2	3	4	5	6	Очень хорошие	
Государственно-правовые условия	Неудовлетворительные	0	1	2	3	4	5	6	Очень хорошие	
Социальные условия	Неудовлетворительные	0	1	2	3	4	5	6	Очень хорошие	
Культурные и демографические условия	Неудовлетворительные	0	1	2	3	4	5	6	Очень хорошие	
Географические и климатические условия	Неудовлетворительные	0	1	2	3	4	5	6	Очень хорошие	

Таблица 9. Факторы, определяющие привлекательность молочной отрасли

Показатели привлекательности отрасли	Оценка									
Вероятность вытеснения продукции предприятия другими предприятиями	Низкая	0	1	2	3	4	5	6	Высокая	
Уровень покупательной способности в отрасли	Низкий	0	1	2	3	4	5	6	Высокий	
Способность покупателей ориентироваться в продукции, реализуемой предприятием	Низкая	0	1	2	3	4	5	6	Высокая	
Уровень спроса на продукцию на рынке	Низкий	0	1	2	3	4	5	6	Высокий	
Вероятность появления в отрасли новых конкурентов	Низкая	0	1	2	3	4	5	6	Высокая	
Требования, предъявляемые потребителями к качеству продукции	Низкие	0	1	2	3	4	5	6	Высокие	
Степень соперничества между основными конкурентами	Низкая	0	1	2	3	4	5	6	Высокая	

Привлекательность отрасли для УП «Оршанский молочный комбинат» находится на среднем уровне, поскольку оценка факторов стратегического потенциала составляет 4,1 при максимально возможных 6 баллах.

Устойчивость развития молокоперерабатывающего предприятия обеспечивается следующими основными факторами: рост рентабельности; диверсификация бизнеса; эффективная политика распределения прибыли; политика формирования структуры капитала, направленная на максимизацию уровня рентабельности собственного капитала при заданном уровне финансового риска; эффективное управление денежными потоками предприятия; оптимизация формирования состава активов предприятия.

Для стабилизации финансового состояния предприятия необходимо разработать и провести процедуры экономии текущих затрат, снижения себестоимости продукции. Применить методы ускоренной амортизации, что позволит привести стоимость основных производственных фондов в соответствие с реальными рыночными ценами. Снизить расходы на содержание помещений, инвентаря и оборудования и реализовать устаревшее, неиспользуемое оборудование. Направить свободные денежные средства на финансовую деятельность предприятий, т.к. предприятие фактически не занимается финансовой деятельностью, которая при определенных обстоятельствах (наличии квалифицированного персонала и др.) могла бы приносить дополнительную прибыль.

На основании результатов оценки, по матрице SWOT можно сделать вывод о том, что исследуемое предприятие занимает устойчивую позицию на рынке, и ресурсы дают ему перспективные возможности. Для дальнейшего развития предприятию следует усилить рекламу брендов комбината, выявить резервы увеличения дохода за счет разработки гибкой системы скидок, использования новых технологий и расширения ассортимента продукции.

Заключение

В целом методика мониторинга молокоперерабатывающего предприятия, включающая оценку уровня устойчивого развития, финансового состояния и SWOT-анализ, основана на многомерном и комплексном подходе и является наиболее информативной, так как учитывает множество факторов внутренней и внешней среды. Для проведения оценки используется информация публичной отчетности. При определении уровня устойчивого развития и оценки финансового состояния используется алгоритм, реализующий возможность за анализируемый период всех частных показателей в безразмерную величину, а затем в комплексный показатель, который позволяет сделать вывод о состоянии предприятия. Методика позволяет выявить и оценить наиболее значимые элементы, а также учитывать специфику предприятия и среды функционирования, обеспечивает достаточную информационную поддержку принятия управленческих решений. Проведение подобной оценки позволяет проводить сравнительный анализ уровня устойчивого развития и финансового состояния, SWOT-анализ предприятий молочной отрасли и определять направления его повышения, разработки и внедрения стратегии развития молокоперерабатывающего предприятия, реализуя механизм управления, включающий проведение стратегического корпоративного реинжиниринга и разработку бизнес-модели молокоперерабатывающего предприятия.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Станкевич, И.И. Методика мониторинга и оценки устойчивого развития молокоперерабатывающего предприятия / И.И. Станкевич // Аграрная экономика. – 2016. – № 9 (256). – С. 38-42.

2. Васильева, Л.В. Анализ методических подходов к построению интегральных экономических показателей / Л.В. Васильева // Экономические исследования и разработки. – 2017. – № 12. – С. 8-18.

3. Инструкция о порядке расчета коэффициентов платежеспособности и проведения анализа финансового состояния и платежеспособности субъектов хозяйствования [Электронный ресурс]: пост. Министерства финансов Респ. Беларусь, Министерства экономики Респ. Беларусь, 27 дек. 2011 г., № 140 / 206 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <http://pravo.by/document/?guid=3961&p0=W21224865>. – Дата доступа: 20.02.2012.

4. Ильина, З.М. Конкурентоспособность продукции и продовольственная безопасность. Теоретические и практические аспекты / З.М. Ильина, Н.Н. Батова. – Минск: Ин-т системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2010. – 120 с.

5. Стратегия конкурентоспособности предприятий молокоперерабатывающей отрасли Беларуси: теория, методология, практика: монография / А. В. Пилипук [и др.]; ред. В. Г. Гусаков; Республиканское научное унитарное предприятие «Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси». – Минск: Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2011. – 212 с.

6. Станкевич, И.И. Методика рейтинговой оценки устойчивого развития молокоперерабатывающего предприятия / И.И. Станкевич // Агропанорама. – 2016. – № 1 (113). – С. 42-46.

7. Станкевич, И.И. Рейтинговая оценка финансового состояния молокоперерабатывающих предприятий / И.И. Станкевич, Б.А. Железко // Экономика и управление. – 2009. – № 1 (17). – С. 105-112.

8. Герасимец, А.С. Анализ производственной деятельности и направления ее совершенствования в УП «Оршанский молочный комбинат» / А.С. Герасимец, И.И. Станкевич // Инновационные идеи молодых исследователей для агропромышленного комплекса России: сборник статей Междунар. научно-практич. конф. молодых ученых: в 4 т. / Пензенский ГАУ. – Пенза: ПГАУ, 2018. – Т. 4. – С. 51-54.

9. Грант, Р.М. Современный стратегический анализ / Р.М. Грант; под ред. В.Н. Фунтова. – 6-е изд.; пер. с англ. – Санкт-Петербург: Питер, 2012. – 560 с.

10. Котлер, Ф. Основы маркетинга: учебник / Ф. Котлер. – Москва: Прогресс, 2014. – 317 с.

11. Фляйшер, К. Стратегический и конкурентный анализ. Методы и средства конкурентного анализа в бизнесе; пер. с англ. / К. Фляйшер, Б. Бенсуссан. – Москва: БИНОМ, Лаборатория знаний. – 2009. – 541 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 05.02.2019

Радиоволновой влагомер зерна

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

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



Основные технические данные

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

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

ВАРИАНТЫ ФОРМИРОВАНИЯ РАСЧЕТНЫХ ЦЕН НА ПРОДУКЦИЮ СВИНОВОДЧЕСКИХ ПЛЕМЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ В УСЛОВИЯХ МЕЖХОЗЯЙСТВЕННОЙ КООПЕРАЦИИ

А.А. Бурачевский,

ассистент каф. экономической теории и права БГАТУ

Г.И. Ганущ,

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

В статье представлены результаты исследования по разработке вариантов формирования расчетных цен на продукцию племенных свиноводческих организаций в условиях кооперации с откормочными предприятиями.

Ключевые слова: кооперация, свиноводство, племенной молодняк, сельхозорганизации, эффективность, методики, ценообразование.

The article presents the results of a study on the development of options for the formation of settlement prices for products of breeding pig-breeding organizations in terms of cooperation with fattening enterprises.

Keywords: cooperation, pig breeding, young stock, agricultural organizations, efficiency, methods, pricing.

Введение

В настоящее время большинство крупнотоварных организаций по производству свинины для обновления основного стада используют молодняк собственного производства [1, 2]. Это приводит к ослаблению устойчивости организмов животных к воздействию патогенных микроорганизмов и, как следствие, снижению потенциала их продуктивности, что ограничивает возможности повышения эффективности функционирования свиноводства.

