



ISSN 2078-7138

Агропанорама

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ ДЛЯ РАБОТНИКОВ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

№ 5
октябрь
2018

*Финишная абразивная обработка мелко модульных
зубчатых колес в магнитном поле*

*Способ снижения динамических нагрузок
в механизме подъема груза*

*Обоснование конструктивных параметров
подкапывающих рабочих органов
комбайна для уборки моркови*

*Формирование условий роста
производительности труда
в АПК Беларуси*





**Доктору экономических наук,
профессору, члену-корреспонденту
НАН Беларуси
Геннадию Иосифовичу Ганушу –
80 лет!**

Геннадий Иосифович Гануш родился 25 августа 1938 года в д. Гута Узденского района Минской области. Трудовую деятельность начал после окончания Марьиногорского сельскохозяйственного техникума в 1959 г. бригадиром в совхозе «Волосовичи» Лепельского района Витебской области. В 1959-1962 гг. служил в армии. После демобилизации работал инструктором Узденского райкома партии, инспектором-организатором, агрономом Дзержинского районного управления сельского хозяйства. В 1966-1974 гг. находился на хозяйственной и партийной работе в Пуховичском районе Минской области. В 1971 г. избран секретарем Пуховичского райкома Компартии Белоруссии.

В 1969 г. Геннадий Иосифович окончил Белорусскую государственную сельскохозяйственную академию (агрономический факультет). В 1974-1977 гг. учился в аспирантуре Академии общественных наук при ЦК КПСС (г. Москва). В 1977-1990 гг. работал в партийных органах: инструктор, инспектор отдела организаци-

онно-партийной работы ЦК КПБ, первый секретарь Минского райкома КПБ, первый заместитель заведующего аграрным отделом ЦК КПБ.

В 1990 г. назначен директором Белорусского научно-исследовательского института овощеводства. В феврале 1999 г. Г.И. Гануш избран вице-президентом Академии аграрных наук Республики Беларусь. В 2002 г. назначен на должность советника Президиума НАН Беларуси, а в 2003 г. избран членом-корреспондентом НАН Беларуси.

Кандидатскую диссертацию на тему «Проблемы управления развитием межхозяйственной кооперации» защитил в 1977 г., докторскую диссертацию «Организационно-экономический механизм развития овощного подкомплекса Республики Беларусь» – в 1997 г.

Геннадий Иосифович работает в системе АПК Республики Беларусь более 45 лет. Является автором более 300 опубликованных научных работ и учебно-методических пособий, в т.ч. 11 монографий.

Основными направлениями деятельности Геннадия Иосифовича являются проблемы повышения экономической эффективности отраслей и предприятий АПК. Под его руководством разработана и внедрена в практику концепция развития овощеводства в Республике Беларусь. В его исследованиях и публикациях находят отражение проблемы повышения эффективности использования научно-инновационного потенциала АПК, конкурентоспособности сельскохозяйственной продукции, управления производством, развития агропромышленной интеграции.

С 2005 года Г.И. Гануш – заведующий кафедрой экономической теории и права Белорусского государственного аграрного технического университета. Геннадия Иосифовича отличают прогрессивные взгляды на решение важных научных проблем, высочайший профессионализм, творческое отношение к делу, доброжелательность и отзывчивость.

Свои знания Геннадий Иосифович передает молодому поколению. Под его научным руководством защищено 7 кандидатских диссертаций, а также готовят диссертации к защите 5 аспирантов и 1 докторант.

Осуществляет научное руководство выполнением задания по Государственной Программе научных исследований «Качество и эффективность АПК» и программой научно-исследовательских работ в БГАТУ.

Г.И. Гануш активно участвует в научно-общественной работе: член научно-технического совета университета и факультета, председатель проблемного экспертного совета «Экономика и управление в АПК», член государственного экспертного совета по производству, переработке и хранению сельскохозяйственной продукции, двух советов по защите диссертаций, комиссии по премиям НАН Беларуси и трех редакционных советов научных изданий.

Геннадий Иосифович пользуется огромным авторитетом и глубоким уважением в коллективе.

Научная, практическая и общественная деятельность Г.И. Гануша в развитии аграрной экономической науки и практики отмечена орденом «Знак почета», медалями «За трудовую доблесть» и «За доблестный труд», двумя серебряными медалями ВДНХ СССР, Почетными грамотами Верховного Совета БССР и Совета Министров Республики Беларусь, Министерства образования и Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь, Государственного комитета по науке и технологиям Республики Беларусь и др. За работу «Инновационные основы повышения эффективности овощеводства» в 2008 году Г.И. Ганушу присуждена Премия НАН Беларуси.

Уважаемый Геннадий Иосифович! Примите самые искренние поздравления с 80-летним юбилеем и пожелания крепкого здоровья, огромного счастья, благополучия и дальнейших творческих успехов на благо родной Беларуси!

**Ректорат и профессорско-преподавательский состав БГАТУ,
коллеги, ученики**

АГРОПАНОРАМА 5 (129) октябрь 2018

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 Шило

Заместитель главного редактора
Михаил Александрович Прищепов

Редакционная коллегия:

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

Е.В. Сенчуров – ответственный секретарь
Н.И. 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, 2018.

Формат издания 60 x 84 1/8.

Подписано в печать с готового оригинала-макета 22.10.2018 г. Зак. № 812 от 23.10.2018 г.

Дата выхода в свет 30.10.2018 г.

Печать офсетная. Тираж 100 экз.

Статьи рецензируются.

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

ЛП № 02330/316 от 30.01.2015 г.

Выходит один раз в два месяца.

Подписной индекс в каталоге «Белпочта» - 74884.

Стоимость подписки на журнал на 2-е п/г 2018 г.:
для индивидуальных подписчиков - 17,61 руб.;
ведомственная - 19,29 руб.

Цена журнала в киоске БГАТУ - 5,19 руб.

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

СОДЕРЖАНИЕ

Сельскохозяйственное машиностроение. Металлообработка

Л.М. Акулович, Л.Е. Сергеев, Е.В. Сенчуров, С.С. Аكوпова
Финишная абразивная обработка мелкозубчатых
колес в магнитном поле.....2

Н.Н. Ромانيук, К.В. Сашко, П.Н. Логвинович
Способ снижения динамических нагрузок в механизме
подъема груза.....7

В.Я. Тимошенко, П.Н. Логвинович, А.Н. Прокопеня,
А.В. Нагорный
Методика обоснования основных параметров дискового рабочего
органа колебательного типа.....12

И.А. Барановский, А.С. Воробей
Обоснование конструктивных параметров подкапывающих
рабочих органов комбайна для уборки моркови.....16

Технологии производства продукции растениеводства и животноводства. Зоотехния

Г.Ф. Добыш, Н.Н. Быков
Выбор пахотного агрегата.....22

И.М. Швед
Определение мощности, затрачиваемой на перемешивание
жидкого навоза.....26

Ресурсосбережение. Экология

В.Н. Штепа, А.П. Левчук
Концепция управления оборудованием водоочистки с учетом
доминирующего загрязнителя.....33

Технический сервис в АПК. Экономика

Л.П. Квачук
Формирование условий роста производительности труда в
АПК Беларуси.....39

Е.С. Пашкова, Л.А. Расолько, В.В. Маркевич,
М.В. Бренч
Резервы повышения эффективности производственно-сбытовой
деятельности предприятий по переработке молока.....44

ФИНИШНАЯ АБРАЗИВНАЯ ОБРАБОТКА МЕЛКОМОДУЛЬНЫХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС В МАГНИТНОМ ПОЛЕ

Л.М. Акулович,

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

Л.Е. Сергеев,

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

Е.В. Сенчуров,

начальник отдела внедрения НТР НИИМЭСХ БГАТУ

С.С. Аكوпова,

магистрант БГАТУ

В статье рассматривается процесс магнитно-абразивной обработки (МАО) мелко модульных зубчатых колес. Экспериментально установлено повышение геометрической точности профиля зуба и качества его рабочей поверхности. Приведены результаты исследований технологических возможностей магнитно-абразивной обработки.

Ключевые слова: зубчатое колесо, магнитно-абразивная обработка, качество поверхности.

The process of magnetic abrasive processing (MAP) of fine-grained gear is considered in the article. The increase of the geometric accuracy of the tooth profile and the quality of its working surface is experimentally established. The results of studies of the technological capabilities of magnetic abrasive processing are given.

Key words: gear, magnetic abrasive processing, surface quality.

Введение

Зубчатые передачи, в том числе мелко модульные, широко используются в узлах машин и агрегатов агропромышленного комплекса [1-3]. От их качества и нагрузочной способности зависит долговечность, надежность машин и механизмов. Требованием для всех типов передач является обеспечение работоспособности с заданной вероятностью безотказной работы. Так как ресурс работы мелко модульных зубчатых передач напрямую зависит от геометрической точности профилей контактирующих пар и показателей качества их поверхностей [4], то актуальными остаются вопросы совершенствования технологического процесса изготовления мелко модульных зубчатых колес на базе применения финишных методов обработки.

Цель настоящей работы – исследование технологических возможностей процесса МАО мелко модульных зубчатых колес, полученных накатыванием.

Основная часть

Среди применяемых методов изготовления мелко модульных зубчатых колес ($0,3 \leq m \leq 1$ мм) наиболее прогрессивным является способ холодного накатывания без принудительного деления, который позволяет обеспечивать 6-7 степень точности по ГОСТ 1643-81 [5]. Однако в результате взаимного скольжения заготовки и инструмента (накатника) друг относи-

тельно друга на противоположных рабочих сторонах профиля зуба заготовки, металл течет в разных направлениях. Такой характер деформации металла по сторонам зуба создает погрешности симметричности профиля, кроме этого, образуются погрешности формы наружного диаметра обрабатываемого колеса [4]. Рассматривая в заготовке после накатывания полученный зуб в отдельности, можно видеть наплывы металла (рис. 1). Несмотря на принимаемые меры [4, 5] по устранению данного недостатка, полностью удалить этот наплыв не удастся.



Рис. 1. Профиль зуба после холодного накатывания [4]

На практике наиболее простым способом решения этой проблемы является шлифование по наружному диаметру зубчатого колеса после закалки, но при такой обработке на зубьях образуется большое количество заусенцев и острых кромок. Кроме того, выделяемое при шлифовании тепло вызывает структурные изменения в поверхностном слое в виде прижогов и внутренние растягивающие напряжения. При превышении этими величинами напряжений предела прочности появляются шлифовочные трещины [6].

Для устранения указанных дефектов поверхностного слоя, после шлифования требуется последующая финишная обработка, к видам которой можно отнести притирку, зубохонингование и электрохимическую обработку. Вместе с тем эти способы имеют ряд характерных недостатков. К ним относятся: высокая трудоемкость процесса обработки, низкая стойкость инструмента, экологическая вредность производства и т.п. К тому же использование зубохонингования зубчатых колес с малым модулем практически затруднено [5]. В последнее время широкое распространение получила финишная обработка, в том числе гибким абразивным инструментом на основе полимерно-абразивного волокна (25-35 % абразивных зерен в объеме полимерного волокна). Однако низкая теплостойкость полимерной основы требует строгого соблюдения температурного режима, что ограничивает применение данного способа [7].

В связи с ростом требований к качеству выпускаемой продукции все больше ощущается необходимость использования новых методов финишной обработки, одним из которых является магнитно-абразивная обработка [8-10], при которой в роли режущего инструмента выступает рабочая технологическая среда (РТС), включающая частицы ферроабразивного порошка (ФАП), смазочно-охлаждающие технологические средства (СОТС) и электромагнитное поле (ЭМП) (рис. 2). Ферроабразивная щетка из ФАП и СОТС формируется в зазоре δ между обрабатываемой поверхностью и полюсным наконечником электромагнита силами ЭМП и представляет собой

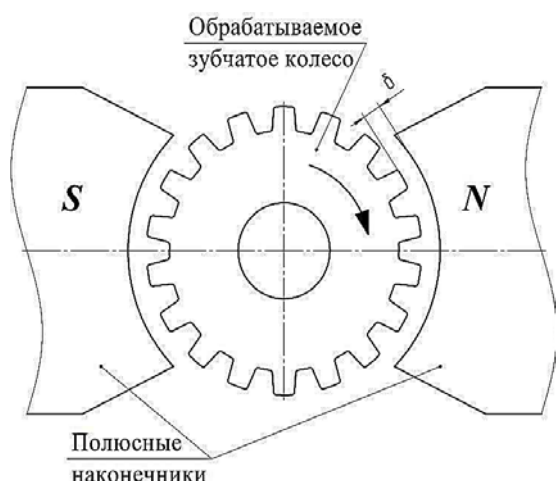


Рис. 2. Схема магнитно-абразивной обработки мелкозубчатых цилиндрических зубчатых колес

набор цепочек зерен ФАП (3-10 зерен) [8]. Данное обстоятельство делает МАО не менее эффективным в сравнении с финишной обработкой щеточным инструментом на основе полимерно-абразивного волокна при отсутствии вышеуказанных температурных ограничений.

Отличительной особенностью МАО от вышеперечисленных финишных способов чистовой обработки является возможность управления движением абразивных частиц в зоне обработки путем изменения осциллирующего движения и, главным образом, за счет изменения величины магнитного потока, и, как следствие, давления абразивных зерен на обрабатываемую поверхность, что позволяет производить обработку без образования микротрещин, надрывов, шаржирования, равномерно удалять металл с обрабатываемой поверхности, упрочнять поверхностный слой, снижать остаточные растягивающие напряжения с переходом их в сжимающие.

Проблема финишной обработки профиля зубчатых передач и, в частности, МАО заключается в сложности съема материала заготовки ввиду разных по величине диаметров окружностей впадин и выступов. Для МАО это связано с тем, что по мере удаления обрабатываемой поверхностей от источника магнитного поля, согласно законам электромагнетизма, его воздействие на тело ослабевает. Падение напряженности поля, являющейся силовой характеристикой, приводит соответственно к уменьшению давления ФАП на обрабатываемую поверхность, а в конечном итоге и к снижению съема металла. По данным [11], магнитное поле, проникающее в паз, затухает на глубине, примерно равной его ширине.

Механизм процесса съема материала при МАО можно уподобить обработке уплотнением абразивом. При этом единичные абразивные зерна, находясь под действием сил механического уплотнения и осциллирующего движения, обладают определенной степенью свободы. Абразивные зерна, особенно контактирующие с обрабатываемой поверхностью, могут поворачиваться, т. е. менять свое положение.

Несмотря на имеющееся отличие рассматриваемого способа от известных, можно провести некоторую аналогию между данным способом обработки и процессом хонингования абразивными брусками, хотя там абразивные зерна связаны и не имеют такой степени свободы.

В рассматриваемом способе обработки практически с самого начала идет процесс самозатачивания на уровне микропрофиля абразивного зерна. В результате контактирования с обрабатываемой поверхностью и трения между абразивными частицами при их повороте имеют место частичное скалывание и выкрашивание отдельных вершин. При этом микропрофиль абразива обновляется, и его режущие свойства поддерживаются на определенном уровне.

Приведенные данные дают основание сравнить совокупность уплотненных абразивных зерен, контактирующих с обрабатываемой поверхностью, с мелкозернистым профильным абразивным бруском

(хоном), работающим по принципу самозатачивания и производящим резание металла микропрофилем выступающих вершин (рис. 3).

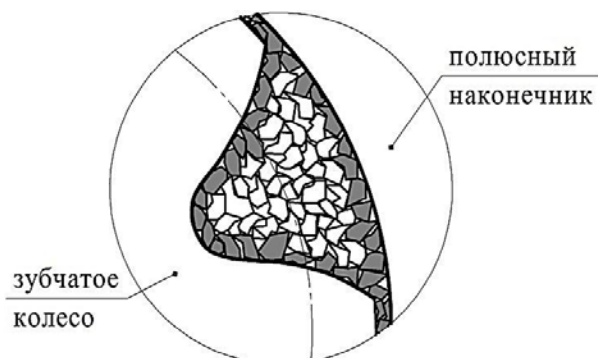


Рис. 3. Схема расположения уплотненного абразивного бруска во впадине зубчатого колеса [12]

Анализ процесса резания и состояния абразивных зерен в рассматриваемом способе обработки показывает, что, возможно, определенную роль в процессе съема металла играют микроскопические частицы абразива, образованные сколами вершин абразивных зерен. Можно предположить, что эти частицы абразива также принимают участие в микрорезании при перемещении их абразивными зернами по обрабатываемой поверхности. Сами абразивные зерна в данном случае выполняют роль притира.

В нашем случае, помимо механического уплотнения ФАП, во впадине колеса зерна связывает магнитное поле. Рассмотрим возникновение сил магнитного поля, действующих на ферромагнитное зерно в радиальном направлении к обрабатываемой поверхности зуба [13]. При заполнении рабочей зоны ферромагнитным порошком пространство между обрабатываемой поверхностью и поверхностью полюсного наконечника можно рассматривать как область внешнего магнитного поля напряженностью H , в котором расположены два ферромагнитных тела: обрабатываемая деталь и ферромагнитное зерно. Согласно законам электромагнетизма, между ними возникает сила взаимодействия, которая стремится прижать ферромагнитное зерно к детали.

Магнитное поле в рабочем зазоре в радиальном направлении неоднородно, и вектор магнитной индукции направлен по нормали к рабочей поверхности полюсного наконечника и обрабатываемой детали.

При этом ферромагнитное зерно за счет механического взаимодействия соседних зерен наибольшей осью $l_{\max}$ может быть расположено как вдоль силовых линий магнитного поля B , так и под углом α к ним. Рассмотрим общий случай, когда ферромагнитное зерно расположено под углом α к магнитным силовым линиям (рис. 4).

Находясь во внешнем магнитном поле, ферромагнитное зерно намагничивается. При этом наибольший магнитный момент будет в плоскости, проходящей через наибольшую ось зерна [12]. Если напряженность в точке 1 (рис. 4) будет H_1 , то напря-

женность в точке 2, где расположен противоположный полюс, равна

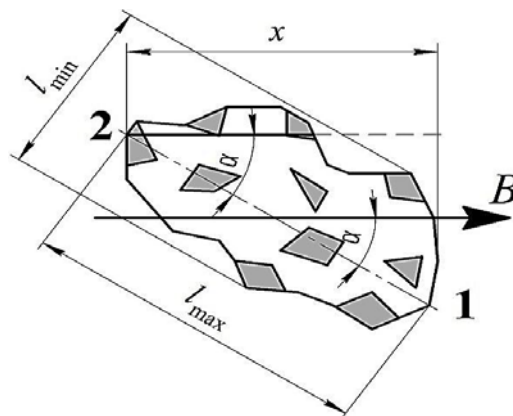


Рис. 4. Схема ориентации ферроабразивного зерна в магнитном поле

$$H_2 = H_1 + \frac{\Delta H}{\Delta x} x, \quad (1)$$

где $\frac{\Delta H}{\Delta x}$ – градиент магнитного поля, А/м².

Силы, действующие на зерно в точках 1 и 2, соответственно будут равны

$$P_{m1} = mH; \quad (2)$$

$$P_{m2} = m \left(H + \frac{\Delta H}{\Delta x} x \right), \quad (3)$$

где m – магнитная масса ферромагнитного зерна. При положительном градиенте

$$P_{m2} > P_{m1}$$

на ферромагнитное зерно действует пара сил с моментом [12]

$$M = M_3 H \sin \alpha, \quad (4)$$

где $M_3 = ml$ – магнитный момент ферромагнитного зерна, А·м².

Следовательно, ферромагнитное зерно в неоднородном магнитном поле, действующем в радиальном направлении к обрабатываемой поверхности зуба, будет поворачиваться, стремясь занять такое положение, при котором его наибольшая ось будет параллельна внешнему магнитному полю.

Кроме того, на зерно будет действовать сила, направленная вдоль магнитного поля. Величина этой силы определяется из уравнения

$$P_{m3} = m \frac{\Delta H}{\Delta x} x. \quad (5)$$

Так как $x = l_{\max} \cos \alpha$, то

$$P_{m3} = ml_{\max} \frac{\Delta H}{\Delta x} \cos \alpha. \quad (6)$$

Заменяя $m l_{\max}$ через магнитный момент M_z , получаем

$$P_{M3} = M_z \frac{\Delta H}{\Delta x} \cos \alpha. \quad (7)$$

Магнитный момент ферромагнитного зерна зависит от его размеров и магнитных свойств материала. С учетом того, что ферромагнитные зерна по форме в первом приближении представляют собой эллипсоиды вращения, их магнитный момент равен

$$M_z = \frac{4}{3} \pi a b^2 k_m H, \quad (8)$$

где $a=0,5l_{\max}$, $b=0,5l_{\min}$ – полуоси эллипсоида ($l_{\max}$ и $l_{\min}$ – наибольший и наименьший размеры зерна (рис. 4)), м;

k_m – магнитная восприимчивость;

H – напряженность магнитного поля, А/м.

Подставив значение M_z в формулу (2), получим уравнение для расчета силы, действующей на зерно порошка вдоль магнитного поля, в окончательном виде:

$$P_{M3} = \frac{4}{3} \pi a b^2 k_m H \frac{\Delta H}{\Delta x} \cos \alpha. \quad (9)$$

Следует отметить, что величина давления ферромагнитного порошка на обрабатываемую поверхность, рассчитанная по формуле (4), не может быть определена для всего пространства рабочего зазора, а только для элементарных участков ΔS , которые имеют одинаковую магнитную проницаемость, и на которых зерна расположены только в граничном слое. По этой формуле можно рассчитать давление единичных зерен. Образование цепочек из плотно прижатых между собой ферромагнитных зерен изменяет характеристики давления в зазоре вследствие изменения магнитного момента зерен, ориентированных в цепочку.

На основании ранее проделанных исследований [13] рассмотрим образование цепочки зерна. Внешнее магнитное поле, создаваемое катушками электромагнитной системы, наводит в ферромагнитных зернах свое локализованное магнитное поле, которое взаимодействует с магнитными полями детали и полями ферромагнитных зерен. Магнитный поток, созданный локализованным магнитным полем, стремится замкнуться через контур, имеющий наименьшее магнитное сопротивление. Если по соседству окажутся два ферромагнитных зерна, то их магнитные поля замкнутся взаимно через эти зерна. Если же ферромагнитное зерно окажется возле обрабатываемой детали, то его локализованное поле замкнется через обрабатываемую поверхность. В первом случае зерна окажутся прижатыми друг к другу, а во втором ферромагнитное зерно прижмется к обрабатываемой детали. В прижатых друг к другу ферромагнитных зернах наводится новое магнитное поле и соответственно возрастает магнитный момент. Наведенное новое локализованное поле взаимодействует с полями новых ферромагнитных зерен, и таким образом происходит формирование цепочек зерен. Цепочки, обладая значительно большим по сравнению с единичным

зерном, магнитным моментом, занимают в зоне обработки устойчивое положение. Они не разрушаются вследствие излома или износа граничного с обрабатываемой поверхностью ферромагнитного зерна. Это объясняется тем, что удаление одного зерна из цепочки незначительно изменяет магнитный момент всей цепочки, поэтому она остается сориентированной вдоль силовых линий и после разрушения граничного с обрабатываемой поверхностью зерна.

Из изложенного выше видно, что съем металла и само абразивное воздействие при обработке деталей уплотненным способом абразива, связанным магнитным полем и ориентированным им в процессе его приработки, имеют несколько иную качественную основу. Хотя в рассматриваемом способе обработки происходят процессы тонкого пластического деформирования и резания, аналогичные некоторым известным методам финишной обработки, эти процессы имеют совершенно иные количественные характеристики. Совокупность измененных количественных характеристик приводит к существенному качественному отличию рассматриваемого процесса. Его особенность заключается в том, что форму инструмента (ФАП) задают рабочая зона и магнитное поле, выполняющее роль связки и ориентации осей зерен. Образуется инструмент, в точности копирующий обрабатываемую поверхность с постоянно обновляющимися режущими свойствами.

Следовательно, чем меньше модуль зубчатого колеса, тем эффективнее происходит процесс съема материала обрабатываемого изделия данным способом. Кроме того, положительным фактором данного процесса служит то, что контур зуба имеет эвольвентный профиль (его условно можно считать трапециевидным), что увеличивает эффективность доступа ФАП в рабочую зону и повышает качество обрабатываемых поверхностей. Вторым достоинством является то, что острая кромка зуба представляет собой концентратор магнитного потока и именно здесь будет наибольшая его плотность. Это обеспечивает рост давления ФАП и соответственно массовый съем материала.

На основании вышеизложенного были проведены исследования, направленные на оценку технологических возможностей метода МАО при обработке мелко-модульных зубчатых колес ($m=1$ мм, угол наклона зуба $\beta=12^\circ$, сталь 40Х ГОСТ 4543-71, 40-44 HRC).

Основная задача при проведении экспериментов по МАО мелко-модульного зубчатого профиля заключалась в скруглении фаски зубчатого колеса по контуру, устранении заусенцев, образованных предшествующей операцией шлифования по наружному диаметру колеса, и снижении шероховатостей рабочей поверхности зуба.

Режимы обработки: скорость резания – $V_p = 1,5-2$ м/с; амплитуда осцилляции – $A = 1,5-2$ мм; скорость осцилляции – $V_o = 0,15-0,3$ м/с; зазор в рабочей зоне обработки – $\delta = 1$ мм; магнитная индукция – $B = 0,8-1,1$ Т; время обработки $t = 60$ с. ФАП – Ж15КТ (FeTiC) ТУ 6-09-03-483-81; размер частиц – $\Delta = 100/160$ мкм; коэффициент заполнения рабочего

зазора – $K_z = 1$; СОТС – СинМА-1 ТУ 38.59011 76-91, 3%-й водный раствор. В качестве оборудования использовалась установка СФТ 2.150.00.00.000. Измерение шероховатости производилось на профилографе-профилометре мод. 252 «Калибр».

Обязательным условием этого процесса является реверсирование вращения заготовки. Полное время обработки составляет 60 с, из них соответственно 30 с – вращение по часовой стрелке и 30 с – против. Возможно использование пакетного способа обработки при наличии разделительных колец толщиной 1-3 мм. Общая длина пакета вдоль оси обработки должна равняться в среднем 70 мм.

После МАО, детали, изготовленные из ферромагнитного материала, в обязательном порядке должны быть демагнитизированы с целью исключения остаточной намагниченности.

Проведенными испытаниями установлено, что после обработки методом МАО (для сравнения на рис. 5 представлены зубчатые колеса после различных методов обработки):



а *б* *в*
Рис. 5. Заготовка зубчатого колеса:
а – после шлифования; б – после термической
обработки и шлифования; в – после МАО

- на торцах зубьев образуются фаски в форме запятой, ширина которой уменьшается в направлении дна впадины зуба;

- зона обработки характеризуется полным отсутствием заусенцев и следов термического разложения закалочной среды, часто имеющих место после нарушительного технологического процесса термообработки;

- воздействие магнитного поля на чувствительность обрабатываемого изделия приводит к образованию остаточных напряжений сжатия и улучшению ее структуры, что обеспечивает рост долговечности;

- угол фаски на боковой поверхности зуба находится в пределах 30-35°, ширина фаски – не более 0,8 мм.

Заключение

Таким образом, на основании проведенных исследований установлено, что в качестве эффективного метода финишной обработки мелкозубчатых колес можно использовать способ МАО,

позволяющий получить высокие эксплуатационные характеристики этих деталей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агапов, С.И. Научное обоснование и реализация ультразвуковых технологий при производстве прецизионных мелкозубчатых колес: дис. д-ра техн. наук: 05.02.07 / С.И. Агапов. – Волгоград, 2015. – 346 л.
2. Канатников, Н.В. Повышение эффективности процесса зубострогания криволинейных конических колес: дис. канд. техн. наук: 05.02.07 / Н.В. Канатников. – Орел, 2014. – 154 л.
3. Мустафин, А.А. Разработка и обоснование параметров двухроторного двузубого вакуумного насоса для доильных установок: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.20.01 / А.А. Мустафин; Казанский государственный аграрный университет. – Чебоксары, 2013. – 16 с.
4. Вавилов, Д.В. Мелкозубчатые передачи механизмов приводов космических аппаратов на основе накатных зубчатых колес: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.02.02 / Д.В. Вавилов; Сибирский федеральный университет. – Красноярск, 2009. – 20 с.
5. Лындин, В.А. Инструмент для накатывания зубьев и шлицев повышенной точности / В.А. Лындин. – М.: Машиностроение, 1988. – 144 с.
6. Технология производства и методы обеспечения качества зубчатых колес и передач: учебное пособие / В.Е. Антонюк [и др.]; под общей ред. В.Е. Антонюка. – Минск: Технопринт, 2003. – 766 с.
7. Степанов, Д.Н. Финишная обработка тонкостенных и сложнопольных деталей. Сообщение 2. Щеточные инструменты / Д.Н. Степанов // Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні. – 2015. – С. 126-129.
8. Сакулевич, Ф.Ю. Основы магнитно-абразивной обработки / Ф.Ю. Сакулевич. – Минск: Наука и техника, 1981. – 326 с.
9. Скворческий, Н.Я. Эффективность магнитно-абразивной обработки / Н.Я. Скворческий, Э.Н. Федорович, П.И. Ящерицын. – Минск: Навука і тэхніка, 1991. – 276 с.
10. Kodacsy Jonas. Magneto-abrasives Polieren und Entgraten Witerenwickelte Feinbearbeitung / J. Kodacsy // Techn. Rdsch. – 1990. – № 37. – S. 76-79.
11. Брынский, Е.А. Электромагнитные поля в электрических машинах / Е.А. Брынский, Я.Б. Данилевич, В.И. Яковлев. – Л.: Энергия, 1979. – 176 с.
12. Миронов, А.М. Повышение эффективности магнитно-абразивной обработки зубчатых колес механическим уплотнением ферроабразивного порошка в рабочей зоне: дис. ... канд. техн. наук: 05.03.01 / А.М. Миронов. – Минск, 2007. – 153 л.
13. Коновалов, Е.Г. Основы электроферромагнитной обработки / Е.Г. Коновалов, Ф.Ю. Сакулевич. – Минск: Наука и техника, 1974. – 272 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 28.09.2018

УДК 621.87

СПОСОБ СНИЖЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК В МЕХАНИЗМЕ ПОДЪЕМА ГРУЗА

Н.Н. Романюк,

первый проректор БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

К.В. Сашко,

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

П.Н. Логвинович,

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

В статье рассматривается динамика грузоподъемных кранов при подъеме грузов. Для снижения динамической нагрузки в канате предлагается ввести в крюковую подвеску упругий элемент, например, демпфирующую пружину. Приводится расчет динамической нагрузки при отсутствии и наличии демпфирующего элемента.

Ключевые слова: грузоподъемный кран, динамическая нагрузка, крюковая подвеска, демпфирующий элемент.

The dynamics of cranes when lifting loads is considered. To reduce the dynamic load in the rope it is proposed to introduce a hook suspension elastic element, such as a damping spring. The calculation of dynamic load in the absence and presence of the damping element is given.

Key words: crane, dynamic load, hook suspension, damping element.

Введение

Интенсификация погрузочно-разгрузочных работ предъявляет высокие требования к надежности каждого грузоподъемного крана, узла и детали, так как отказ в работе любого элемента приводит к простоям основного технологического оборудования и нарушению технологического процесса в целом. В прямой зависимости от надежности грузоподъемных кранов находится эффективность их использования, которая определяется затратами на их эксплуатацию в виде расходов на оплату труда, обслуживание и ремонты.

Реальные условия работы кранов сопровождаются значительными динамическими перегрузками. Резкое изменение нагрузок на рабочие органы кранов, его механизмы и металлоконструкцию возникает при работе кранов. Поэтому разработка новых высокоэффективных кранов требует тщательного анализа их динамической нагруженности и дальнейшего совершенствования методов расчета.

Грузоподъемные машины, как правило, работают по схеме: пуск – разгон до заданной скорости – движение с постоянной скоростью – замедление – стопорение. Далее этот процесс повторяется сколько угодно раз в зависимости от технологического назначения машины. Имеется целый ряд машин, работающих в таком повторно-кратковременном режиме, когда указанный процесс от пуска до стопорения имеет сравнительно небольшую продолжительность и часто повторяется. Примером могут служить подъемно-транспортные машины (краны всевозможных типов), лебедки и подъемные машины, предназначенные для транспортировки различных грузов.

Целью настоящей работы является снижение динамической нагруженности механизмов крана и разработка на этой основе устройства для ее осуществления.