Как свидетельствуют наука и практика, экономически целесообразно комплектовать основное стадо промышленных свиноводческих комплексов за счет племенного молодняка, выращенного в специализированных хозяйствах [3, 4]. Одним из направлений эффективного взаимодействия товарных и репродукторных свиноводческих организаций является межхозяйственная кооперация. Важным элементом формирования устойчивых и взаимовыгодных межхозяйственных связей являются научно обоснованные расчетные цены между участниками кооперации. С этой целью в статье представлены результаты исследований по разработке рациональных вариантов установления расчетных цен в процессах кооперативных взаимоотношений свиноводческих организаций различной производственно-технологической специализации.

Основная часть

По имеющимся оценкам [5], ежегодная потребность работающих промышленных свинокомплексов в ремонтных свинках составляет 55 тыс. гол., а с учетом ввода в эксплуатацию новых и расширения производственных площадей она увеличится до 120 тыс. гол.

Это обуславливает необходимость совершенствования межхозяйственных связей свиноводческих комплексов по производству свинины и репродукторных хозяйств по выращиванию молодняка с высокоценными племенными качествами. В данном контексте актуальной задачей является разработка обоснованного порядка взаимных расчетов между кооперируемыми субъектами.

Авторами публикации предлагаются три варианта расчета цены за единицу поставляемой для нужд свинокомплекса продукции – одну голову молодняка. В основе каждого из них лежит размер нормативной – ориентировочной – и согласованной племенным и откормочным предприятием, себестоимости производства. Определять размер нормативной себестоимости продукции племенного предприятия предлагается на основе расчетно-аналитического подхода к установлению норм расхода соответствующих ресурсов. Методологически это возможно осуществлять посредством последовательного выполнения следующих четырех комплексных мероприятий:

- анализ фактических технологических и организационных условий использования ресурсов;
- выявление резервов улучшения использования основных и оборотных средств, рационализации технологии;
- изучение и анализ передового отечественного и зарубежного опыта организации производства в племенных организациях;
- расчет норм по каждому элементу себестоимости.

Такой подход создает условия, при которых поставщики племенной продукции, т. е. племенные организации, изначально будут знать предел расходования ресурсов и, следовательно, смогут изменять си-

стему организации выращивания племенных свинок в направлении снижения издержек.

Вариант 1. Формирование расчетной цены осуществляем на основе распределения части полученной специализированным откормочным свинокомплексом прибыли по данному виду деятельности в пользу поставщика ремонтного молодняка.

Для расчета величины прибыли, подлежащей распределению производителям племенных свиноматок, предлагается использовать соответствующую методику, базирующуюся на определении удельного веса затрат откормочной организации на ремонт основного стада за счет использования племенных животных в общей стоимости произведенной продукции на свинокомплексе за определенный период времени (месяц, квартал, год). Алгоритм методики включает пять этапов.

Этап 1 методики заключается в проведении оценки стоимости продукции, полученной откормочной организацией за определенный период времени по величине фактической себестоимости ($ВП_k$). На этапе 2 определяется размер затрат специализированного откормочного предприятия на приобретение ремонтных животных, переданных от племенного предприятия головному по величине индикативной себестоимости ($ВП_{pm}$). Этап 3 предполагает расчет среднего годового (а также квартального, месячного) значения амортизации закупленного молодняка для ремонта основного стада:

$$A = ВП_{pm} / СПИ, \quad (1)$$

где A – размер средних амортизационных отчислений за период полезного использования племенных животных, руб.;

$СПИ$ – срок полезного использования объекта основных средств (основных свинок).

На этапе 4 определяется величина значения

удельного веса затрат на ремонт основного стада откормочного предприятия в общем объеме затрат (фактической себестоимости) на производство продукции свинокомплекса за определенный период времени ($УВ_{рем}^{плем}$).

$$УВ_{рем}^{плем} = \frac{A + ПС}{ВП_k}, \quad (2)$$

где $ПС$ – стоимость потомства, полученного от закупленных у репродукторов племенных ремонтных свиноматок и переданного в дальнейшее производство, руб.

На этапе 4 рассчитывается удельный вес стоимости продукции специализированного откормочного предприятия, обусловленной использованием в процессе производства племенного молодняка, полученного в рамках межхозяйственной кооперации.

На этапе 5 от общей величины заработанной специализированным откормочным предприятием прибыли вычисляется значение той ее части, которую необходимо распределить в пользу племенной организации ($П_r^{плем}$). Именно значение $УВ_{рем}^{плем}$ будет отражать долю прибыли к перераспределению:

$$П_r^{плем} = П \cdot УВ_{рем}^{плем}, \quad (3)$$

где $П$ – размер прибыли откормочной организации (свинокомплекса) за определенный период времени, руб.

Алгоритм проведения расчетов по предлагаемой методике представлен на рисунке 1.

Вариант 2. Отличительной особенностью второго варианта является то, что для определения расчетной цены за продукцию репродукторов используется значение рентабельности затрат. В данном случае

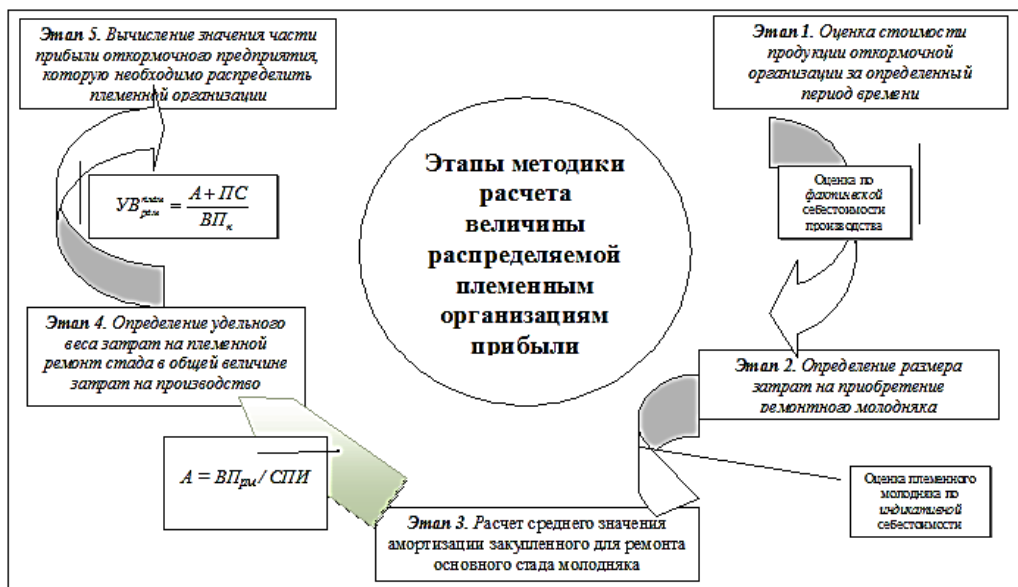


Рисунок 1. Схема применения методики расчета размера распределяемой племенным организациям прибыли откормочных комплексов

Примечание: Разработано автором на основе собственных исследований

цена одной головы ремонтного молодняка должна быть такой, чтобы обеспечивать репродукторной организации определенный заранее, «гарантированный» уровень рентабельности затрат. Предлагаемая авторами соответствующая методика состоит из трех последовательно выполняемых этапов:

этап 1 – субъекты кооперативных взаимоотношений перед началом производственного периода совместно устанавливают и закрепляют в договоре между ними планируемый размер рентабельности племенных репродукторов. В качестве такового авторы предлагают использовать параметр, который выступает ориентиром при организации эффективного производства продукции свиноводства в странах Европейского Союза – 25 % [6]. Такое значение уровня рентабельности затрат позволяет свиноводческим организациям обеспечивать самофинансирование текущей деятельности и создает условия не только для быстрой окупаемости затрат, но и для расширения производства;

этап 2 – расчет размера плановой прибыли племенной организации (Π_p). При условии, что установлены размер «гарантированной» рентабельности затрат и величина индикативной себестоимости выращивания племенных свиноматок, значение прибыли будет определяться по формуле:

$$\Pi_p = C^n \cdot R^r, \quad (4)$$

где C^n – размер нормативной себестоимости производства продукции племенной организации, руб.;

R^r – «гарантированный» уровень рентабельности затрат предприятий-репродукторов, %;

этап 3 – вычисление путем суммирования величин плановой прибыли и нормативной себестоимости значения выручки от реализации, т. е. цены реализации одной головы племенных свиноматок для нужд откормочных свинокомплексов.