Основная часть

Если анализировать работу подъемного механизма, исходя из предпосылки, что конструкция крана весьма жесткая [1], то основное влияние на развитие динамических процессов окажет упругость каната, так как он подвергается раскачке, ударам и другим динамическим нагрузкам. В этом случае можно считать, что рассматриваемая система (рис. 1) состоит из двух масс: m_p – массы барабана и m_T – массы груза,

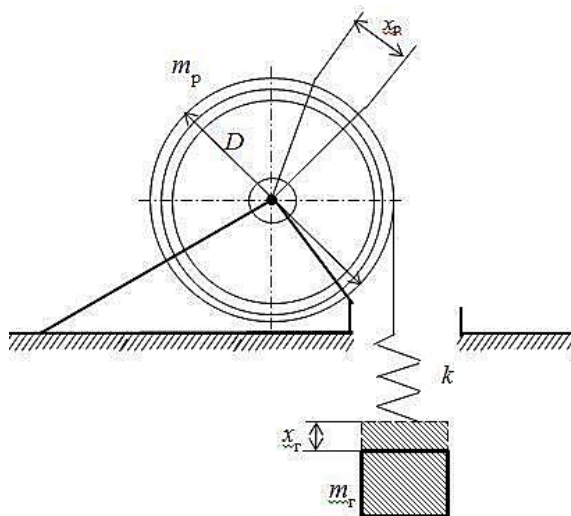


Рис. 1. Расчетная схема

связанных между собой упругим звеном с жесткостью k , D – диаметр барабана.

При перемещениях барабана x_p и груза x_r уравнения движения могут быть записаны в виде:

$$m_p \frac{d^2 x_p}{dt^2} + k(x_p - x_r) = Q + T_{изб}, \quad (1)$$

$$m_r \frac{d^2 x_r}{dt^2} - k(x_p - x_r) = -Q, \quad (2)$$

где $Q + T_{изб}$ – движущая сила для массы барабана, Н;

Q – сила тяжести груза, Н;

$T_{изб}$ – избыточная сила при неустановившемся движении механизмов (разгон или торможение), Н.

Для массы m_r движущей силой является сила тяжести груза Q , взятая со знаком «–», так как она действует в том же направлении, что и сила инерции.

Для наиболее распространенного случая в периоды разгона и торможения избыточную силу $T_{изб}$ можно принять постоянной, так как значения избыточного момента в начальный ($M'_{изб}$) и конечный ($M''_{изб}$) моменты периода неустановившегося движения в случае постоянства ускорения равны ($M'_{изб} = M''_{изб}$).

Умножив уравнение (1) на m_r , уравнение (2) на m_p , вычтя второе из первого, разделив результат на $m_p m_r$ и произведя замены

$$\frac{d^2 x_p}{dt^2} - \frac{d^2 x_r}{dt^2} = \frac{d^2 x}{dt^2}; \quad x_p - x_r = x; \quad \frac{m_p + m_r}{m_p m_r} = m,$$

получим

$$\frac{d^2 x}{dt^2} + mkx = mQ + \frac{T_{изб}}{m_p}. \quad (3)$$

Дифференциальное уравнение (3) определяет деформацию упругого звена и, следовательно, его решение определяет усилие в звене $P_d = kx$.

Обозначая mk через p^2 и $mQ + \frac{T_{изб}}{m_p}$ через q , при-

водим уравнение к каноническому виду

$$\frac{d^2 x}{dt^2} + p^2 x = q,$$

полное решение которого

$$x = C_1 \cos pt + C_2 \sin pt + \frac{q}{p^2}.$$

Произвольные постоянные определим из начальных уравнений для случая, когда к началу подъема груза канатный полиспаст уже подтянут. Это означает, что в момент времени t_0 приложения избыточной силы элементы механизма и каната уже нагружены статически, то есть

$$x = \frac{Q}{k}, \text{ но скорость нагружения равна нулю } \frac{dx}{dt} = 0.$$

Тогда $x = \frac{Q}{k} = C_1 + \frac{q}{p^2}$ и, следовательно, так как

$$p^2 = mk \text{ и } q = mQ + \frac{T_{изб}}{m_p}$$

$$C_1 = \frac{Q}{k} - \frac{q}{p^2} = -\frac{T_{изб}}{kmm_p},$$

$$\frac{dx}{dt} = -pC_1 \sin pt + pC_2 \cos pt.$$

Тогда при $t = 0$ $C_2 = 0$.

Итак

$$x = -\frac{T_{изб}}{kmm_p} \cos pt + \frac{Q}{k} + \frac{T_{изб}}{kmm_p} = \frac{Q}{k} + \frac{T_{изб}}{kmm_p} (1 - \cos pt); \quad (4)$$

$$P_d = xk = Q + \frac{T_{изб}}{mm_p} (1 - \cos pt) = Q + T_{изб} \frac{m_r}{m_p + m_r} \left(1 - \cos \sqrt{\frac{k(m_p + m_r)}{m_p m_r}} t \right). \quad (5)$$

Максимальное значение P_d будет иметь место при $\cos pt = -1$:

$$P_d^{\max} = Q + 2T_{изб} \frac{m_r}{m_p + m_r}.$$

Так как $T_{изб} = \varphi_0 Q$ ($\varphi_0 = 1,2 \div 1,4$ – коэффициент, учитывающий дополнительную силу в подъемном механизме от вынужденных колебаний), то

$$P_d^{\max} = Q \left(1 + 2\varphi_0 \frac{m_r}{m_p + m_r} \right). \quad (6)$$

Коэффициент $K_d = 1 + 2\varphi_0 \frac{m_r}{m_p + m_r}$ в выражении

(6) определяет собой максимальную динамичность нагружения упругого звена при условии, что подъем начинается в момент времени, когда канаты полностью натянута. При значениях $\cos pt \neq -1$ динамичность может быть определена для любого t .

Выражениями (5) и (6) определяется динамическая нагрузка в канате в зависимости от времени и максимальная динамическая нагрузка при подъеме груза массой m_r .

График зависимости динамической нагрузки в канате от времени (выражение 5) представлен на рис. 2. При расчете принято: $m_r = 5000$ кг; $m_p = 1000$ кг; $k = 10^6$ Н/м; $\varphi_0 = 1,2$. Как видно из графика, изменение натяжения в канате при подъеме груза без демпфирования колебаний имеет гармонический характер с цикли-

ческой частотой $p = \sqrt{\frac{k(m_r + m_p)}{m_r m_p}} = 34,6$ рад/с. Максимальное

натяжение в канате $P_d^{\max} = 1,47 \cdot 10^5$ Н, что соответствует коэффициенту динамичности $k_d = 2,94$.

Перемещение груза x_r носит также колебательный характер с той же циклической частотой (рис. 3). Амплитуда колебаний груза составляет величину порядка 0,05 м. Такой же характер носит и скорость перемещения груза (рис. 4).

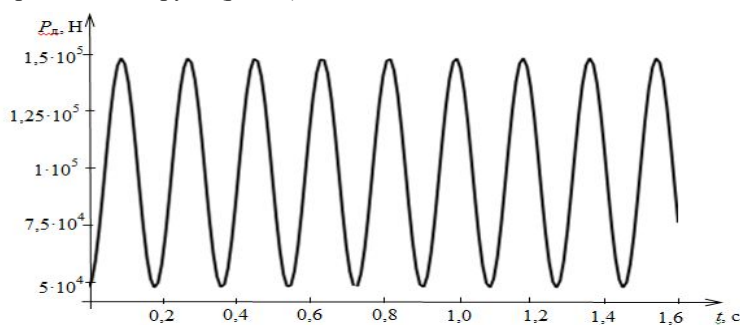


Рис. 2. Зависимость динамической нагрузки от времени в канате без демпфирования

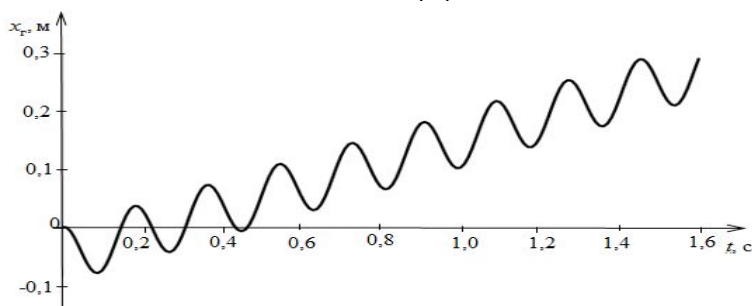


Рис. 3. Зависимость перемещения груза от времени при подъеме без демпфирования

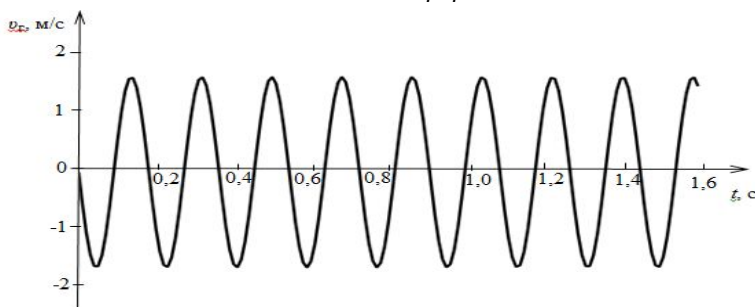


Рис. 4. Зависимость скорости перемещения груза от времени при его подъеме без демпфирования

При этом максимальная скорость колебаний довольно высока (~1,6 м/с).

Для снижения динамической нагрузки в канате предлагается ввести в крюковую подвеску упругий элемент, например, демпфирующую пружину. При этом в расчетной схеме (рис. 1) следует учесть жесткость пружины и коэффициент демпфирования подвески.

При наличии демпфирующего элемента уравнение движения груза примет вид [2]:

$$m_r \frac{d^2 x_r}{dt^2} - k(x_p - x_r) - b \frac{d}{dt}(x_p - x_r) = -Q,$$

где $k = \frac{k_p k_r}{k_p + k_r}$ – приведенная жесткость последовательно соединенных упругих элементов – подъемного каната k_p и демпфирующей пружины k_r ;

b – коэффициент демпфирования.

При установившейся скорости v движения привода $x_p = vt$ уравнение движения груза будет иметь вид:

$$m_r \frac{d^2 x_r}{dt^2} - k(vt - x_r) - b \frac{d}{dt}(vt - x_r) = -Q \quad (7)$$

с начальными условиями $t = 0, x_r = 0, \frac{dx_r}{dt} = 0$.

Решим уравнение (7) в системе MathCAD с использованием функции *rkfixed* ($y(0), t_1, t_2, M, D$), которая дает решение системы дифференциальных уравнений методом Рунге-Кутты с фиксированным шагом. Эта функция возвращает матрицу значений решений дифференциального уравнения, заданного производными в векторной функции $D(t, y)$ двух аргументов – скалярного t и векторного y и начальными условиями $y(0)$ на интервале $[t_1, t_2]$, при этом y – искомая векторная функция аргумента t того же размера, что и D . M задает число строк матрицы результатов (число шагов, на которых численный метод находит решение).

Так как наше дифференциальное уравнение 2-го порядка, то оно должно быть преобразовано в систему двух уравнений первого порядка. Это можно сделать путем замены переменных:

$$x_r = y_0(t), \quad \frac{dx_r}{dt} = y_1(t). \quad (8)$$

Тогда уравнение (7) сведется к эквивалентной системе:

$$\begin{cases} \frac{dy_0}{dt} = y_1(t) \\ \frac{dy_1}{dt} = -\frac{b}{m_r} y_1(t) - \frac{k}{m_r} y_0(t) + \frac{k v}{m_r} t + \frac{b v - Q}{m_r} \end{cases}$$

Последнее эквивалентно следующему векторному представлению:

$$D(t, y) = \begin{bmatrix} y_1 \\ -\frac{b}{m_r} y_1 - \frac{k}{m_r} y_0 + \frac{k_v}{m_r} t + \left(\frac{b_v}{m_r} - g \right) \end{bmatrix}$$

с начальными условиями $y(0) = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$.

Расчет проведем при $k_p = 10^6$ Н/м, $k_r = 10^5$ Н/м, $v = 0,2$ м/с, $b = 3 \cdot 10^4$ Н·с/м.

Матрица значений решений $y = rkfixed(y, 0, 2, 200, D)$ имеет размер 200×3 , при этом, как видно из выражения (8),

$$y^{<0>} = t, y^{<1>} = y_0 = x_r, y^{<2>} = y_1 = \frac{dx_r}{dt} = v_r, \quad (9)$$

где $\frac{dx_r}{dt} = v_r$ – скорость перемещения груза, м/с.

Натяжение в канате при подъеме груза с демпфирующим элементом определится по формуле:

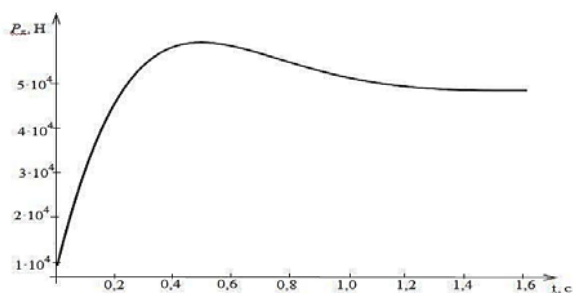


Рис. 5. Зависимость динамической нагрузки от времени в канате с демпфированием

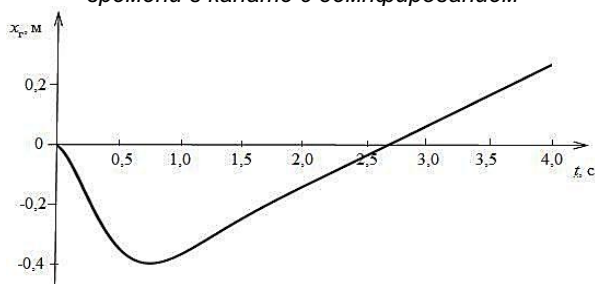


Рис. 6. Зависимость перемещения груза от времени при подъеме краном с демпфирующим устройством

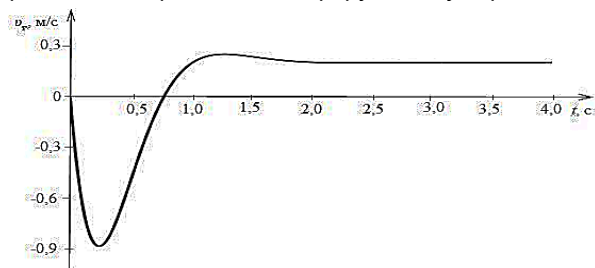


Рис. 7. Зависимость скорости перемещения груза от времени при подъеме краном с демпфирующим устройством

$$P_d = \left(-\frac{b}{m_r} y^{<2>} - \frac{k}{m_r} y^{<1>} + \frac{k_v}{m_r} y^{<0>} + \left(\frac{b_v}{m_r} - g \right) \right) m_r + m_r g.$$

График зависимости $P_d(t)$ имеет вид, представленный на рис. 5. Максимальное натяжение в канате при подъеме груза в этом случае $P_d^{\max} = 0,59 \cdot 10^5$ Н, что соответствует коэффициенту динамичности $k_d = 1,18$.

Как видно из выражений (8) – (9), матрица значений решений $y = rkfixed$ дает нам также зависимости от времени перемещения груза (рис. 6) и скорости его перемещения (рис. 7) при использовании крюковой подвески с демпфирующим устройством.

И перемещение груза, и скорость этого перемещения достаточно быстро стабилизируются (в течение $\sim 1,5$ с) при использовании этого простого демпфирующего устройства.

Таким образом, применение в крюковой подвеске демпфирующего элемента в виде пружины значительно сокращает динамическую нагрузку без возникновения ее колебаний.

Рассчитаем пружину при принятых значениях величин [3].

Расчетное усилие в пружине берем равным величине силы тяжести груза $F_{\text{расч}} = Q$.

Диаметр проволоки пружины определяется по формуле:

$$d_{\text{пр}} = 1,6 \sqrt{\frac{CF_{\text{расч}} K}{[\tau]_{\text{кр}}}},$$

где $C = 5$ – индекс пружины;

K – коэффициент кривизны проволоки пружины

$$\left(K = \frac{4C + 2}{4C - 3} = 1,294 \right);$$

$[\tau]_{\text{кр}}$ – допускаемое напряжение на кручение (для стали марки 60С2ВА $[\tau]_{\text{кр}} = 1050$ Мпа, модуль сдвига $G = 80$ ГПа).

Тогда $d_{\text{пр}} = 0,025$ м.

Средний диаметр пружины $D_{\text{ср}} = C d_{\text{пр}} = 0,14$ м.

Число витков пружины выбираем равным $n = 5$.

$$\text{Жесткость такой пружины } k_n = \frac{G d_{\text{пр}}^4}{8 n D_{\text{ср}}^3} = 4,5 \cdot 10^5 \text{ Н/м.}$$

В работе [4] описано демпфирующее устройство с применением гидравлических элементов. Проведенное авторами [4] аналогичное аналитическое исследование механизма подъема с предложенным демпфирующим устройством показало, что оно обладает несколькими лучшими динамическими характеристиками по сравнению с приведенными выше (коэффициент динамичности этого устройства равен 1,05). Недостатком этого устройства является сложность его конструкции и, следовательно, невысокая надежность.