Алгоритм проведения расчетов по определению

цен по второму варианту представлен на рисунке 2.

Вариант 3. Вариант предполагает, что племенные предприятия получают «премию» за успешное и качественное выполнение определенных в договоре между организациями условий:

- за соответствие качества произведенной продукции требуемым параметрам (продуктивным характеристикам ремонтного молодняка);
- соблюдение технологий производства;
- выполнение сроков и объемов поставок;
- предложения по внесению изменений в технологию производства продукции.

Соответственно, соблюдение каждого из перечисленных условий будет выступать источником получения «премии» и коэффициентом для расчета ее размеров. «Премия» должна выплачиваться поставщикам племенного материала вне зависимости от финансового результата функционирования откормочной организации, а только по результатам выполнения пунктов и условий договоров.

Для обоснования величины «премии» мы предлагаем использовать следующую методику. Ее содержание базируется на учете эффекта гетерозиса в продуктивности племенного молодняка.

Так как действие эффекта гетерозиса будет проявляться в росте потенциала продуктивности стада [7] (увеличении многоплодия, среднесуточных привесов, содержания мяса в туше, убойного выхода на 100 кг, снижении толщины шпика) и повышении устойчивости к болезням, то уровень эффективности выращивания гибридов свиней будет выше, чем при производстве свинины методом ротационного скрещивания, то есть используя прием саморемонта.

В этой связи на первом этапе методики (этап 1) необходимо проводить оценку уровня стоимости продукции, произведенной от гибридов племенных свиней (CI^{III}) и от того поголовья, которое имеется в наличии в организации (CI^{PC}). Этап 2 предполагает

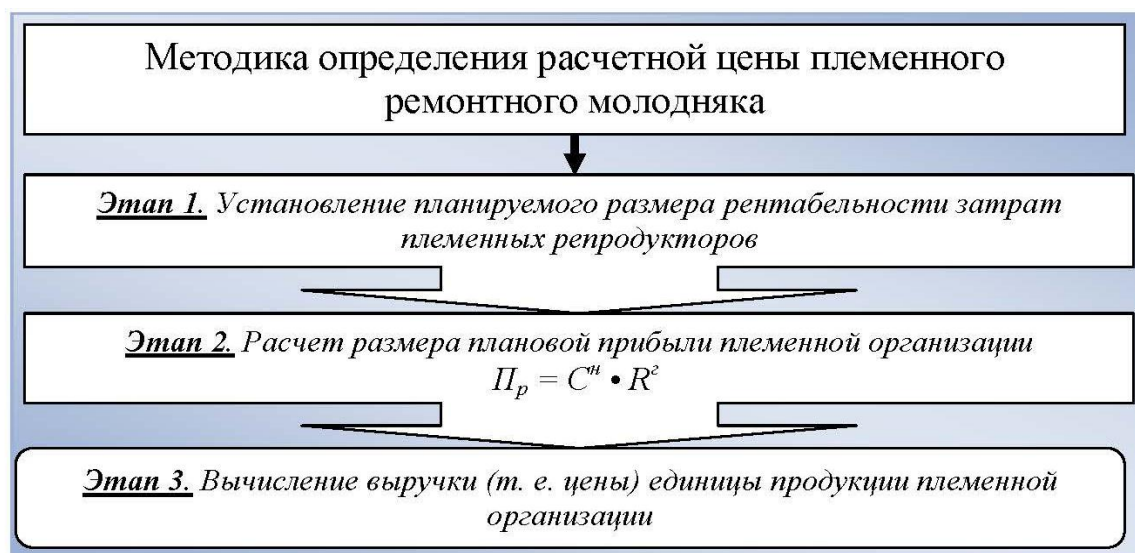


Рис. 2. Алгоритм определения расчетных цен на продукцию репродукторов по второму варианту
Примечание: Разработано автором на основе собственных исследований

соотнесение полученных на первом этапе результатов. Найденное значение будет отражать созданную путем прилития новой крови (за счет улучшения качественных характеристик стада свиней) дополнительную стоимость продукции.

$$ДопC_{отн}^{ген} = СП^{ПГ} - СП^{РС}, \quad (5)$$

где $ДопC_{отн}^{ген}$ – разница между стоимостью продукции гибридов свиней и продукции, полученной от выращивания особей приемом саморемонта; величина дополнительной стоимости продукции, созданная путем селекционной и генетической работы в организации, руб.

На этапе 3 оценивается степень участия в двух-, или трехпородных гибридах включаемой крови племенной свинки j-й породы ($УК_j$). Например, в гибриде ландраса (Л), йоркшира (Й) и белорусской крупной белой (Б.К.Б) – Л.хЙ.хБ.К.Б – только 10 % наследуемых признаков особями получено от свиней отечественной селекции.

$$УК_j = \frac{Б.К.Б.}{Л.хЙ.хБ.К.Б.} \cdot 100\% \quad (6)$$

Следовательно, только 10 % величины, полученной путем скрещивания дополнительной стоимости, создано белорусской крупной белой (j-й) породой ($ДопC_{отн}^{ген}$).

$$ДопC_{отн j}^{ген} = УК_j \cdot ДопC_{отн}^{ген} \quad (7)$$

На этапе 4 значение разницы дополнительных стоимостей, произведенной гибридизацией и ротационным скрещиванием продукции, в равной части следует разделить по четырем критериям. Таким образом, будет получено максимальное значение каждого из коэффициентов, которые обуславливают величину «премии» $K_{п}^{max}$.

$$K_{п}^{max} = \frac{ДопC_{отн j}^{ген}}{4}, \quad (8)$$

где $K_{п}^{max}$ – максимальное значение коэффициента расчета «премии».

На заключительном пятом этапе специалисты племенной и откормочной организаций совместно в соответствии с полнотой и качеством выполнения условий заключенного между ними договора должны устанавливать значение коэффициента расчета «премии», находящееся в диапазоне от 0 до $K_{п}^{max}$, для каждого из условий обязательств ($K_{п i}^{max}$). Алгоритм проведения обоснования значений коэффициентов представлен на рисунке 3.

Апробация третьего варианта методики формирования цен была проведена на основе данных, получен-

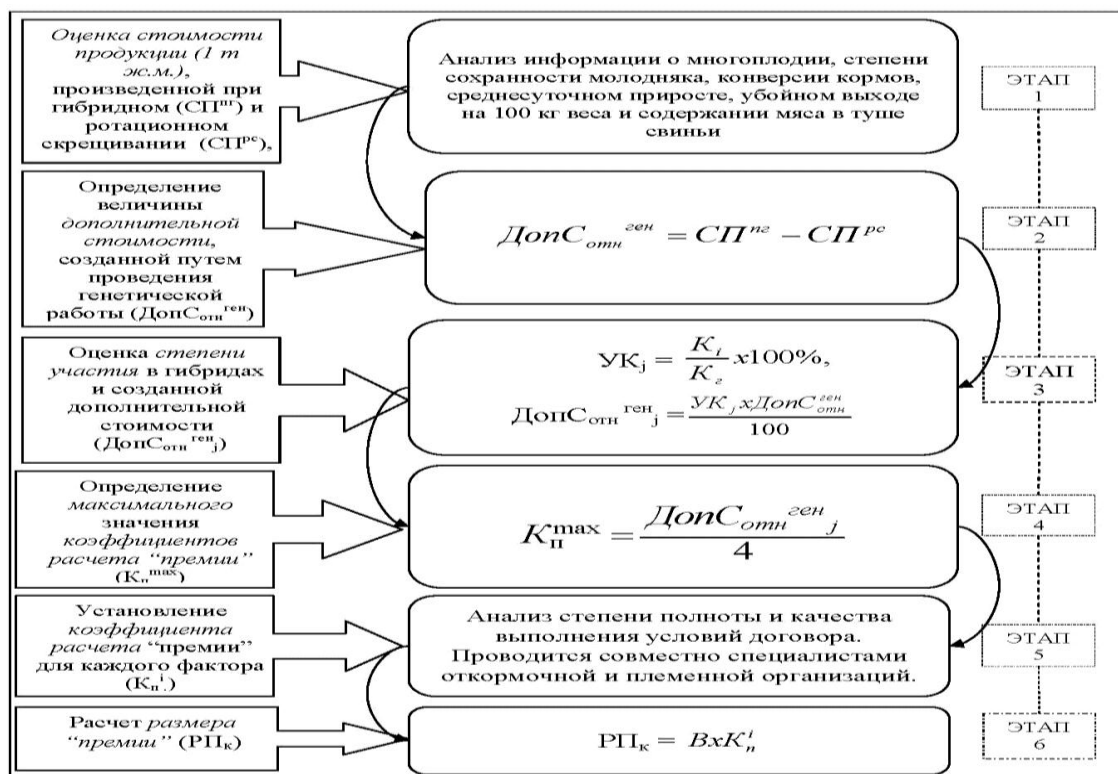


Рисунок 3. Алгоритм обоснования значений коэффициентов расчета «премии» за успешное и качественное выполнение договорных условий

Примечание: Разработано автором на основе собственных исследований

ных отечественными учеными-зоотехниками в процессе сравнительного исследования продуктивности и эффективности выращивания различных вариантов гибридов родительской свинки [8]. Установлено, что наибольшее значение величины стоимости продукции, полученной от одной свиноматки, характерно для особой сочетания белорусской крупной белой породы и породы йоркшир – 8416,9 у.е. Это на 6,86 % больше, чем в базовом варианте, в качестве которого выступало ротационное сочетание свиней белорусской крупной белой породы (табл. 1). Соответственно, на каждый из факторов формирования дополнительной стоимости продукции будет приходиться максимум 1,715 %. Для двух других вариантов скрещивания – белорусской крупной белой и белорусской мясной (Б.К.Б. х Б.М.) и белорусской крупной белой и ландраса (Б.К.Б х Л.) – значения коэффициента составят соответственно 0,0470 и 0,0225.

Научная новизна трех изложенных методик заключается в следующих аспектах:

- фундаментом системы ценообразования каждой из них является величина нормативной себестоимости, т. е. такое значение, которое, с одной стороны, предполагает установление норм расхода ресурсов, а с другой – основано на учете конкретных условий производства в каждой организации;
- использование в качестве критерия определения размера прибыли, подлежащей распределению в пользу репродуктора, показателя удельного веса затрат откормочной организации на ремонт основного стада в общей стоимости продукции;
- применение показателя «гарантированной» рентабельности затрат репродукторной организации, а также обоснование его целевого для специализированных свиноводческих организаций параметра (25 %);
- использование для поощрения племенных ор-

ганизаций «премии» за качественное и своевременное выполнение договорных обязательств.

Практическая значимость применения данных вариантов формирования цен на продукцию племенных организаций заключается в следующем:

- стимулирование производителей снижать себестоимость производства;
- стимулирование откормочных организаций к увеличению объемов производства, а племенных – к повышению потребительских характеристик ремонтного молодняка;
- стимулирование племенных организаций вносить рациональные предложения по модернизации системы выращивания свиней с целью повышения эффективности производства продукции по всей цепочке формирования стоимости;
- стимулирование производителей ремонтного молодняка к строгому выполнению договорных обязательств в рамках межхозяйственной кооперации;
- стимулирование откормочных организаций обновлять основное стадо именно племенным молодняком, а не применяя метод саморемонта.

Заключение

Для осуществления расчетов между племенными и откормочными свиноводческими организациями в рамках кооперативных взаимоотношений предлагается использовать три варианта формирования цен.

Первый вариант основан на распределении части полученной свинокомплексом прибыли в пользу поставщика ремонтного молодняка.

Суть второго варианта заключается в том, что цена одной головы ремонтного молодняка должна обеспечивать репродукторной организации определенный уровень рентабельности затрат.

Таблица 1. Значения коэффициентов расчета «премии» в зависимости от уровня продуктивности различных вариантов родительской свинки

Показатели	Варианты скрещивания			
	Б.К.Б. х Б.К.Б. – базовый вариант для сравнения	Б.К.Б. х Й.	Б.К.Б. х Б.М.	Б.К.Б х Л.
Стоимость валовой продукции от одной свиноматки в год, у. е.	7876,5	8416,9	8339,8	8262,5
Абсолютное отклонение стоимости валовой продукции вариантов скрещивания от базового варианта, у. е.	-	540,4	463,3	386
Относительное отклонение стоимости валовой продукции вариантов скрещивания от базового варианта, %	-	106,86	105,88	104,90
Максимальное значение коэффициента расчета «премии» K_n^{max} по факторам				
1. Высокое качество (соответствие требуемым параметрам)	-	1,715	1,47	1,225
2. Соблюдение технологий производства	-	1,715	1,47	1,225
3. Выполнение сроков и объемов продаж	-	1,715	1,47	1,225
4. Инициирование внесения изменений в технологии производства, систему взаимоотношений	-	1,715	1,47	1,225

Примечание: Разработано авторами на основе [3] и собственных исследований

Третий вариант предполагает, что племенные предприятия получают «премию» за выполнение договорных обязательств.

Практическое применение разработанных вариантов ценообразования на ремонтный молодняк в рамках межхозяйственной кооперации позволит, во-первых, создать условия для организации и функционирования устойчивого производства, как в племенных, так и откормочных предприятиях, во-вторых, обеспечить рост генетического потенциала эффективности производства свинины и формирование резистентности животных к воздействию патогенных микроорганизмов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. В погоне за мясностью свинины нельзя терять традиции и качество [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://agriculture.by/articles/zhivotnovodstvo/nikolaj-loban-v-pogone-za-mjasnostju-svininy-nelzja-terjat-tradicii-i-kachestvo>. – Дата доступа: 14.01.2018.
2. Преимущества белорусских пород свиней [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://agriculture.by/articles/zhivotnovodstvo/o-preimuschestvah-belorusskih-porod-svinej>. – Дата доступа: 14.01.2018.
3. Шейко, И. Ведущая порода свиней в Беларуси / И. Шейко // Белорусское сельское хозяйство. – 2016. – №3. – С. 34-37.
4. Шейко, И.П. Инновационная деятельность в свиноводстве Беларуси / И.П. Шейко // Перспективы развития свиноводства стран СНГ: сб. науч. тр. по материалам XXV Междунар. науч.-практ. конф., Жодино, 23–24 августа 2018 г. / Нац. акад. наук Беларуси, Науч.-практ. центр по животноводству; редкол.: И.П. Шейко [и др.]. – Минск: Беларуская навука, 2018. – С. 3-12.
5. Шейко, И.П. Ускорение пороодообразовательного процесса в свиноводстве на основе комплекса селекционно-генетических методов / И.П. Шейко, Н.А. Лобан // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук. – 2015. – №4. – С. 75-79.
6. Павлович, П. Не боимся увеличивать сроки откорма, чтобы повысить рентабельность / П. Павлович // Белорусское сельское хозяйство. – 2018. – №10. – С. 30-36.
7. Рецепты конкурентоспособности для белорусской «шкварки» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://agriculture.by/articles/ispitano-na-sele/recepty-konkurentosposobnosti-dlja-belorusskoj-shkvarki>. – Дата доступа: 14.01.2018.
8. Шейко, И. Белорусское свиноводство должно базироваться на отечественном генофонде / И. Шейко // Белорусское сельское хозяйство. – 2015. – № 6. – С.4-7.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 26.03.2019

УДК 631.37:33

РАСЧЕТ УЩЕРБА ОТ ОТКЛОНЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ В ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ

Н. Г. Королевич,

зав. каф. экономики и организации предприятий АПК БГАТУ, канд. экон. наук, доцент

Г. И. Янукович,

профессор каф. электроснабжения БГАТУ, канд. техн. наук

Е.А. Тюнина,

ст. преподаватель каф. электроснабжения БГАТУ

В статье приведена методика расчета ущерба от отклонения напряжения в осветительных установках.

Ключевые слова: электроэнергия, отклонение напряжения, осветительные установки.

The article presents the method of calculating the damage from the voltage deviation in lighting installations.

Keywords: electricity, voltage deviation, lighting installations.

Введение

Одним из показателей качества электрической энергии является отклонение напряжения от номинального значения. Ранее существовавший ГОСТ 13109 – 97 допускал отклонение напряжения у потребителей в пределах $\pm 5\%$. Вновь принятый

ГОСТ 32144-2013, который вступил в действие 1 апреля 2016 года, допускает отклонение напряжения в пределах $\pm 10\%$. В статье приводится методика расчета ущерба в осветительных установках от отклонения напряжения в допустимых ныне действующим стандартом пределах. Показано влияние данных отклонений напряжения на потребителя.

Основная часть

Определим ущерб при отклонении напряжения от номинального для наиболее распространенных потребителей в осветительных установках. Осветительные установки могут быть с лампами накаливания, люминесцентными и другими.