На кафедре механики материалов БГАТУ разработана оригинальная конструкция крюковой подвески с демпфирующей пружиной и автоматическим запиранием зева (рис. 8) [5].

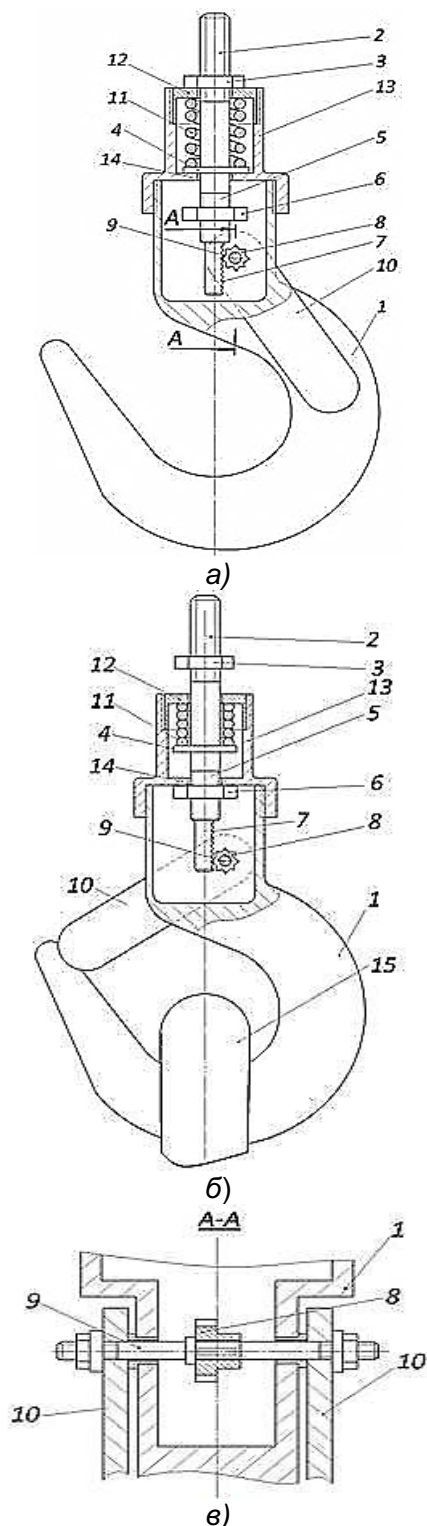


Рис. 8. Крюк с автоматическим запиранием зева: а) с грузом; б) без груза; в) разрез А-А

Крюк с автоматическим запиранием зева содержит рог 1, хвостовик, выполненный в виде стержня, по длине которого последовательно расположены первый участок с резьбой 2 с накрученной на него гайкой 3, опорный буртик 4, второй участок с резьбой 5 с накрученной на него гайкой 6, дорожку зубьев 7 реечного зацепления с возможностью взаимодействия с зубчатым колесом 8, на оси 9 которого за боковыми поверхностями рога 1 закреплены запирающие пластины 10, являющиеся замком. На хвостовик надета пружина сжатия 11, нижний торец которой упирается в опорный буртик 4, а верхний торец – в гильзу направляющую 13, имеющую буртик 14 по внутреннему диаметру, при этом гильза направляющая 13 крепится к рогу 1, на который при работе надевается скоба 15.

Работает крюк с автоматическим запиранием зева следующим образом.

При подъеме крюка с автоматическим запиранием зева с закрепленным к нему через скобу 15 грузом (на рис. 8 не показан) сжимается пружина сжатия 11, хвостовик поднимается вверх относительно гильзы направляющей 13 до упора гайки 6 в ее буртик 14, при этом зубья 7 реечного зацепления поворачивают зубчатое колесо 8, которое через ось 9 поворачивает закрепленные на ней запирающие пластины 10, запирая при этом зев рога 1.

При опускании груза на основание (на рис. 8 не показано) и снятии усилия с крюка с автоматическим запиранием зева, пружина сжатия 11 разжимается, при этом она перемещает вниз хвостовик относительно гильзы направляющей 13, который в свою очередь зубьями 7 реечного зацепления поворачивает в обратную сторону зубчатое колесо 8 и через ось 9 поворачивает закрепленные на ней запирающие пластины 10, открывая при этом зев рога 1.

Управление запирающими пластинами 10 через реечное зацепление позволяет жестко фиксировать открытое и закрытое положения зева, что не дает возможности замку раскрыться при резких перемещениях и вибрациях, а автоматическое управление замыкающими пластинами 10 пружиной сжатия 11 и весом поднимаемого груза обеспечивает возможность применения крюка на кранах специального назначения с требованиями к повышенной надежности запирания зева при работе в местах, где при перемещениях груза необходимо обеспечить режимы с резкими движениями и вибрацией, а также в местах с ограниченным пребыванием стропальщика.

Заключение

На основании анализа динамической нагруженности механизмов крана предложен способ ее снижения путем введения в крюковую подвеску упругого демпфирующего элемента. Разработана оригинальная конструкция крюковой подвески с демпфирующим элементом.

том в виде пружины, что значительно сокращает динамическую нагрузку без возникновения ее колебаний.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вайнсон, А.А. Строительные краны / А.А. Вайнсон. – М.: Машиностроение, 1969. – 488 с.
2. Мандровский, К.П. Динамика и математическое моделирование движений машин при оценке устойчивости / К.П. Мандровский. – М.: МАДИ, 2012. – 72 с.
3. Пономарев, С. Д. Расчет упругих элементов машин и приборов / С. Д. Пономарев, Л. Е. Андреева. –

М.: Машиностроение, 1980. – 326 с.

4. Рыжиков, В.А. Демпфирование колебаний груза в механизме подъема крана / В.А. Рыжиков, Л.А. Туркеничева // Известия вузов. Северо-кавказский регион. Технические науки. – 2010. – № 3. – С. 48-50.

5. Крюк с автоматическим запирающим зевом: патент 20828 С1 Респ. Беларусь, МПК В 66С 1/36 / Н.Н.Романюк (ВУ), К.В.Сашко (ВУ), П.В.Клавсуты (ВУ), Н.Н. Шурхай (ВУ); заявитель Белорус. гос. аграр. техн. ун-т. – № а20130587; заявл. 06.05.2013; опубл. 28.02.2017 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2017. – № 1. – С.90.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 22.06.2018

УДК 631.31.02

МЕТОДИКА ОБОСНОВАНИЯ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ДИСКОВОГО РАБОЧЕГО ОРГАНА КОЛЕБАТЕЛЬНОГО ТИПА

В.Я. Тимошенко,

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

П.Н. Логвинович,

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

А.Н. Прокопеня,

мл. науч. сотр. ОАО «Приборостроительный завод Оптрон»

А.В. Нагорный,

ст. преподаватель каф. эксплуатации машинно-тракторного парка БГАТУ

В статье предложена конструкция колебательного дискового рабочего органа для улучшения качества обработки почвы и представлены аналитические зависимости для определения его параметров.

Ключевые слова: диск, обработка почвы, дисковый рабочий орган, ось вращения.

In the article the design of the working body's full disk for improving the quality of tillage is offered and analytical dependences for determination of its parameters are presented.

Key words: disk, tillage, disk working body, the axis of rotation.

Введение

Обработка почвы является наиболее энергоемкой операцией возделывания сельскохозяйственных культур. Она составляет до 40 % энергетических затрат на производство продукции растениеводства. Основной операцией обработки почвы в Беларуси является отвальная вспашка, после которой проводится предпосевная подготовка почвы с использованием различных культиваторов, борон, дисковых и комбинированных орудий.

Природно-климатические условия Беларуси не позволяют полностью отказаться от вспашки, как это принято в Северной Америке, из-за опасения засорения полей корнеотпрысковыми сорняками. Энергетические затраты на вспашку составляют более половины всех энергозатрат на обработку почвы. По результатам исследований [1] РУП «НПЦ НАН Беларуси по земледелию» установлено, что в Беларуси можно чередовать вспашку с поверхностной обработкой полей через год.

Для поверхностной обработки полей и предпосевной подготовки почвы, наряду с чизельными, все более широкое применение находят почвообрабатывающие орудия с дисковыми рабочими органами, которые не лишены недостатков. Конструкции их постоянно совершенствуются, как в плане снижения энергоемкости выполняемых технологических процессов, так и в плане повышения качества обработки почвы. В этой связи, рассматриваемые в данной статье вопросы актуальны.

Целью настоящей работы является обзор и анализ работы дисковых рабочих органов почвообрабатывающих машин и обоснование параметров колебательного дискового рабочего органа, обеспечивающего улучшение качества обработки почвы.

Основная часть

Среди почвообрабатывающих машин большой удельный вес занимают машины с дисковыми рабочими органами. Это объясняется простотой их кон-

струкции, более высокой технологической надежностью, способностью выполнения поверхностной обработки почвы, относительно низкой интенсивностью износа рабочих органов [2].

Диски обеспечивают интенсивное резание растительных остатков, находящихся на поверхности почвы, имеют низкую забиваемость ими, обеспечивают интенсивное крошение почвенного пласта и высокую проходимость в условиях наличия препятствий. Эти показатели являются результатом основного достоинства дискового рабочего органа – наличия постоянно обновляющейся рабочей поверхности. Это позволяет применять его на обработке полей, засоренных пожнивными остатками, исключать залипание поверхности установкой чистиков, дает возможность регулировки плоскости его вращения к направлению движения агрегата, т.е. угла атаки и наклона ее к обрабатываемой поверхности и ряд других. В настоящее время все более широкое распространение находят дискаторы – дисковые орудия с индивидуальным креплением дисковых рабочих органов к раме посредством упругих предохранительных механизмов. Последнее позволяет в полной мере реализовать высокую проходимость дисковых рабочих органов [1], обеспечить микроколебания диска и снизить, тем самым, его сопротивление.

Однако дисковым рабочим органам наряду с отмеченными достоинствами присущ и ряд недостатков, основными из которых следует считать проблему с их заглублением на твердых почвах и недостаточное крошение почвы [1].

Теоретическим исследованиям по обоснованию

параметров различных дисковых рабочих органов посвящены работы В. П. Горячкина [3], Ф. М. Канарева [4], И. М. Панова [5, 6], Г. Н. Синеокова [5, 6, 7, 8], Х. А. Хачатряна [9], В. Ф. Стрельбицкого [10], П. С. Нартова [11, 12], А.Б. Лурье [13] и других ученых.

Одним из направлений их совершенствования является разработка дисковых рабочих органов колебательного типа, которые более эффективно воздействуют на почву и могут обеспечить качественное выполнение технологического процесса при существенном снижении его энергоемкости [1]. Для обеспечения колебательного движения диска применяется ряд способов, таких, как, например, индивидуальная подвеска диска на S-образной стойке с использованием упругих элементов. Современные технические решения интенсификации почвообработки предусматривают применение дисковых рабочих органов с различными вибрационными и импульсными методами воздействия на почву (рис. 1).

Из рис. 1 видно, что в почвообрабатывающих машинах применяются пять форм дисков. Наибольшее распространение в собственно почвообрабатывающих машинах получили сферические диски разных диаметров и радиусов кривизны, крепящихся на ступицах или осях.

Все перечисленные выше диски, используемые в качестве рабочих органов почвообрабатывающих машин, устанавливаются на осях вращения таким образом, чтобы ось вращения диска была перпендикулярна его плоскости вращения. При такой установке дисков они проделывают в почве канавку опреде-

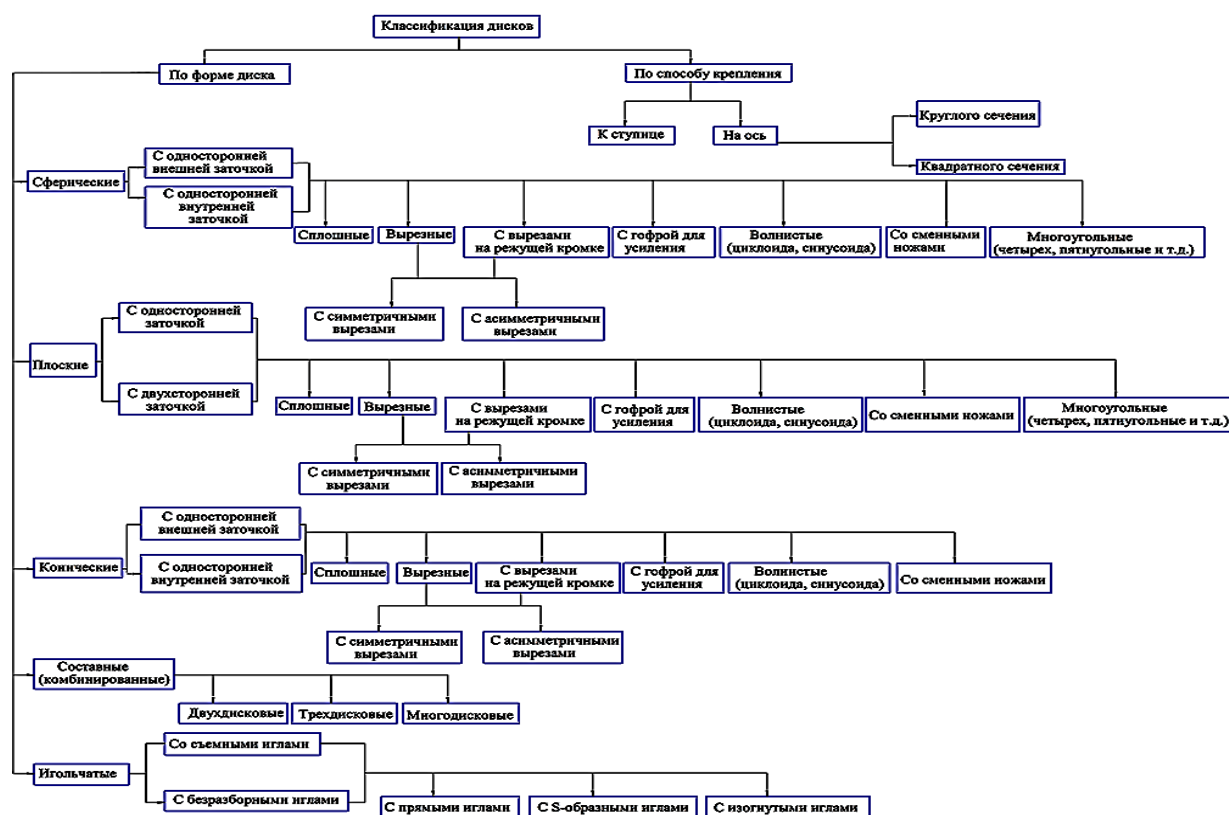


Рис. 1. Классификация дисков, используемых в качестве рабочих органов почвообрабатывающих орудий

ленной ширины, зависящую от диаметра диска, радиуса кривизны его сферы и угла атаки, не совершая при этом колебательного движения. При этом происходит рыхление почвы, вырезаемой из общего массива и выбрасываемой на поверхность каждым диском. Для обеспечения сплошного рыхления поверхности поля диски устанавливаются на определенном расстоянии друг от друга в несколько рядов, располагая их сферы в противоположные стороны.

Приведенные исследования позволили авторам предложить оригинальный дисковый рабочий орган [14] (рис. 2), где ось вращения сферического диска к плоскости вращения устанавливается не под прямым, а под острым углом. При такой установке диск совершает боковые колебательные движения, при которых осуществляется не только вырезание почвы определенного объема из общего массива, но и тщательное рыхление ее за счет боковых движений диска при поступательном движении орудия.

Колебательные движения диска не исключают необходимости установки их в несколько рядов для обеспечения требуемого качества обработки поверхности поля.

Предложенный дисковый рабочий орган (рис. 2) имеет лево 2 и право 3 оборачивающие рабочие поверхности, закрепленные на плоском диске 1, который имеет угол атаки β и установлен к оси вращения под углом α .

При поступательном движении орудия, режущие кромки диска будут совершать колебательные движения влево и вправо, проделывая в почве канавку и интенсивно разрыхляя при этом верхний слой почвы.

Пренебрегая скольжением, движение данного диска может быть представлено как поступательно-колебательное движение.

Вначале рассмотрим движение диска ничтожно малой толщины (рис. 3), чтобы представить, какую линию будет описывать воображаемый диск CC на поверхности почвы.

Если точка O движется поступательно со скоростью V в направлении оси Ox , то за время t диск повернется на угол:

$$\varphi = \omega \cdot t, \quad (1)$$

где $\omega = 2 \cdot \pi \cdot n$ – угловая скорость вращения диска, рад/с;

n – число оборотов в единицу времени, c^{-1} .