Рассмотрим лампы накаливания. Изменение потребляемой энергии при напряжении, отличном от номинального, определяется по формуле:

$$\Delta W = W - W_n, \quad (1)$$

где W – потребляемая энергия при напряжении, отличном от номинального, кВт·ч;

W_n – потребляемая энергия при номинальном напряжении, кВт·ч.

Ущерб для ламп накаливания при питании от напряжения, отличного от номинального, состоит из следующих составляющих [1, 2]:

$$Y_{\text{лн}} = Y_{\text{ан}} + Y_{\text{сн}} + Y_{\text{пн}}, \quad (2)$$

где $Y_{\text{ан}}$ – ущерб от изменения потребления активной мощности для ламп накаливания, руб.;

$Y_{\text{сн}}$ – ущерб от изменения срока службы ламп накаливания, руб.;

$Y_{\text{пн}}$ – ущерб от изменения производительности труда при изменении напряжения в лампах накаливания, руб.

Ущерб от дополнительного потребления активной мощности для ламп накаливания можно определить по выражению:

$$Y_{\text{ан}} = c_1 \Delta W = c_1 \delta P_n T_p, \quad (3)$$

где $\delta P = 1,5 P_n \delta U$ – дополнительное потребление активной мощности при напряжении, отличном от номинального, кВт;

P_n – номинальная мощность лампы накаливания, Вт;

δU – отклонение напряжения от номинального, В;

c_1 – тариф на электроэнергию, руб/кВт·ч.

Ущерб от изменения срока службы лампы накаливания определим по формуле:

$$Y_{\text{сн}} = p K_{\text{л}} \left(\frac{1}{T_*} - 1 \right) \frac{T}{T_{\text{г}}}, \quad (4)$$

где $p = 1/T$ – коэффициент амортизации;

$K_{\text{л}}$ – стоимость лампы, руб.;

T_* – относительное изменение срока службы

лампы при отклонениях напряжения;

T – срок службы лампы при номинальном напряжении, ч;

$T_{\text{г}}$ – годовое время использования лампы, ч.

Относительное изменение срока службы лампы накаливания при отклонениях напряжения

$$T_* = 1 - 10\delta U + 25\delta U^2. \quad (5)$$

Ущерб от изменения производительности труда при изменении напряжения для сельскохозяйственной организации определять не будем, так как существует много факторов, которые учесть сложно.

При расчете примем: мощность лампы накаливания $P_n = 60$ Вт;

тариф на электроэнергию примем $C_1 = 0,2$ руб/кВт·ч;

стоимость одной лампочки накаливания

$C_2 = 0,63$ руб;

нормативный срок службы лампы накаливания

$T_n = 1000$ ч;

время работы осветительной установки при двухсменной работе примем $T_{\text{г}} = 800$ ч.

После произведенного расчета по приведенным выше формулам получим размеры ущербов от изменения потребления активной мощности и от изменения срока службы лампы накаливания в зависимости от отклонения напряжения в пределах допустимого значения по ГОСТ ± 10 %. Результаты расчета приведены в таблице 1.

Таблица 1. Зависимость ущербов от изменения потребления активной мощности и срока службы лампы накаливания от отклонения напряжения, руб.

$\delta U, \%$	- 10	- 5	0	+ 5	+ 10
Вид ущерба					
$Y_{\text{ан}}$	- 1,44000	- 0,7200	0	0,7200	1,4400
$Y_{\text{сн}}$	- 0,00044	- 0,0003	0	0,0006	0,0024
$Y_{\text{н}} \Sigma$	- 1,44044	- 0,7203	0	0,7206	1,4424

В таблице 1 ущерб приведен только для одной лампы накаливания при ее работе на напряжении, отличном от номинального. В хозяйствах, в административных и служебных помещениях, а также жилых зданиях может быть большое количество таких ламп. В таблице 2 приведен ущерб от некачественного напряжения для большого количества ламп накаливания при работе их на повышенном напряжении на 5 и 10 % от номинального.

Таблица 2. Зависимость ущерба от отклонения напряжения в лампах накаливания от их количества при работе на повышенном напряжении, руб.

Штук	1	5	10	20	25	50	100	200	400
$\delta U, \%$									
+10	1,4424	7,21	14,42	28,84	36,06	72,12	144,24	288,48	576,96
+5	0,7206	3,603	7,206	14,41	18,02	36,04	72,08	144,16	288,32

Как следует из таблицы, ущерб для потребителя в год только от работы одной лампочки при повышенном напряжении в допустимых стандартом пределах больше стоимости самой лампы. А для 100 штук лампочек он составит 144,24 руб.

При работе лампы накаливания на пониженном напряжении, естественно, срок службы ее возрастает. Однако изменение напряжения приводит к изменениям светового потока и освещенности, что в конечном итоге оказывает влияние на производительность труда и утомляемость человека. Так, при уменьшении напряжения на 1 % световой поток снизится на 3,5 %, световая отдача – на 1,8%, а мощность лампы – на 1,5 %. При повышении напряжения на 1 % срок службы лампы уменьшается на 13 %. При повышении напряжения на 5 % от номинального срок службы лампы накаливания сокращается почти в 3 раза и составляет 350 ч. вместо 1000 ч. При напряжении 95 % от номинального световой поток лампы составляет 82,5 %.

Люминесцентные лампы. Ущерб для люминесцентных ламп при питании их от напряжения, отличного от номинального, определяется по такой же формуле, как и для ламп накаливания, но только добавляется ущерб от реактивной мощности (6):

$$Y_{\text{лл}} = Y_{\text{ал}} + Y_{\text{рл}} + Y_{\text{сл}} + Y_{\text{пл}}, \quad (6)$$

где $Y_{\text{ал}}$ – ущерб от изменения потребления активной мощности люминесцентной лампы, руб.;

$Y_{\text{рл}}$ – ущерб от изменения потребления реактивной мощности люминесцентной лампы, руб.;

$Y_{\text{сл}}$ – ущерб от изменения срока службы люминесцентной лампы, руб.;

$Y_{\text{пл}}$ – ущерб от изменения производительности труда при изменении напряжения на люминесцентной лампе, руб.

Дополнительное потребление активной мощности для люминесцентных ламп, включенных по схеме с расщепленной фазой:

$$\delta P = 3,75P_n \delta U. \quad (7)$$

Стоимость потребления активной энергии люминесцентными лампами:

$$Y_{\text{ал}} = C_1 \cdot \delta P \cdot T_r, \quad (8)$$

где C_1 – стоимость 1 кВт·ч электроэнергии (тариф), $C_1 = 0,2$ руб./кВт·ч;

T_r – время работы лампы в году (8000 ч).

Дополнительное потребление люминесцентными лампами реактивной мощности при питании их от напряжения, отличного от номинального, включенными по схеме с расщепленной фазой, определяется по формуле:

$$\delta Q = 2,15P_n(3\delta U + 1,8\delta U^2). \quad (9)$$

Годовой ущерб от изменения потребления люминесцентными лампами реактивной мощности можно определить, умножив величину дополнительного потребления ими реактивной мощности на приведенные затраты на компенсацию одного квара реактивной мощности:

$$Y_{\text{рл}} = \delta Q \cdot Z_{\text{ук}}, \quad (10)$$

где $Z_{\text{ук}}$ – на приведенные затраты на 1 квар реактивной мощности конденсаторов.

Приведенные затраты на компенсацию одного квара реактивной мощности можно определить по формуле [3]:

$$Z_{\text{ук}} = EK_{\text{ук}} + \Delta P_{\text{ук}} c_1 T, \quad (11)$$

где $E = 0,22$ – суммарный коэффициент отчислений от капитальных затрат для конденсаторов;

$K_{\text{ук}} = 30$ руб./квар – капитальные затраты на 1 квар низковольтных конденсаторов;

$\Delta P_{\text{ук}} = 0,004$ кВт/квар – потери активной мощности на 1 квар выдаваемой реактивной мощности.

Ущерб от изменения срока службы люминесцентной лампы определяется так же, как и для лампы накаливания по формуле (4). Только формула для определения относительного изменения срока службы люминесцентной лампы при отклонениях напряжения имеет другой вид:

$$T_* = 1 - 3\delta U. \quad (12)$$

Подставив в вышеприведенные выражения параметры люминесцентной лампы, и проведя необходимые расчеты, получим размеры ущербов от изменения потребления активной мощности и реактивной энергии в зависимости от отклонения напряжения в пределах допустимого значения по ГОСТ ± 10 %. Мощность лампы принята 21 Вт, чтобы освещенность была соизмерима с мощностью лампы накаливания. Срок службы люминесцентной лампы составляет 8000 часов. Результаты расчета приведены в таблице 3.

Таблица 3. Зависимость дополнительного потребления активной мощности, реактивной мощности и ущербов люминесцентной лампы от отклонения напряжения

$\delta U, \%$	- 10	- 5	0	+ 5	+ 10
δP , кВт	- 0,0075	- 0,00375	0	0,00375	0,0075
δQ , квар	- 0,012	- 0,006	0	0,0066	0,0137
$Y_{\text{ал}}$, руб.	- 12	- 6	0	6	12
$Y_{\text{рл}}$, руб.	- 0,156	- 0,078	0	0,086	0,178
$Y_{\text{сл}}$, руб.	- 0,0007	- 0,0003	0	0,0005	0,0013
$Y_{\text{л}} \sum$, руб.	- 12,1567	- 6,0783	0	6,0865	12,1793

Таблица 4. Зависимость ущерба от отклонения напряжения в люминесцентных лампах от их количества при работе на повышенном напряжении, рублей

$\delta U, \%$ \ Штук	1	5	10	20	25	50	100	200	400
+10	12,18	60,90	121,80	243,60	304,50	609,0	1218	2436	4872
+5	6,09	30,45	60,90	121,80	152,25	304,50	609,0	1218	2436

В таблице 3 ущерб приведен только для одной лампы. Ущерб от некачественного напряжения для большого количества люминесцентных ламп при работе их на повышенном напряжении, которые могут быть в организации, можно определить путем интерполяции по таблице 4.

Как видно из таблицы, при работе люминесцентных ламп при повышенном напряжении в пределах стандарта ущерб для одной лампы в год составит 12,18 руб., а для 100 ламп – более 1200 руб.

Люминесцентные лампы менее чувствительны к отклонениям напряжения. При повышении напряжения потребляемая мощность и световой поток увеличиваются, а при снижении – уменьшаются, но не в такой степени как у ламп накаливания.

При отклонении напряжения в пределах $\pm 1 \%$ световой поток изменяется на $\pm 1 \%$, световая отдача – всего на $\pm 0,5 \%$.

Однако при напряжении 93-94 % номинального, лампа не загорается, а при напряжении 106-107 % номинального – перегревается вспомогательная аппаратура.

При пониженном напряжении условия зажигания люминесцентных ламп ухудшаются, поэтому срок их службы, определяемый распылением оксидного покрытия электродов, сокращается, как при отрицательных, так и при положительных отклонениях напряжения.

При отклонениях напряжения на 10 % срок службы люминесцентных ламп в среднем снижается на 20-25 %. Существенным недостатком люминесцентных ламп является потребление ими реактивной мощности, которая растет с увеличением подводимого к ним напряжения

Энергосберегающие и светодиодные лампы. Технические характеристики этих ламп от напряжения не зависят. Наиболее экономичными являются светодиодные лампы. Световая отдача их около 200 лм/Вт, срок службы – 50 000 часов, потребляемая мощность лампы, например, СД-9 – 8 Вт. Однако в распределительных сетях из-за светодиодных источников света наблюдается значительное искажение формы кривых тока, что во многих случаях превышает пределы, определяемые международными стандартами. Такие источники света, кроме того, приводят к росту тока в нулевом проводе даже при полностью

симметричной нагрузке. Это увеличение тока может привести к аварийным ситуациям из-за перегорания нулевого провода [4]. Ущерб определить при такой ситуации весьма сложно, так как он зависит от схемы электроснабжения и вида электроприемников.

Заключение

1. Приведена методика расчета ущерба в осветительных установках от отклонения напряжения в допустимых стандартом пределах $\pm 10 \%$.

2. Показано, что работа ламп накаливания и люминесцентных ламп при напряжении, выше номинального на 5 %, недопустима, так как это приводит к снижению срока их работы, что наносит значительный ущерб предприятию АПК.

3. По мнению авторов, целесообразно внести изменения в ГОСТ 32144-2013, запрещающее работу осветительных установок при отклонении напряжения, превышающем пределы $\pm 5 \%$.

СПИСК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Янукович, Г. И. Пути улучшения показателей несимметрии и несинусоидальности напряжения в сельскохозяйственных электроустановках / Г.И. Янукович – Минск: БГАТУ, 2013. – 216 с.
2. Карпова, Э.Л. Методические указания по определению экономической эффективности автоматического регулирования напряжения в цеховых электрических сетях / Э.Л. Карпова. – Дзержинск: Горьковское областное управление издательств, 1986. – 45 с.
3. Радкевич, В. Н. Электроснабжение промышленных предприятий: учеб. пособие / В. Н. Радкевич, В. Б. Козловская, И. В. Колосова. – Минск: ИВЦ Минфина, 2015. – 589 с.
4. Боярская, Н.П. Влияние светодиодных источников света на спектр токов и напряжений питающей сети. Энергообеспечение и электротехнологии / Н.П. Боярская, В.П. Довгун // Вестник КрасГАУ. – 2014. – № 3. – С. 195 – 199

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 13.03.2019

ОЧИСТКА И ГОМОГЕНИЗАЦИЯ РАБОЧЕЙ ЖИДКОСТИ ПРИ ОБКАТКЕ ГИДРОМЕХАНИЧЕСКИХ КОРОБОК ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ ПЕРЕДАЧ

В.М. Капцевич,

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

В.К. Корнеева,

ст. преподаватель каф. технологии металлов БГАТУ

И.В. Закревский,

ст. преподаватель каф. технологии металлов БГАТУ

А.Н. Рыхлик,

студент факультета «Технический сервис в АПК» БГАТУ

Разработана система циркуляционной очистки и гомогенизации рабочей жидкости, которая позволяет многократно очищать, гомогенизировать и повторно использовать рабочие жидкости при обкатке гидромеханических коробок переключения передач.

Ключевые слова: гидромеханическая коробка переключения передач, обкатка, установка для циркуляционной очистки и гомогенизации рабочей жидкости, двухслойные фильтрующие элементы.

A system for circulating cleaning and homogenization of the working fluid has been developed, which makes it possible to repeatedly clean, homogenize and reuse the working fluids when running in hydromechanical gear boxes.

Keywords: hydromechanical gearbox, run-in, installation for circulation cleaning and homogenization of the working fluid, two-layer filter elements.

Введение

Гидромеханическая коробка переключения передач (ГКПП) – один из наиболее сложных и дорогостоящих агрегатов тракторов, комбайнов и другой сельскохозяйственной техники. В процессе эксплуатации она вырабатывает свой ресурс, поэтому ее подвергают капитальному ремонту на мотороремонтных предприятиях, а также единично в условиях ремонтно-обслуживающих предприятий РО «Белагросервис», с целью продления срока службы, что обеспечивает экономию энергетических ресурсов и денежных средств. В процессе такого ремонта производят замену или восстановление изношенных деталей и обкатку. Повышение моторесурса отремонтированных ГКПП может быть достигнуто не только новыми прогрессивными технологиями ремонта, но и качественной обкаткой после ремонта. После обкатки отработанное масло утилизируется либо используется на другие нужды. Следует отметить, что по многим параметрам отработанное масло еще имеет достаточный запас эксплуатационных свойств, но в то же время содержание механических примесей в нем в 1,5-2 раза превышает предельное значение [1].

Исследования многих авторов [2-4] были направлены на изучение влияния размеров частиц загрязнений на интенсивность изнашивания. Ими установлено, что при одном и том же массовом ко-

личестве частиц загрязнений разных размеров, максимальный износ вызывают частицы, размером от 15 до 40 мкм. Мелкие частицы, размером 2–3 мкм находятся в смазочном материале во взвешенном состоянии, частично заполняют микровпадины на поверхностях трения, и, действуя подобно коллоидному графиту, препятствуют непосредственному контакту сопрягаемых деталей и уменьшают износ их поверхностей. Однако при увеличении размеров частиц от 3-5 до 15-40 мкм изнашивание, например, поршневых колец, увеличивается в 2–4 раза. В то же время при увеличении размеров частиц свыше 40 мкм их изнашивание уменьшается. Полученные результаты объясняются фильтрующей способностью самого зазора, в который не попадают частицы, имеющие размер, превосходящий его величину.