Тогда

$$\omega = \frac{V}{R \cdot \cos \beta}, \quad (2)$$

где D – диаметр диска, м;

$$R = \frac{D}{2} \text{ – радиус диска, м.}$$

Диск пройдет по поверхности почвы путь:

$$x = \varphi \cdot R = \frac{V \cdot t}{\cos \beta}. \quad (3)$$

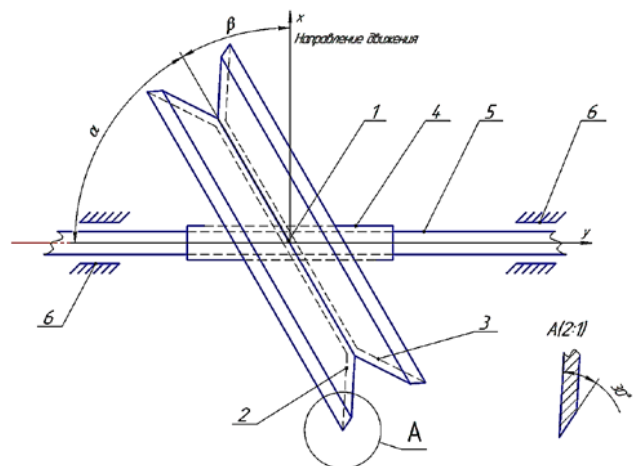


Рис. 2. Дисковый рабочий орган
почвообрабатывающей машины:

1 – плоский диск; 2 – левооборачивающая рабочая поверхность; 3 – правооборачивающая рабочая поверхность; 4 – ступица; 5 – ось вращения; $\beta = 30^\circ$ – угол атаки; α – острый угол к плоскости вращения диска; $\alpha + \beta$ – прямой угол к направлению движения

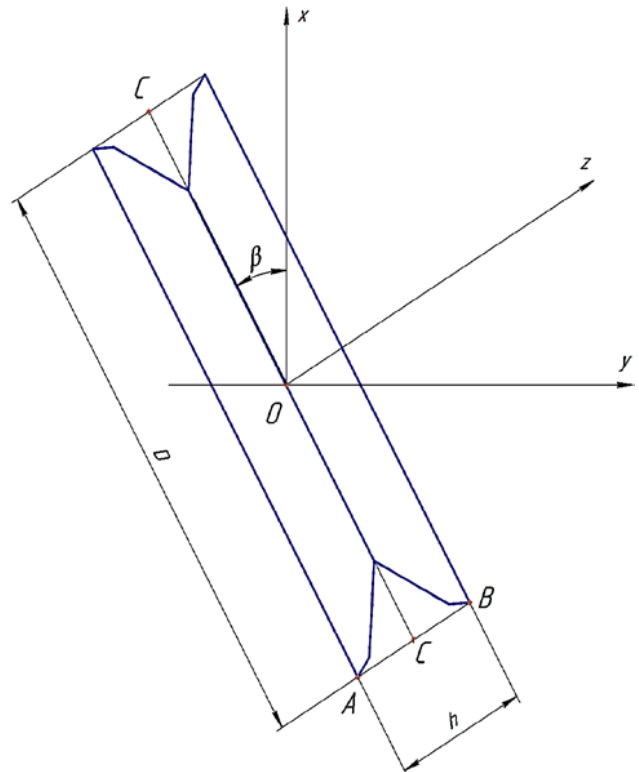


Рис. 3. Схема для определения траектории
движения диска:

D – диаметр диска; h – толщина диска;
 β – угол атаки

При этом, одновременно совершая колебательное движение вдоль оси Oy , он сместится по ней на расстояние:

$$y = R \cdot \sin \beta \cdot \cos \omega \cdot t = R \cdot \sin \beta \cdot \cos \frac{V \cdot t}{R \cdot \cos \beta}. \quad (4)$$

Откуда

$$y = R \cdot \sin \beta \cdot \cos \frac{x}{R}. \quad (5)$$

Т.е. линия, описываемая диском CC , выглядит так, как представлено на рис. 4.

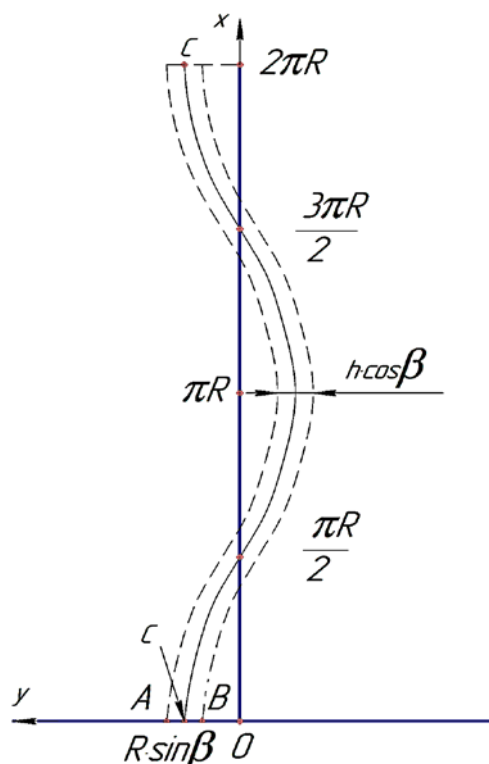


Рис. 4. Линия, описываемая диском за один его оборот

Если диск имеет конечную толщину $AB=h$, то он оставит борозду шириной $h \cos \beta$, края которой по глубине будут также синусоидального вида.

$$z = \frac{h}{2} \cdot \sin \beta \cdot \cos \frac{x}{R}, \quad (6)$$

где $\frac{h}{2} \cdot \sin \beta$ – амплитуда колебаний по глубине.

На рис. 5 представлен график перемещения плоского диска, когда ось его вращения с плоскостью вращения не перпендикулярны, а также схемы траектории движения точки A. Из рисунка 2 видно, что плоскость вращения диска 1 отклонена от направления движения агрегата на угол 30° и жестко зафиксирована на оси. При поступательном движении диск 1 колеблется слева направо и справа налево.

Зная математическую зависимость движения диска с определенными параметрами на определенной глубине по поверхности обрабатываемого поля, представляется возможным рассчитать расстояния между дисками на оси, противофазы установки дисков, следующих за дисками первого ряда, и количество рядов дисков для обеспечения необходимого качества обработки почвы.

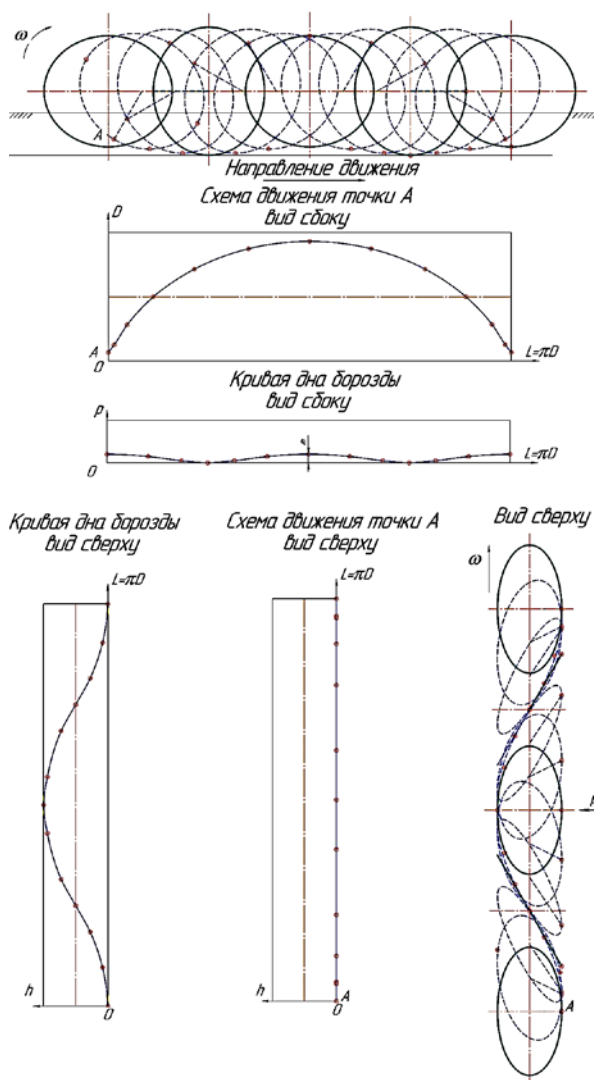


Рис. 5. Траектория движения точки при одном обороте диска (угол атаки $\beta = 30^\circ$):

r – глубина обработки почвы; D – диаметр диска; t – расстояние между наименьшей и наибольшей глубиной обработки; h – ширина обрабатываемого участка почвы; L – длина окружности

Заключение

1. Дисковые рабочие органы широко используются в качестве рабочих органов различных почвообрабатывающих машин в силу целого ряда их преимуществ в сравнении с другими рабочими органами.
2. Важнейшим преимуществом дисковых рабочих органов перед остальными является наличие постоянно обновляющейся рабочей поверхности, что позволяет им перекапываться через препятствия без забивания и залипания, и качественно подрезать и перерезать растительные и пожнивные остатки.
3. Предложенная авторами конструкция дискового рабочего органа почвообрабатывающей машины, совершая поперечные колебательные движения

при продольном перемещении агрегата, позволяет значительно улучшить качество обработки почвы.

4. Полученная математическая зависимость траектории движения диска по полю в функции его параметров и режима работы дает возможность определить расстояние между дисками на оси, противофазы установки дисков, следующих за дисками первого ряда, и количество рядов (батарей) дисков для обеспечения необходимого качества обработки почвы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сахапов, Р.Л. Теоретические основы колебательных рабочих органов культиваторов / Р.Л. Сахапов. – Казань: КФЭИ, 2001. – 194 с.
2. Сохт, К.А. Дисковые бороны и луцильники. Проектирование технологических параметров: учеб. пособие / К.А. Сохт, Е.И. Трубилин, В.И. Коновалов. – Краснодар: КубГАУ, 2014 – 164 с.
3. Горячкин, В.П. Собрание сочинений. – М., 1965. – Т. 1-2.
4. Канарев, Ф.М. Ротационные почвообрабатывающие машины и орудия / Ф.М. Канарев. – М.: Машиностроение, 1983. – 142 с.
5. Синеоков, Г.Н. Теория и расчет почвообрабатывающих машин / Г.Н. Синеоков, И.М. Панов. – М.: Машиностроение, 1987. – 328 с.

6. Синеоков, Г.Н. Теория и расчет почвообрабатывающих машин / Г.Н. Синеоков, И.М. Панов. – М.: Машиностроение, 1977. – 311 с.

7. Синеоков, Г.Н. Дисковые рабочие органы почвообрабатывающих машин. Теория и расчет / Г.Н. Синеоков. – М.: Машгиз, 1949. – 86 с.

8. Синеоков, Г.Н. Проектирование почвообрабатывающих машин / Г.Н. Синеоков. – М.: Машиностроение, 1965. – 308 с.

9. Хачатрян, Х.А. Работа сельскохозяйственных агрегатов на сильно пересеченной местности. – Ереван: АН Арм. ССР, 1965. – 238 с.

10. Стрельбицкий, В.Ф. Дисковые почвообрабатывающие машины / В.Ф. Стрельбицкий. – М.: Машиностроение, 1978. – 218 с.

11. Нартов, П.С. Дисковые почвообрабатывающие орудия / П.С. Нартов. – Воронеж: ВГУ, 1972. – 182 с.

12. Нартов, П.С. Расчет и проектирование специальных лесных машин: учеб. пос. / П.С. Нартов. – Воронеж: ВГУ, 1975. – 210 с.

13. Лурье, А.Б. Расчет и конструкция сельскохозяйственных машин / А.Б. Лурье, А.А. Громбчевский. – Л.: Машиностроение, 1977. – 528 с.

14. Дисковый рабочий орган почвообрабатывающей машины: пат. 22082 Респ. Беларусь / В.Я. Тимошенко, В.В. Ярош, А.Н. Прокопеня; заявитель Белорус. гос. аграрн. технич.ун-т; заявл. 19.09.2016; опубл. 27.04.2018.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 20.07.2018

УДК 631.356:005.512:635.132(043.2)

ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПОДКАПЫВАЮЩИХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ КОМБАЙНА ДЛЯ УБОРКИ МОРКОВИ

И.А. Барановский,

науч. сотр. РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», канд. техн. наук

А.С. Воробей,

науч. сотр. РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», канд. техн. наук

В статье рассмотрен вопрос развития механизации уборки моркови в Республике Беларусь. Обозначены проблемы уборки моркови. Предложен метод расчета по обоснованию формы подкапывающих лап, способных обеспечить лучшее разрушение связи моркови с почвой.

Ключевые слова: комбайн, уборка моркови, вибрация, подкапывающий рабочий орган.

The development of mechanization of carrot harvesting in the Republic of Belarus is considered in the article. Problems of carrots cleaning are marked. The calculation method for substantiating forms of undermining paws, capable of providing the best destruction of the connection of carrots with the soil is proposed.

Key words: harvester, harvesting carrots, vibration, undermining working on.

Введение

В структуре посевных площадей овощных культур открытого грунта столовые корнеплоды занимают около 30 тыс. гектаров, или 45, 2 % . Из возделываемых

столовых корнеплодов морковь занимает 10,6 тыс. гектаров (35,3 %), столовая свекла – 8,1 тыс. гектаров (27 %). Урожайность столовой моркови составляет в среднем около 280 центнеров с гектара, столовой свеклы – 230 [1].

Поэтому одной из основных овощных культур в Беларуси является столовая морковь. Она обладает высокими вкусовыми и диетическими качествами. Благодаря большому содержанию витаминов и минеральных солей, морковь пользуется большим спросом у населения.

Согласно данным министерства здравоохранения Республики Беларусь, потребление моркови на душу населения должно составлять не менее 10 кг в год, что осуществимо при ежегодном валовом сборе около 100 тыс. т.

По данным Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, в нашей стране насчитывается более 560 овощеводческих хозяйств, занимающихся возделыванием моркови. Самой трудоемкой и значимой операцией в технологии возделывания моркови является ее уборка, от которой зависит качество и сохранность продукта.

Имеющиеся в сельскохозяйственных предприятиях республики машины для уборки моркови, а это чаще всего переоборудованные картофелеуборочные комбайны, не в состоянии обеспечить качественный технологический процесс уборки корнеплодов в соответствии с агротехническими требованиями, т. е. допускают потери до 15 %.

Цель работы – расчет обоснования формы подкапывающих лап комбайна, способных обеспечить лучшее разрушение связи моркови с почвой.

Основная часть

Наиболее перспективной техникой, обеспечивающей лучшие результаты при уборке моркови и соответствующей современным агротехническим требованиям, являются комбайны теребильного типа. Учеными РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации

сельского хозяйства» разработан и рекомендован к постановке на производство комбайн теребильного типа для уборки моркови КТМ-1 (рис. 1).

Согласно агротехническим требованиям, морковоуборочный комбайн теребильного типа должен иметь выкапывающие рабочие органы, которые позволяли бы извлекать корни моркови из почвы без потерь и повреждений, с небольшим процентом примесей.

Создание эффективного рабочего органа, обеспечивающего повышение качества разрыхления подкапываемого слоя почвы и снижение энергоемкости процесса механической уборки моркови комбайном с минимальными потерями при ее извлечении из рядка, является актуальной задачей.

Анализ существующих машин для уборки моркови показал, что основным их недостатком является несовершенство подкапывающих рабочих органов из-за наличия значительного количества растительных и почвенных примесей в убранном ворохе, а также потери и повреждения моркови при уборке [2].

Авторами публикации предложена классификация подкапывающих устройств по характерным признакам, типу рабочего органа и привода, способу передачи на них энергии (рис. 2).

Установлено, что перспективным направлением совершенствования конструкций подкапывающих устройств является их исполнение в виде вибрационных симметричных подкапывающих лап (рис. 3).

На основании проведенных исследований принята конструкция подкапывающих органов, состоящих из полувинтовых лап с отверстиями для регулировки угла наклона и механизма привода [3].

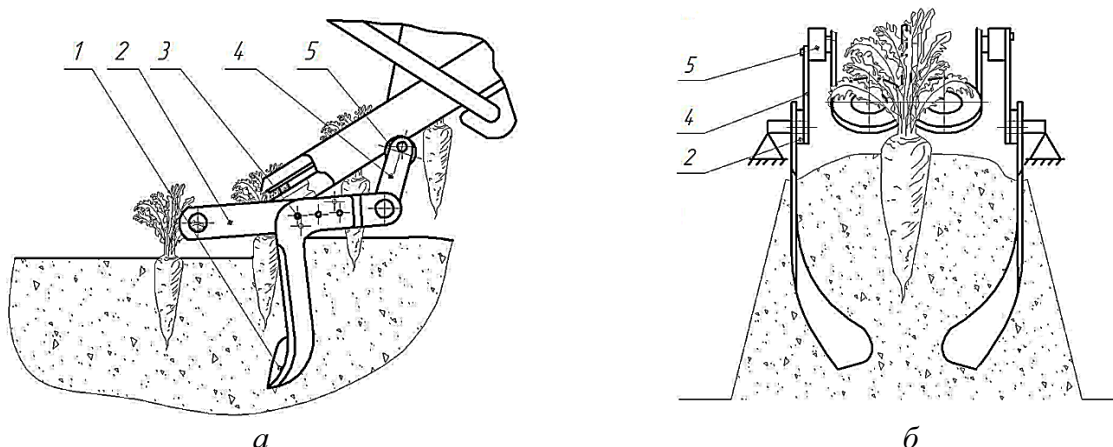
Вибрационная подкапывающая лапа позволяет разрыхлять слой почвы в рядке с корнеплодами моркови, нарушая их связь. Благодаря тому, что лапы имеют стреловидную форму и колеблются в противо-



Рис. 1. Комбайн КТМ-1 в работе



Рис. 2. Классификация подкапывающих устройств


 Рис. 3. Внешний вид подкапывающего устройства: а – вид сбоку; б – вид спереди;
1 – лапа; 2 – рычаг; 3 – отверстия для регулировки угла наклона; 4 – шатун; 5 – эксцентрик

фазе по направлению движения машины, заключенная между ними почва и морковь подвергаются периодическому сжатию снизу и с обеих сторон за счет полуvinтовой рабочей поверхности лап, что обеспечивает равномерное разрыхление почвенного пласта. При этом нарушается связь «морковь – почва» и морковь выталкивается кверху, сохраняя вертикальное положение, которое необходимо для дальнейшего извлечения ее из почвы теребильным аппаратом без потерь и обрыва хвостовой части корнеплода.

Для обоснования формы, подкапывающую лапу рассекли рядом вертикальных плоскостей, параллельных направлению движения, отстоящих одна от другой на равных, бесконечно малых расстояниях Δu , каждая отсеченная часть лапы будет представлять собой элементарный клин (рис. 4) [4].

Рабочая поверхность этого элементарного клина определяется его сторонами: лезвием $A_{кл}B_{кл}$; линией $A_{кл}C_{кл}$ – границей двух смежных элементарных клиньев, с одной стороны, и линией $B_{кл}D_{кл}$ – с другой.

Лезвие элементарного клина $A_{кл}B_{кл}$ является частью всего лезвия лапы. Деформация почвы определяется углом наклона к горизонту элементарного клина с элементарным лезвием $A_{кл}B_{кл}$.

Процесс деформации почвы и подъема корнеплодов моркови зависит от криволинейной формы рабочей поверхности подкапывающих лап. Для построения вертикальной проекции подкапывающих лап, остановились на выборе направляющей кривой, величины параметров которой, ее вид и положение в значительной степени предопределяют крошащую способность лап (рис. 5).

Через конец лезвия лапы – точку B'_n – проводим вертикальную плоскость перпендикулярно лезвию и глубине подкапывания. Эта плоскость рассекает поднимаемый пласт по линии $B'_nC'_n$, образуя некоторую часть пласта $A'_nB'_nC'_n$ в форме прямоугольного треугольника. Эта часть пласта должна полностью расположиться на полуvinтовой поверхности, а прямая $B'_nC'_n$ при этом изогнется по кривой, соответствующей

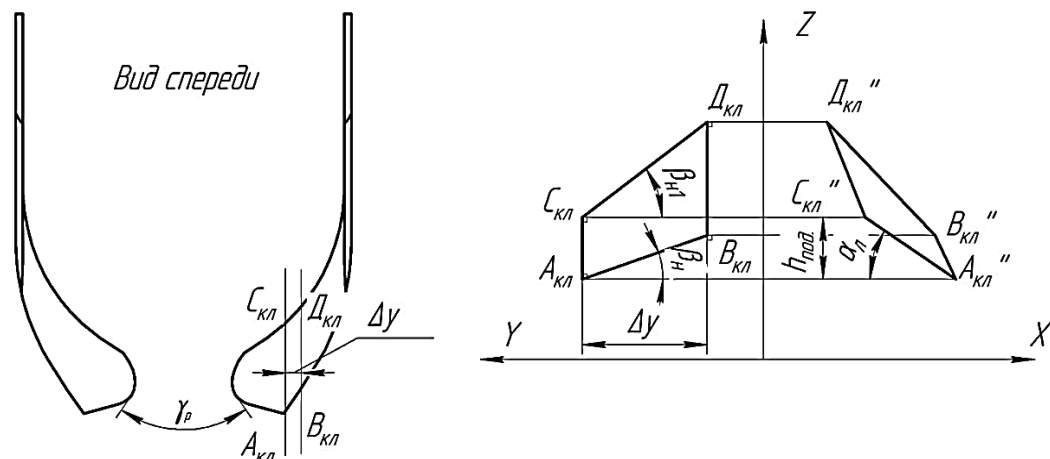


Рис. 4. К обоснованию формы подкапывающей лапы

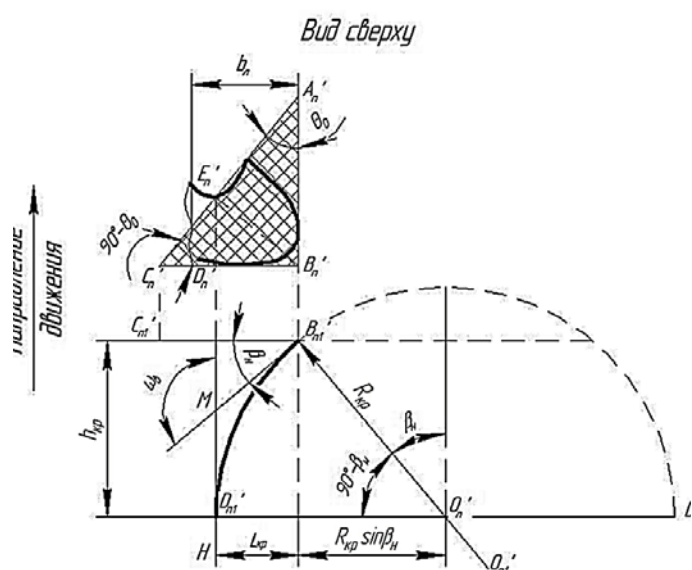


Рис. 5. Схема к обоснованию кривизны подкапывающей лапы (вид сверху)

щей по форме поверхности лапы, то есть наложится на кривую поверхности лапы в сечении $B'_n C'_n$. Следовательно, точка C'_n , поднимаясь вверх при наложении, займет новое положение D'_n .

Если теперь плоскость H совместить с горизонтальной плоскостью, то на совмещенной плоскости H получим истинное изображение направляющей кривой.

Порядок построения направляющей кривой будет следующим. Из точки B'_{n1} проводим прямую $B'_{n1}C'_{n1}$ под углом β_n к линии $B'_{n1}D'_{n1}$ (β_n – угол установки лапы ко дну грядки 56°). Затем из той же точки B'_{n1} к прямой $B'_{n1}C'_{n1}$ восстанавливаем перпендикуляр $B'_{n1}O'_{n1}$ и подбираем центр исходной направляющей окружности так, чтобы проведенная дуга окружности касалась прямой $D'_n D'_{n1}$. Кривая $B'_{n1}D'_{n1}$ и будет являться исходной направляющей кривой поверхности лапы.

С этим учетом уравнение для определения направляющей кривой $R_{кр}$ образующей поверхности лапы запишется:

$$R_{кр} = \frac{1 \cdot b_n}{\left(\frac{\pi}{2} - \beta_n \right) \cos \theta_0}, \quad (1)$$

где b_n – ширина захвата одной лапой, м;

β_n – угол наклона рабочей плоскости лапы, град.;

θ_0 – образующий угол, град.

Обоснование основных параметров подкапывающей лапы выполнено с учетом допущения, что движение почвы в межковом пространстве происходит не только в горизонтальном, но и вертикальном направлении к поверхности почвы в пределах определенной зоны, так называемого, канала разрушения, при этом принято, что в разрушающем материале реализуются предельные «активное» и «пассивное» напряженные состояния.

При помощи метода плоских сечений (рис. 6) получено выражение (2), описывающее изменение величины наибольшего уплотняющего напряжения (Π_a) в различных сечениях межковом пространстве (рис. 7)

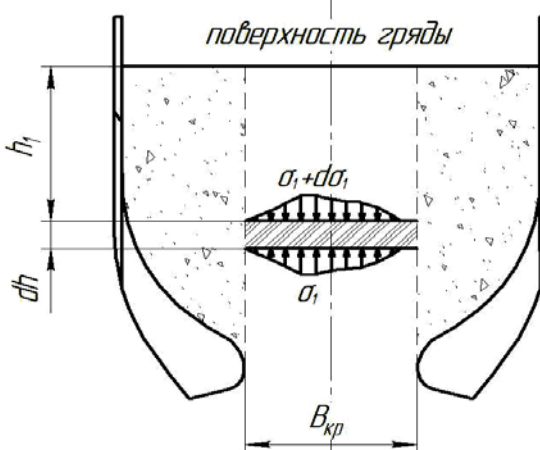


Рис. 6. Схема уплотняющего напряжения между лапами

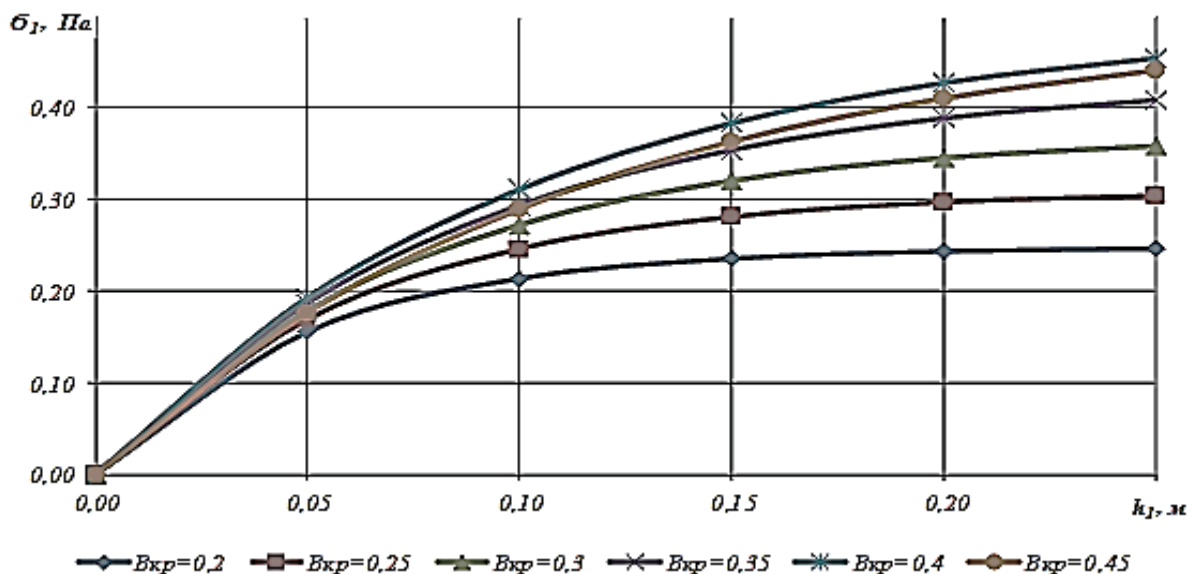


Рис. 7. Зависимость величины уплотняющего напряжения в пространстве между подкапывающими лапами от глубины подкапывания

$$\sigma_1 = \frac{g\gamma B_{\max}}{2m'f} \left(1 - e^{-\frac{2m'f}{B_{\max}} h_1} \right), \quad (2)$$

где g – ускорение свободного падения, $м/с^2$;
 γ – плотность почвы, $кг/м^3$;
 $B_{\max}$ – максимальный размер пространства между подкапывающими лапами, $м$;
 m' – коэффициент подвижности почвы;
 f – коэффициент внутреннего трения почвы;
 h_1 – глубина подкапывания, $м$;
 e – число Эйлера.

Из графика видно, что σ_1 в пространстве между лапами экспоненциально приближается к асимптотическому значению, которое, главным образом, определяется размерами пространства между подкапывающими лапами.

Для определения максимального ядрообразующего размера между подкапывающими лапами $B_{\max}$ предложена следующая методика: для исследуемого сечения между кромками лап определяется коэффициент разрушения k_p , представляющий собой отношение наибольшего уплотняющего напряжения σ_1 к напряжению свободного разрушения $\sigma' (Па)$ [5]:

$$k_p = \frac{1}{2m'f} \left(1 - e^{-\frac{2m'f h_1}{B_{\max}}} \right) \quad (3)$$

Затем по результатам испытаний на сдвиг строится график функции разрушения f_p , представляющей собой отношение наибольшего уплотняющего напряжения σ_1 к пределу прочности образца почвы на поверхности уплотняющего ядра $f_c (Па)$.

Величина f_c отражает свойства конкретного вида почвы и определяется аппроксимирующей зависимостью от наибольшего уплотняющего напряжения σ_1 .

Точка пересечения k_p и f_p является характеристикой критического состояния в межжевом пространстве. Ниже нее почва движется, выше – происходит процесс ядрообразования. Это позволяет графически решить задачу определения максимального ядрообразующего размера межжевого пространства и дать характеристику разрушения почвы в таких условиях.

Максимальный размер пространства между подкапывающими лапами $B_{кр}$ определяется по выражению:

$$B_{кр} = \frac{f_c}{g\gamma}. \quad (4)$$

Предлагаемая методика расчета позволяет определить максимальный ядрообразующий размер пространства между подкапывающими лапами на основании сопоставления прочностных характеристик почвы, определенных экспериментально, с расчетными значениями напряжений в почве.

Лобовое сопротивление почвы при поступательном перемещении вибрирующей пластинки в почве определяется следующей зависимостью:

$$S_b = \frac{\gamma_{b.уд.} \cdot a_m \cdot F (\vartheta_n \pm u_1)^2}{2g} \cdot \sin \beta_{откл}, \quad (5)$$

где $\gamma_{b.уд.}$ – удельный объем почвы в процессе вибрации, $м^3$;

a_m – коэффициент, зависящий от формы движущегося тела, $a_m = 1$;

F – проекция площади пластинки на вертикальную плоскость, расположенную под углом $\beta_{откл.}$ к направлению движения;

ϑ_n – поступательная скорость перемещения пластинки в почве, м/с;

u_1 – скорость перемещения почвы, вызванная вибрацией пластинки (знак (–) минус берется при перемещении почвы в направлении, совпадающим с направлением перемещения пластинки при поступательном движении и (+), плюс при перемещении почвы в обратном направлении, м/с).

Силу внутреннего трения почвы, подвергнутой вибрации, определили как разницу общей силы сопротивления и лобового сопротивления:

$$T = (u - u_1) \frac{m}{\Delta t} - \frac{\gamma_{b.уд.} \cdot a_m \cdot F(\vartheta_n \pm u_1)^2}{2g} \cdot \sin \beta_{откл} \quad (6)$$

В поступательном движении пластинки $\omega = 0$ (при равномерно-поступательном движении агрегата), коэффициент внутреннего трения почвы f примет вид:

$$f = \frac{W}{2g} \left[1 - \frac{1}{2} \left(\frac{u_1}{\vartheta_n} \right)^2 \right] + \frac{W_1}{g} \left(\frac{u_1}{\vartheta_n} \pm 1 \right), \quad (7)$$

где W – ускорения вибрирующего рабочего органа, м/с²;

W_1 – ускорения почвы от воздействия вибрирующего органа, м/с².

С увеличением поступательной скорости вибрирующего органа (ϑ_n) коэффициент внутреннего трения будет увеличиваться, а тяговое сопротивление будет уменьшаться.

Следовательно, коэффициент внутреннего трения почвы, находящейся в состоянии вибрации, является переменной величиной по времени и зависит: от W – ускорения вибрирующего рабочего органа; W_1 – ускорения почвы от воздействия вибрирующего органа; отношения скорости перемещения слоя почвы, вызванной вибрацией (u_1) к скорости вибрирующего рабочего органа в поступательном движении (ϑ_n).