Удаление частиц загрязнений из отработанного масла можно осуществить фильтрованием с использованием фильтрующих материалов (ФМ), изготовленных методом порошковой металлургии.

Целью настоящей работы является разработка системы циркуляционной очистки и гомогенизации рабочей жидкости с использованием двухслойных фильтроэлементов, обеспечивающих требуемую тонкость фильтрования и степень очистки при обкатке гидромеханических коробок переключения передач.

Основная часть

Система очистки смазочных материалов при стендовой обкатке ГКПП состоит из нагнетательного маслопровода, манометров, фильтра, переливного маслопровода, предохранительного клапана, сливного маслопровода (рис. 1).

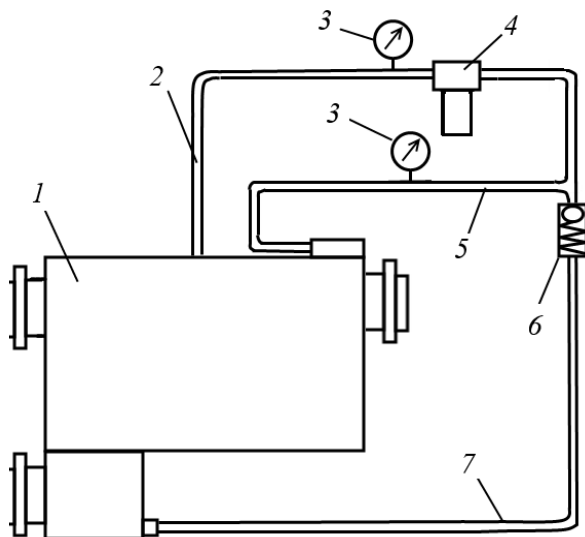


Рис. 1. Схема установки для очистки масла при обкатке ГКПП:

1 – ГКПП; 2 – нагнетательный маслопровод; 3 – манометры; 4 – фильтр; 5 – переливной маслопровод; 6 – предохранительный клапан; 7 – сливной маслопровод

Стандартный сетчатый фильтр ГКПП, фильтро-элемент (ФЭ) которого представляет собой пакет из 23 сетчатых элементов, обеспечивает очистку масла от частиц загрязнений, размером более 100 мкм. Однако во время проведения обкатки и приработки фрикционных, в рабочую жидкость попадает большое количество твердых загрязнений, фильтр не в полной мере их улавливает и быстро забивается. В результате чего срабатывает предохранительный клапан, который перепускает масло, содержащее неотфильтрованные загрязнения, в основную масляную магистраль ГКПП (ведущий вал). Это, в свою очередь, приводит к еще большему генерированию частиц загрязнений в масле, преводящему к абразивному износу деталей ГКПП. Поэтому удаление этих частиц загрязнений является актуальной задачей.

Данная задача была решена разработкой установки для циркуляционной очистки и гомогенизации рабочей жидкости при обкатке ГКПП (рис. 2).

Удаление частиц загрязнений осуществляли двумя двухслойными ФЭ (рис. 3), изготовленными из медных кабельных отходов (МКО) фракций $(-0,4...+0,315)$ и $(-0,315...+0,2)$ мм, с рассчитанными ранее толщинами слоев и обеспечивающими равномерное осаждение частиц загрязнений в каждом слое, а также тонкость фильтрования, равной 30 мкм (первый ФЭ) и тонкость фильтрования – 20 мкм (второй ФЭ) [5]. Так, для первого ФЭ толщины слоев составляли 2,5

и 4,5 мм, а для второго ФЭ – 4,5 и 8,5 мм. Микро-структура хрупкого излома двухслойных ФЭ представлена на рис. 4.

Для определения степени очистки моторного масла использовали метод определения счетной концентрации частиц загрязнений с использованием микроскопического анализа (ГОСТ 10577–78). Преимуществами метода являются: непосредственный подсчет частиц в любом размерном интервале, независимость результатов от плотности и оптической проницаемости частиц, а также возможность повышения точности путем увеличения количества просматриваемых полей зрения [6]. Основным недостат-

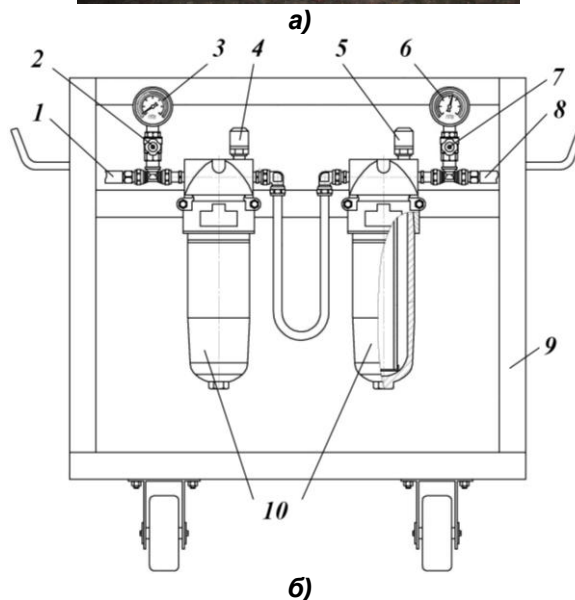


Рис. 2. Установка для циркуляционной очистки и гомогенизации рабочей жидкости при обкатке ГКПП: а) внешний вид; б) схема: 1 – входной патрубок; 2 – кран; 3 – манометр; 4, 5 – датчики загрязненности ФЭ; 6 – манометр; 7 – кран; 8 – выходной патрубок; 9 – корпус; 10 – ФЭ



Рис. 3. Двухслойные ФЭ из МКО фракций:
а) $(-0,4...+0,315)$ и $(-0,315...+0,2)$ мм;
б) $(-0,4...+0,315)$ и $(-0,315...+0,2)$ мм

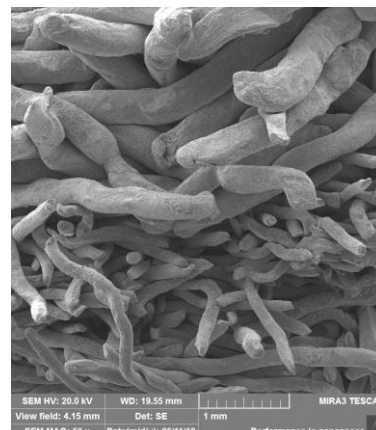


Рис. 4. Микроструктура хрупкого излома двух-
слойного ФЭ из МКО: а) в увеличении $\times 50$;
б) в увеличении $\times 70$

ком микроскопического анализа является весьма высокая трудоемкость.

Сущность метода заключалась в отборе пробы масла в количестве 50 г, разбавленного 50 мл растворителя типа «Нефрас», до и после фильтрования через ФЭ с использованием установки (рис. 5).

Подготовленные пробы отфильтровывали в конической воронке через высокоплотную фильтровальную бумагу, которая задерживала частицы загрязнений. После просушки бумаги с выделенным осадком частиц загрязнений проводили съемку полученного осадка на поверхности бумаги электронным микроскопом «Nanolab».

Фотографии образцов фильтровальной бумаги с частицами загрязнений, содержащимися в моторном масле до и после прохождения через ФЭ представлены на рис. 6.

При подсчете числа частиц загрязнений одновременно определяли максимальный размер каждой частицы. Анализируемые частицы загрязнений (выборка составляла 300–400 шт.) были разделены на следующие размерные группы: 10–20, 20–30, 30–40 и более 40 мкм. Частицы, размерами менее 10 мкм, не анализировались. Степень очистки определяли как изменение concentra-

ции частиц загрязнений до и после прохождения через ФЭ для заданной тонкости фильтрования.

Результаты анализа количественного состава частиц загрязнений представлены в таблице 1.

Анализ таблицы показывает, что с использованием изготовленных двухслойных ФЭ при заданной тонкости фильтрования достигается требуемая степень очистки, равная 0,94–0,96.

Разработанная установка для циркуляционной очистки и гомогенизации рабочей жидкости при обкатке ГКПП с установленными фильтрами из МКО прошла опытно-промышленное испытание в КПУП «Мостовская сельхозтехника» при очистке смазочного материала марки М10Г₂ во время обкатки отремонтированных ГКПП тракторов К-701/701А.