Почва, находящаяся в зоне вибрации, претерпевает изменение, вызванное уменьшением коэффициента внутреннего трения почвы. В силу того, что коэффициент внутреннего трения почвы при вибрации является величиной, зависящей от режима вибрации, то и коэффициент трения движущейся вибрационной подкапывающей лапы о почву зависит от параметров колебательного движения рабочего органа.

Безусловно, интенсивность технологического процесса нарушения связи моркови с почвой будет напрямую зависеть от частоты вибрации и от величины амплитуды колебания подкапывающей лапы.

Заключение

В результате проведенных исследований установлены основные конструктивные параметры подкапывающих рабочих органов комбайна для уборки моркови, обеспечивающих стабильную и качественную их работу при наименьших затратах энергии:

радиус направляющей лапы $R_{кр} = 0,22$ м; вылет направляющей лапы $L_{кр} = 0,026$ м; высота направляющей лапы $h_{кр} = 0,10$ м; частота колебания – от 600 мин⁻¹ до 2100 мин⁻¹; амплитуда колебания – от 0,006 м до 0,015 м с интервалом 0,003 м. Установлено, что максимальное снижение потребной мощности наблюдается при частоте колебаний 35 с⁻¹, амплитуде колебаний – 0,006 м, скорости движения – 0,38 м/с и составляет 1,03 кВт.

Экономия средств за счет снижения потерь корнеплодов моркови при применении противофазно вибрирующих лап составила 89,96 руб./га, годовой приведенный экономический эффект на одну машину составил 34834,44 руб., годовая экономия себестоимости механизированных работ – 18986,28 руб., срок окупаемости полных капитальных вложений – 5 лет.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сельское хозяйство Республики Беларусь: стат. сб. / Национальный статистический комитет Республики Беларусь. – Минск. – № 12. – С. 21-23.
2. Рапинчук, А.Л. Обоснование схемы морковуборочной машины / А.Л. Рапинчук, Д.И. Комлач, В.В. Голдыбан, И.А. Барановский // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механиз. сельского хоз-ва». – Минск, 2012. – Вып. 46. – С. 149-155.
3. Подкапывающее устройство для корнеплодуборочных машин: пат. 10192 Респ. Беларусь, МПК А 01 D 25/04 / И.А. Барановский, Д.И. Комлач, А.Л. Рапинчук, В.Н. Полобок; заяв. РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – № u20130803; заявл. 08.10.2013; опубл. 15.04.2014. // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2014. – № 4. – С. 174.
4. Барановский, И.А. Обоснование формы подкапывающих рабочих органов корнеклубнеуборочных машин / И.А. Барановский // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2015. – Вып. 49. – С. 76-81.
5. Барановский, И.А. Физическая сущность процесса рыхления грунтов симметричными лапами / И.А. Барановский, В.В. Голдыбан // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механиз. сельского хоз-ва». – Минск, 2014. – Вып. 48. – Т. 1. – С. 82-87.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 15.06.2018

УДК 631.95:614.87

ВЫБОР ПАХОТНОГО АГРЕГАТА

Г.Ф. Добыш,

доцент каф. инновационного развития АПК Института повышения квалификации и переподготовки кадров АПК БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

Н.Н. Быков,

доцент каф. инновационного развития АПК Института повышения квалификации и переподготовки кадров АПК БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

В статье дан сравнительный анализ удельных затрат энергии и денежных средств пахотных агрегатов с плугами для загонной вспашки и оборотными плугами.

Ключевые слова: вспашка, плуги оборотные, загонные плуги, производительность, затраты.

The article provides a comparative analysis of the specific energy and cash costs of arable units with plows for driven plowing and reversible plows.

Key words: plowing, reversible plows, pen plows, productivity, costs.

Введение

Одной из наиболее энергоемких операций при возделывании сельскохозяйственных культур является вспашка.

В настоящее время, кроме довольно значительных затрат энергии на непосредственное выполнение технологического процесса вспашки (оборот, крошение пласта и заделка пожнивных остатков и сорняков), возникают дополнительные затраты на холостые повороты в конце загона, переезды от машинного двора на поле, а также внутрисменные переезды.

В связи с применением оборотных плугов значительно возрастают дополнительные затраты на перемещение большей массы оборотных плугов по сравнению с загонными, поэтому желательно сравнить денежные затраты на обработку поля различными видами агрегатов.

Основная часть

Затраты энергии и денежных средств на вспашку составляют до 50 % общих затрат на возделывание сельскохозяйственных культур.

В настоящее время пахотные работы осуществляются, в основном, агрегатами с оборотными плугами, что упрощает организацию пахотных работ (нет необходимости в разбивке поля на загоны) и улучшает качество вспашки (отсутствуют свальные гребни и развалы борозды). Однако при этом усложняется конструкция и стоимость оборотного плуга, из-за увеличенного веса возрастают затраты на перемещение плуга по полю и при холостых переездах, увеличивается число отказов из-за усложненной конструкции плуга.

При вспашке поля обычным загонным плугом с чередованием загонов «в свал и в развал» необходима точная разбивка поля на загоны и последующая разделка свальных гребней, заделка развалных борозд. При наличии навигационных систем эта задача значительно упрощается.

Производительность агрегата можно рассчитать по выражению [1, 2, 3]:

$$W_{cm} = 0,1 B_p v_p T_{cm} \tau_{cm}, \quad (1)$$

где B_p – рабочая ширина захвата агрегата, м;
 v_p – рабочая скорость движения агрегата, км/ч;
 T_{cm} – время смены, ч;
 τ_{cm} – коэффициент использования времени смены.
Рабочая ширина захвата агрегата

$$B_p = e_k n \beta,$$

где e_k – конструктивная ширина захвата одной машины или одного корпуса плуга, м;

n – число корпусов или машин в агрегате, шт;

β – коэффициент использования конструктивной ширины захвата ($\beta = 1$ – на посеве, посадке и междурядной обработке сельскохозяйственных культур; $\beta = 0,95-0,98$ – на бронировании, дисковании, культивации, кошении, прямом комбайнировании, ворошении, сгребании трав и т.п.; $\beta = 1,03-1,07$ – на вспашке).

Рабочая скорость движения (v_p , м/с) ограничивается агротехническими требованиями (v_a), пропускной способностью рабочих органов машины (v_p^{nc}) или мощностью двигателя (v_p^{Na}). На энергоемких пахотных работах рабочая скорость чаще всего ограничивается мощностью двигателя трактора:

$$v_p^{Na} = \frac{(N_e^{H} \eta_{ue} - N_{вом} / \eta_{мом}) \eta_{мг} \eta_{б}}{R_a + G_{mp} (f_{mp} + i / 100)}, \quad (2)$$

где N_e^{H} – номинальная мощность двигателя трактора, кВт;

η_{ue} – коэффициент использования номинальной мощности (зависит от степени неравномерности тягового сопротивления машины $\eta_{ue} = 0,94-0,98$);

$N_{вом}$ – мощность, передаваемая через вал отбора мощности трактора, кВт;

$\eta_{мом}$ – КПД привода вала отбора мощности;

$\eta_{мг}$ – механический КПД трансмиссии трактора;

$\eta_{б}$ – КПД буксования ходовых колес трактора;

R_a – тяговое сопротивление прицепной машины, кН;
 G_{mp} – вес трактора, кН;
 f_{mp} – коэффициент сопротивления перекачиванию трактора;
 i – уклон местности, %.

Коэффициент использования времени смены представляет собой отношение времени чистой работы T_p (времени непосредственного выполнения технологического процесса) к общему времени смены $T_{см}$.

$$\tau_{см} = \frac{T_p}{T_p + T_{пз} + T_{обс} + T_{вс} + T_{олн}} \quad (3)$$

Подготовительно-заключительное время $T_{пз}$

$$T_{пз} = T_{ТУТР} + T_{ТУСМ} + T_{пн} + T_{пе} + T_{пН} \quad (4)$$

где $T_{ТУТР}$ – время проведения ЕТО трактора, ч;

$T_{ТУСМ}$ – время проведения ЕТО сельскохозяйственных машин, ч;

$T_{пн}$ – время подготовки агрегата к переезду и к работе после переезда, ч;

$T_{пе}$ – время на переезды агрегата к месту работы и обратно, ч;

$T_{пН}$ – время на получение наряда и заключительную работу (сдача смены, остановка трактора и т.д.), ч.

Время организационно-технического обслуживания $T_{обс}$

$$T_{обс} = T_{оч} + T_{кач} + T_{рег} + T_{муз} \quad (5)$$

где $T_{оч}$ – время на очистку рабочих органов и устранение технологических отказов, ч;

$T_{кач}$ – время на проверку качества работы, ч;

$T_{рег}$ – время на технологические регулировки, ч;

$T_{муз}$ – время на техническое обслуживание машин в загоне, ч;

Вспомогательное время $T_{вс}$

$$T_{вс} = T_n + T_{то} + T_{хх} \quad (6)$$

где T_n – время на повороты и заезды в загон, ч;

$T_{то}$ – время технологического обслуживания агрегата (загрузка семян, удобрений, ядохимикатов, выгрузка убираемой продукции, смена транспортных средств и т.п.), ч;

$T_{хх}$ – внутрисменные переезды с участка на участок (включая подготовку к переезду и подготовку агрегата к работе после переезда), ч;

$T_{олн}$ – время регламентированных перерывов на отдых (10-15 мин) и личные надобности (10 мин).

Проведем расчеты производительности и затрат на вспашку 40 га (500*800 м) агрегатами с полувесными плугами:

Беларус 3022 + ППН-8-30/50 – для загонной вспашки;

Беларус 3022 + ППО-9-30/45 – с оборотным плугом.

$$\nu_p = \frac{N_{ен} \eta_{е} \eta_{\delta} \eta_{МГ}}{R_{пл} + G_{ТР} f_{ТР}}$$

Тяговое сопротивление плуга

$$R_{пл} = k_o B_p a + G_{пл} f_{пл} \quad (7)$$

где k_o – удельное тяговое сопротивление плуга, кН/м² ($k_o = 40$ кН/м² – для стерни озимых среднесуглинистых дерново-подзолистых почв);

a – глубина вспашки, м ($a = 0,22$ м);

$G_{пл}$ – вес плуга, кН;

$f_{пл}$ – коэффициент сопротивления качению ходовых колес сельскохозяйственной машины ($f_{пл} = 0,1$ для стерни озимых осенью).

$$\text{Время чистой работы } T_p = \frac{F}{W_T} \quad (8)$$

где F – площадь участка (поля), га;

W_T – техническая производительность агрегата, га/ч.

Время поворотов в конце загона

$$T_n = \frac{l_x}{\nu_p} \quad (9)$$

(для плуга ППН-8-30/50 способ движения – с чередованием загонов в свал и в развал, беспетлевой с поворотом на 90°; для плуга ППО-9-30/45 способ движения челночный, все повороты петлевые), ч.

Для грушевидного петлевого поворота на 180° длина поворота l_k будет равна:

$$l_x = (6,6 - 8,0) R_0 + 2e \quad (10)$$

где R_0 – минимальный радиус поворота, м (для агрегатов с большой кинематической длиной равен ее длине);

e – длина выезда агрегата – путь, пройденный с момента выключения (включения) рабочих органов машин до полного выхода (входа) при поворотах агрегата (для прицепных и полуприцепных агрегатов $e = (0,25-0,75) l_k$).

Кинематическая длина агрегата l_k – проекция расстояния от его центра до линии расположения последних рабочих органов

$$l_k = l_{ТР} + l_{сц} + l_M \quad (11)$$

где $l_{ТР}$, $l_{сц}$, l_M – кинематическая длина трактора, сцепки и машины соответственно, м.

Ширина поворотной полосы

$$E = 2,8 R_0 + 0,5 d_k + e$$

Учитывая кинематические характеристики агрегата, можно отметить, что:

– для полуприцепного плуга для загонной вспашки (ППН-8-30/50) на каждом загоне будут два поворота грушевидные (по одному с каждой стороны поля), а остальные повороты – беспетлевые с прямолинейным участком;

– для оборотного плуга (ППО-9-30/45) все повороты – петлевые грушевидные;

– число проходов = 30 для загонного плуга и для оборотного плуга.

Общее время холостых поворотов на участке площадью 40 га (при $\nu_x = \nu_p$)

$$T_n = \frac{l_{хобц}}{\nu_p}$$

Время чистой работы (непосредственного выполнения технологического процесса)

$$T_p = \frac{L_p}{v_p} n_{px} = \frac{L_r - 2E}{v_p} n_{px}, \quad (12)$$

где L_p – рабочая длина гона, м;

L_r – длина гона, м;

E – ширина поворотной полосы, м;

n_{px} – число рабочих ходов на участке.

Время переездов на поле и обратно (примем $L_{пе} = 5$ км, средняя скорость переездов – 15 км/ч)

$$T_{пе} = \frac{2L_{пе}}{v_{пе}}. \quad (13)$$

С учетом приведенных данных фактическая производительность пахотных агрегатов за 1 час сменного времени (без учета обработки поворотных полос)

$$W_{см} = 0,1 B_p v_p \tau_{см}$$

Затраты мощности трактора на обработку всего участка ($F = 40$ га)

$$N_e = N_p + N_x + N_{пе}, \text{ в том числе:}$$

на рабочем ходу:

$$N_p = R_{пл} v_p T_p;$$

на поворотах:

$$N_x = (G_{тр} f_{тр} + G_{пл} f_{пл}) v_x T_n;$$

на переездах:

$$N_{пе} = (G_{тр} f_{тр} + G_{пл} f_{пл}) v_{пе} T_{пе}$$

Общие затраты эффективной мощности на обработку участка ($F = 40$ га)

$$N_e = \frac{N_p + N_x + N_{пе}}{\eta_{мг}};$$

Общий расход топлива

$$G_m = N_e g_e, \quad (14)$$

где g_e – удельный расход топлива (0,24 кг/кВт·ч).

Прямые эксплуатационные затраты на работу агрегата

$$S_э = \frac{S_{зн} + S_a + S_{ТОР}}{W_q} + S_{ГСМ}, \quad (15)$$

где $S_{зн}$ – заработная плата механизатора, руб/ч;

$S_{ГСМ}$ – затраты на ГСМ, руб;

$S_a, S_{ТОР}$ – отчисления на амортизацию и техническое обслуживание и ремонт:

$$S_a = \frac{B_m a_{ам}}{100 T_{эм}} + \frac{B_{пл} a_{ам}}{100 T_{эм}}, \quad (16)$$

где $B_m, B_{пл}$ – балансовая стоимость трактора и плуга, соответственно, руб;

$a_{ам}, a_{ам}$ – амортизационные отчисления трактора и плуга, %;

$T_{эм}, T_{эм}$ – среднегодовая загрузка трактора и плуга, ч.

Затраты труда, чел./ч·га

$$Z_m = (m+n)/W_{см}, \quad (17)$$

где m, n – число механизаторов и вспомогательных рабочих, обслуживающих агрегат.

Удельная металлоемкость, т/га

$$M = (M_{мп} + M_{пл}) / (W_{см} * T_{эм}), \quad (18)$$

где $M_{мп}$ – масса трактора, кг;

$M_{пл}$ – масса плуга, кг;

$T_{эм}$ – годовая загрузка машины, ч.

Годовой экономический эффект на один пахотный агрегат (по прямым эксплуатационным затратам)

$$\Theta = (S_{э2} - S_{э1}) * F \quad (19)$$

Все исходные данные и результаты расчетов представлены в таблице 1.