Заключение

Система для циркуляционной очистки и гомогенизации рабочей жидкости при обкатке ГКПП с установленными фильтрами из МКО обеспечивает удаление частиц загрязнений с размерами 20–40 мкм и степенью очистки 0,94–0,96. Система позволяет многократно очищать, гомогенизировать и повторно использовать рабочие жидкости.

**Таблица 1. Количественный состав частиц загрязнений до и после
фильтрации через двухслойные ФЭ, %**

Результаты анализа	Размерные группы частиц загрязнений, мкм			
	более 40	30–40	20–30	10–20
Количество частиц (%) до фильтрации	10	14	22	54
Количество частиц (%) после фильтрации через ФЭ с тонкостью фильтрации 30 мкм	–	4	12	43
Количество частиц (%) после фильтрации через ФЭ с тонкостью фильтрации 20 мкм	–	–	6	21

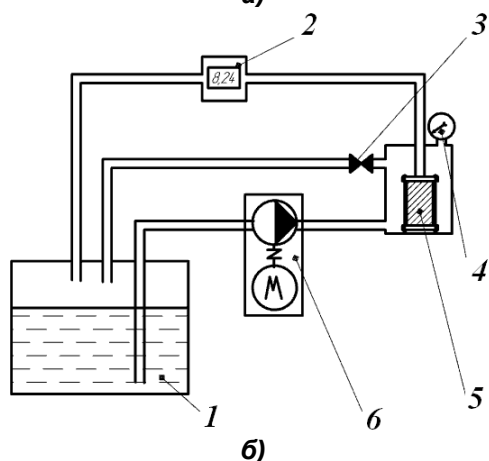
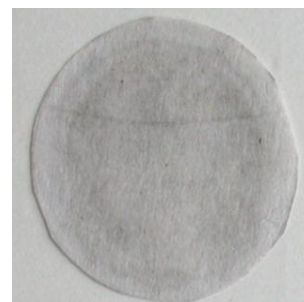


Рис. 5. Экспериментальный стенд для определения степени очистки:

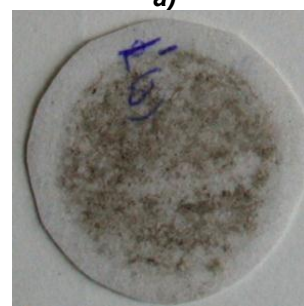
а) общий вид; б) схема установки: 1 – бак с маслом;
2 – счетчик расхода масла; 3 – игольный кран;
4 – манометр; 5 – испытуемый ФЭ;
6 – насосная станция

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

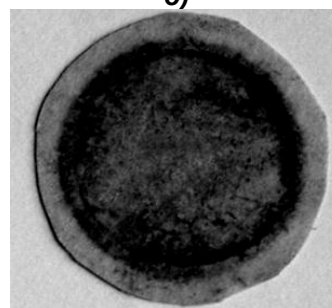
1. Храмцов, Н.В. Обкатка и испытание автотракторных двигателей / Н.В. Храмцов [и др.]. – Москва, 191. – 142 с.
2. Бродский, Г.С. Фильтры и системы фильтрации для мобильных машин / Г.С. Бродский. – Москва // Горная промышленность. – 2003. – 360 с.
3. Большаков, Г.Ф. Восстановление и контроль качества нефтепродуктов / Г.Ф. Большаков. – 2-е изд., перераб. и доп. – Ленинград: Недра, 1982. – 350 с.
4. Коваленко, В.П. Загрязнения и очистка нефтя-



а)



б)



в)

Рис. 6. Образцы фильтровальной бумаги: а) до фильтрации; б, в) после прохождения ФЭ с тонкостью фильтрации 30 и 20 мкм, соответственно

ных масел / В.П. Коваленко. – Москва: Химия, 1978. – 304 с.

5. Капцевич, В.М. Построение оптимальной структуры многослойных фильтрующих материалов для очистки моторного масла после обкатки двигателя / В.М. Капцевич [и др.] // Агропанорама. – 2018. – № 3 (128). – С. 38-45.

6. Белянин, П.Н. Промышленная чистота машин / П.Н. Белянин, В.М. Данилов. – Москва: Машиностроение, 1982. – 224 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 27.03.2019

Правила для авторов

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

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

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

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

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

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

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

4) при наборе формул необходимо следовать общепринятым правилам:

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

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

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

г) цифры набираются шрифтом прямого начертания;

д) аббревиатуры функций набираются прямо;

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

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

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

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

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

графиков не следует применять выделение цветом, заливку фона.

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

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

индекс УДК;

название статьи;

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

аннотацию на русском и английском языках;

ключевые слова на русском и английском языках;

введение;

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

заключение, завершаемое четко сформулированными выводами;

список цитированных источников;

дату поступления статьи в редакцию.

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

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

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

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

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

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

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

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

9. Плата за опубликование научных статей не взимается.

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

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

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

Система поддержки принятия решений по оптимизации структуры сырьевого конвейера для обеспечения хозяйств кормами

В составе программного комплекса имеются следующие приложения:

- расчет годовой потребности хозяйства в кормах;
- оптимизация структур посевов кормовых культур;
- отображение информации о заготовке, хранении и расходовании кормов;
- расчет кормового баланса хозяйства;
- оптимизация загрузки машинно-тракторного парка;
- модуль работы с картографическими данными.

Разработанный программный комплекс позволяет автоматизировать работу по планированию и производству кормов в хозяйстве.

Перспективные рынки: отечественные сельскохозяйственные организации.

Расчет сбалансированного суточного рациона

Новый рацион | Копировать рацион | Взять заготовку из базы | Закрыть рацион | Сохранить в базу | Печать

Расчет 1

Название рациона: Рацион молочные коровы 550кг удой 14к лактирующие нормы РБ

Группа: молочные коровы | Стадия лактации: Лактирующая

Нормы кормления: РБ | Масса животного: 550 | Удой суточный: 14

Число голов: 1 | Планируемая масса: | Удой за лактацию: |

Начало кормления: 11.05.2017 | Структура рациона: по СВ

Окончание кормления: 11.05.2017 | Отображение масс кормов: в кг, сук. в-ва

Корма	% структура	Масса СВ, кг
Сено бобовых культур, клеверное	15,4	4,000
Сенаж из злаковых культур, ежа сборная	26,9	7,000
Барда ржаная, сушеная	3,8	1,000
Зерно кукуруза	7,7	2,000
Комбикорм для выращивания и откорма КРС КР-3	46,2	12,000

Питательность | Показатели дополнительные

Компонент	Норма	В рационе	Отклонение
Корм. ед.	18,15	17,165	-0,9848 -5,4 %
ОЗ, МДж	216	179,82	-36,183 -16,8 %
Сук. в-во, кг	22,5	26	3,5 15,6 %
Сыр. прот., г	2782,5	2111,7	-670,79 -24,1 %
Перев. прот., г	1827	1466,2	-360,82 -19,7 %
Сыр. жир, г	589,5	529,25	-60,25 -10,2 %
Сыр. клетч., г	5475	1769,4	-3705,6 -67,7 %
Крахмал, г	3220,5	5068,8	1848,3 57,4 %
Сахар, г	1215	432,81	-782,19 -64,4 %
Кальций, г	123	126,75	3,752 3,1 %
Фосфор, г	87	75,12	-11,88 -13,7 %

Корма

Включить в рацион | Исключить из рациона

[Весь список] | Зеленые | Зерно | Комбикорма | Корнеклубнеплоды | Микроэлементы | Минеральные добавки | Молочные корма | Не определена | Отходы производства | Сенаж | Сено | Силос | Солома

Название	Цена, р./кг.СВ	Корм. ед.	СВ, кг.	ОЗ, МДж	Сыр. прот., г.	Перев. прот., г.
Сено злаково-бобовое	0	0,38226	0,831	6,01644	81,6042	51,4389
Сено бобовых культур, клеверное	0	0,406	0,812	5,67588	110,432	68,4516
Сено бобовых культур, клеверо-тимофеечное	0	0,34486	0,802	5,46162	75,9434	49,0022
Сено бобовых культур, люцерновое	0	0,41307	0,843	6,17076	127,293	83,2884
Сено злаковое	0	0,35552	0,808	5,55904	54,944	28,28
Сено злаковых культур, ежа сборная	0	0,3348	0,837	5,36517	70,308	35,991
Сено злаковых культур, лисохвост	0	0,33374	0,814	5,50264	67,562	34,188
Сено злаковых культур, овсяницы луговой	0	40,373	0,859	6,03018	83,323	42,95