Таблица 1. Исходные данные и результаты расчета производительности МТА с трактором Беларус 3022 ДЦ-1

	Плуг для загонной вспашки ППН-8-30/50	Оборотный плуг ППО-9-30/45
1. Исходные данные		
N_e^H , кВт	223	223
N_e^P , кВт	211,85	211,85
η_b	0,9	0,9
$\eta_{мг}$	0,8	0,8
k_0 , кН/м ²	40	40
a , м	0,22	0,22
$L \cdot B \cdot H$, м	9,56 x 4,12 x 1,58	14,5 x 4,12 x 1,73
$G_{пл}$, кН	25	71
$f_{пл}$	0,1	0,1
$B_{р,м}$	4,2	4,2
$M_{мп}$, кг	11100	11100
$M_{пл}$, кг	2500	7100
T_p , ч	4,29	4,67
t_m , м	2,96	2,96
$t_{м1}$, м	9,56	14,5
$t_{к1}$, м	12,52	17,46
$d_{к1}$, м	4,12	4,12
$R_{о2}$, м	10	14
e , м	6,3	8,7
$T_{му}$, ч	0,6	0,6
$T_{му ссм}$, ч	0,2	0,2
$T_{пн}$, ч	0,08	0,08
$T_{пн1}$, ч	0,1	0,1
$T_{обс}$, ч	0,3	0,3
$T_{вс1}$, ч	0	0
$T_{олн}$, ч	0,4	0,4
$S_{зн}$, руб/ч	5	5
$C_{есм}$, руб/л	1,29	1,29
B_m , тыс. руб	221,2032	221,2032
$B_{пл}$, тыс. руб	10,78488	36,84492
$a_m, a_{тор м}$, %	10	10
$a_m, a_{тор м}$, %	14,3	14,3
$T_{эм}$, ч	1000	1000
$T_{эм}$, ч	150	150
2 Расчетные показатели		
$R_{пл}$, кН	2,5	7,1
$R_{пл}$, кН	39,46	44,06
v_p , м/с	3,1 (11,1 км/ч)	2,83 (10,2 км/ч)
W_T , га/ч	4,66	4,28
l_x , м	66,3 (87,1)	92,7
$l_{x ср}$, м	87,1 – беспетлевой 85,3 – петлевой	119,6 – петл
E , м	28,3	50,5
$l_{x общ}$, м	2522	3588

Продолжение таблицы 1

	Плуг для загонной вспашки ППН-8-30/50	Оборотный плуг ППО-9- 30/45
$T_{пе}, ч$	0,7	0,7
$T_p, ч$	7,7	8,25
$T_n, ч$	0,9	1,4
$W_{см}, га/ч$	3,26	2,95
$\tau_{см}$	0,7	0,69
$N_p, кВт*ч$	942	1029
$N_x, кВт*ч$	32,22	58,52
$N_{пе}, кВт*ч$	24,25	31,02
$N_e, кВт*ч$	1248	1395
$G_m, кг$	300	335
$З_m, чел*ч/га$	0,30	0,33
$M, кг/га$	27,8	37,2
$S_э, руб/га$	32,44	52,89 (в 1,63 раза выше)
$Э, руб./год$	10 000	

Заключение

1. При использовании пахотных агрегатов на базе плугов для загонной вспашки необходима точная разбивка поля на загоны, дополнительная настройка или привлечение других агрегатов для распашки свальных гребней и заделки развальных борозд.
2. Пахотные агрегаты с использованием оборотных плугов позволяют получить гладкую вспашку при упрощенной схеме движения (все повороты – петлевые).
3. Агрегаты с полуприцепными оборотными плугами затрачивают больше времени на повороты в конце загона (из-за большой кинематической длины) и больше энергии на передвижение плуга на рабочем и холостом ходу (из-за большей массы оборотного плуга), в результате чего прямые эксплуатационные затраты в 1,63 раза выше, чем у агрегата с загонным плугом.
4. Использование оборотных навесных плугов более эффективно, так как в этом случае значительно сокращается длина и время поворотов в конце загона.
5. Плуги для загонной вспашки желательно использовать на прямоугольных полях большой площади

ди (особенно при использовании GPS-технологий), а оборотные плуги – в навесном варианте на небольших полях неправильной конфигурации.

6. Выбор состава и параметров пахотных агрегатов следует производить по экономическому критерию (прямым эксплуатационным затратам на единицу обрабатываемой площади) с учетом качества работы.

7. Учитывая высокую энергоемкость пахотных работ, вспашку следует постепенно заменять поверхностной или «нулевой» обработкой.

8. При возможности, необходимо практиковать пахотные агрегаты типа «пуш-пул» с использованием передней и задней навески трактора.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коженкова, К.И. Технология механизированных работ: учеб. пособие / К.И. Коженкова, Ю.В. Будзько, Г.Ф. Добыш. – Минск: Ураджай, 1988. – 375 с.
2. Эксплуатация сельскохозяйственной техники: учебник / Ю.В. Будзько [и др.]. – Минск: Беларусь, 2006. – 510 с.
3. Эксплуатация машинно-тракторного парка: учеб. пособие / А.П. Ляхов [и др.]. – Минск: Ураджай, 1991. – 336 с.
4. Типовые нормы выработки и расхода топлива на механизированные полевые работы в сельском хозяйстве: ч. 1 / разраб. С.В. Соус [и др.]. – Барановичи: Барановичская укрупненная типография, 2007. – 160 с.
5. Типовые нормы выработки и расхода топлива на механизированные и транспортные работы в сельском хозяйстве / Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, ГУ «Республиканский нормативно-исследовательский центр». – Минск: Красная звезда, 2017. – 755 с.
6. Протоколы испытаний пахотных агрегатов на Белорусской МИС.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 27.12.2017

Счетчик газа ультразвуковой СГУ001 типоразмеров G16-G25

Предназначены для измерения объемного расхода горючего газа по ГОСТ 5542-87 или паров сжиженного углеводородного газа по ГОСТ 20448-90 с приведением измеренного объема газа к нормальным условиям, т.е. к температуре газа 20 °С и плотности 0,72 кг/м³ с отображением информации об объеме израсходованного газа на табло счетчика с возможностью передачи информации в централизованную систему учета.



Основные технические данные

Рабочий диапазон температур, °С	от - 30 до + 50
Рабочий диапазон расхода газа, м³/час	от 0,16 до 40
Основная относительная погрешность, не более, %	± 3
Порог чувствительности, не более, м³/час	0,05
Наибольшее избыточное рабочее давление газа, кПа	100
Число разрядов индикаторного табло счетчика	8
Дополнительная относительная погрешность при изменении температуры окружающей среды от - 30 до +50 °С, не более	0,01% на 1 °С

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ, ЗАТРАЧИВАЕМОЙ НА ПЕРЕМЕШИВАНИЕ ЖИДКОГО НАВОЗА

И.М. Швед,

ст. преподаватель каф. технологий и механизации животноводства БГАТУ

Перевод животноводства на промышленную основу выявил ряд проблем. Основными из них являются: оптимальный размер комплексов, соответствующий объему кормопроизводства; утилизация отходов, влияющая на объем капитальных вложений; воздействие на окружающую среду, а, следовательно, и на многие социальные, экономические и экологические аспекты. Во время хранения жидкий навоз необходимо перемешивать. Основным оборудованием, применяемым для перемешивания жидкого навоза в навозохранилищах, являются миксеры. Анализ существующих миксеров установил, что до настоящего времени ни у нас в стране, ни за рубежом нет обоснования их рациональных параметров и режимов работы. В статье рассматривается вопрос по определению мощности, затрачиваемой на перемешивание жидкого навоза в навозохранилищах.

Ключевые слова: миксер, лопасть, мешалка, перемешивание, мощность, навоз, навозохранилище.

The transfer of livestock to the industrial base has revealed a number of problems. The main of them are: the optimal size of the complexes corresponding to the volume of fodder production; waste utilization affecting the volume of capital investments; impact on the environment and therefore on many social, economic and environmental aspects. During storage liquid manure must be mixed. The main equipment used to mix liquid manure in manure stores are mixers. The analysis of existing mixers has established that up to the present time neither in our country nor abroad there is a substantiation of their rational parameters and operating modes. The article deals with the issue of determining the power used for mixing liquid manure in manure stores.

Key words: mixer, vane, agitator, mixing, power, manure, manure storage.

Введение

Проблема переработки и утилизации навозных стоков животных сельскохозяйственных предприятий Беларуси существует давно. Ежегодно требуется очистить и переработать около 70 млн т отходов, в том числе на свиноводческих комплексах – около 5 млн т.

Большинство действующих животноводческих комплексов страны введено в эксплуатацию 25-30 лет назад. Их системы очистки отходов давно устарели и не соответствуют современным экологическим нормам. По приблизительной оценке, почти 30 % всех отечественных птицефабрик не имеют системы очистки пометных стоков. Анаэробная переработка навозных стоков и помета в навозохранилищах позволяет очищать их без привлечения внешних источников энергии. [1-3].

При накоплении и хранении жидкого навоза требуются большие емкости для его хранения. Естественной энергии земли вполне достаточно, чтобы противостоять высоким и низким температурным перепадам внешней среды и стабильно поддерживать режим консервации навозной массы на протяжении всего года, этому способствует и пористость коркового слоя [4-6].

Главной причиной ограниченного применения цехов по переработке жидкого навоза в Республике Беларусь являются большие энергозатраты на технологические нужды оборудования. Основные энергозатраты возникают в емкости, где хранится навозная

масса, так как перед подачей в цеха по переработке ее необходимо перемешать до однородного состояния.

Основным оборудованием, применяемым для перемешивания жидкого навоза в навозохранилищах, являются миксеры.

Анализ известных конструкций миксеров установил, что до настоящего времени отсутствуют обоснования рациональных параметров их рабочих органов и режимов работы. Поэтому поиск решений этих задач, обеспечивающих снижение эксплуатационных расходов и энергозатрат на технологический процесс перемешивания жидкого навоза и повышение степени однородности перемешивания перед его дальнейшим использованием, является актуальным.

Цель работы – определение мощности, затрачиваемой миксером на перемешивание жидкого навоза.

Основная часть

Миксеры предназначены для перемешивания жидкого навоза в навозохранилище для достижения однородной консистенции. Это позволяет сохранить необходимый для роста растений азот. Основным рабочим органом в миксере является мешалка.

Выбор и сравнительная характеристика различных мешалок обусловлены целью перемешивания, объемом аппарата, физико-химическими свойствами компонентов системы, нормами технологического процесса и экономическими показателями. Анализ известных видов мешалок показал, что для переме-

шивания навоза применяются преимущественно лопастные или винтовые мешалки.

Лопастные мешалки состоят из двух или более лопастей прямоугольного сечения, закрепленных на вращающемся валу. К лопастным мешалкам относят также якорные, рамные и листовые мешалки. Основные достоинства лопастных мешалок – простота устройства и невысокая стоимость.

К недостаткам лопастных мешалок следует отнести невозможность перемешивания жидких сред с большой вязкостью, а также создания малых осевых скоростей, что приводит к снижению способности миксера к разрушению уплотненных слоев навозной массы [7].

Винтовые и трехлопастные мешалки выполняют в форме лопастей, изогнутыми по профилю гребного винта или установленные наклонно к плоскости вращения. К достоинствам винтовых мешалок следует отнести меньшую требуемую мощность, чем у мешалок других типов, а также высокую скорость вращения. Винтовые мешалки создают преимущественно осевые потоки и, как следствие, большие осевые скорости, что является необходимым условием для разрушения уплотненной массы жидкого навоза и выполнения его гомогенизации в больших объемах [7].

Данные виды мешалок применяются на различного вида миксерах, используемых в навозохранилищах. Миксеры, применяемые для перемешивания жидкого навоза, бывают наклонные и погружные.

Наклонный миксер (рис. 1) разработан для работы в агрессивных условиях внутри навозохранилища. Рабочим органом миксера является двухлопастная и трехлопастная мешалка. Сам миксер монтируется с внешней стороны стены хранилища. Миксер поддерживается при помощи двух верхних реек, либо опционально на реечной передаче, что позволяет устанавливать любой угол наклона [6, 8].

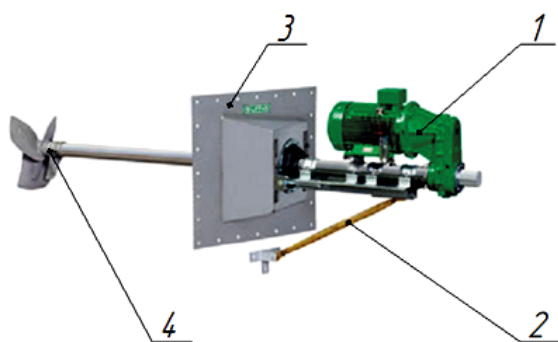


Рис. 1. Наклонный миксер:

1 – электродвигатель; 2 – механизм поворота миксера; 3 – кронштейн крепления к стенке хранилища; 4 – трехлопастная мешалка

Существенным недостатком такого миксера является то, что затруднено перемешивание бродильной массы на большой высоте навозохранилища вследствие небольших скоростей потока навозной массы.

Погружной миксер (рис. 2), применяемый для перемешивания жидкого навоза, состоит из электропривода, вала, на котором закреплена мешалка.

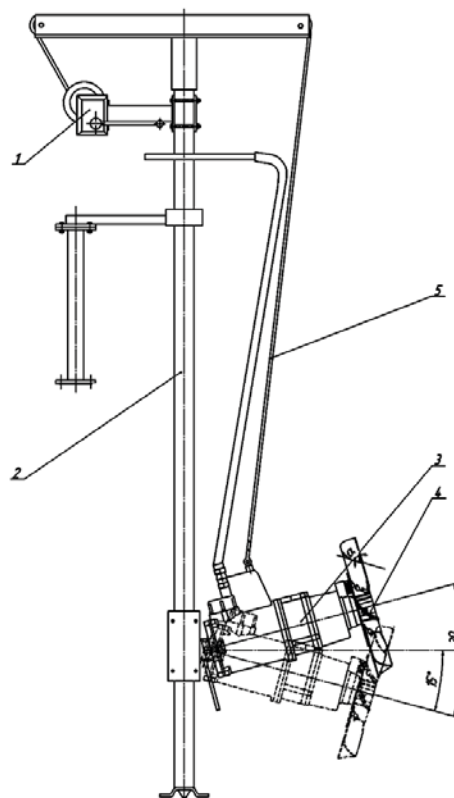


Рис. 2. Миксер для перемешивания жидкого навоза: 1 – лебедка; 2 – стойка; 3 – миксер; 4 – мешалка; 5 – трос

Миксер устанавливается на стойку с помощью крепления двигателя для регулировки высоты устройства. Благодаря роликовым направляющим, миксер может плавно погружаться и подниматься, что дает возможность проводить процесс перемешивания жидкого навоза на верхних уровнях навозохранилища. На конце вала миксера установлена двухлопастная или трехлопастная мешалка.

Недостатком миксера является то, что с увеличением диаметра навозохранилища снижается его перемешивающая способность в периферийных зонах, вследствие снижения скорости потока навозной массы, что требует установки дополнительных миксеров. Так, при диаметре хранилища свыше 15 м необходимо устанавливать не менее двух миксеров, а при диаметре навозохранилища 30 м устанавливаются 3 миксера, что увеличивает энергоемкость процесса перемешивания жидкого навоза [9, 10].

Работает миксер следующим образом. При погружении миксера в массу жидкого навоза, включается электропривод, передающий вращение на вал с мешалкой, которая создает вихревые потоки навозной массы, перемешивая ее до однородного состояния. Чтобы перемешать навозную массу на разных уровнях,

в процессе работы миксер поворачивают относительно вертикальной плоскости при помощи лебедки.

В процессе перемешивания жидкого навоза в навозохранилище миксером образовывается турбулентный режим, что приводит к увеличению мощности, затрачиваемой на перемешивание жидкого навоза в навозохранилище, которую можно определить по формуле:

$$N_d = N_1 + N_2, \quad (1)$$

где N_1 – мощность, затрачиваемая на преодоление сопротивления лопастей мешалки миксера в среде навозной массы, Вт;

N_2 – мощность, затрачиваемая на перемещение навозной массы лопастями мешалки миксера, Вт.

Мощность N_1 определим в общем виде по формуле:

$$N_1 = N_m + N_{xx}, \quad (2)$$

где N_m – мощность, затрачиваемая на привод миксера, Вт;

N_{xx} – мощность, затрачиваемая на холостой ход миксера, Вт.

Мощность, затрачиваемую на привод миксера, можно определить по формуле [11, 12]:

$$N_m = M\omega, \quad (3)$$

где M – момент сопротивления при движении рабочего органа в массе жидкого навоза, Н·м;

ω – частота вращения мешалки, с⁻¹.

Формула потребной мощности на привод мешалки была бы справедлива при условии работы миксера стационарно на одном месте, что неприменимо в нашем случае, так как для разрушения донных илистых отложений и поверхностной корки миксер перемещают вверх и вниз вертикально по стойке, на которой он закреплен. При этом при перемещении вниз, нагрузка на мешалку миксера будет увеличена, так как давление жидкого навоза на верхнем уровне расположения миксера меньше, чем на нижнем, потому что на работу мешалки будет влиять давление хранящейся навозной массы. Поэтому в предложенную формулу потребной мощности на привод мешалки введем поправочный коэффициент погружения миксера k_{Π} . За время хранения жидкого навоза уровень донного илистого осадка достигает 20-25 %, а поверхностной корки – 10-15 % общей глубины навозохранилища [1]. Для разрушения верхнего и нижнего слоев жидкого навоза миксер располагают в среднем слое с жидкой фракцией.

Тогда формула по определению потребной мощности на привод мешалки миксера примет вид:

$$N_m = k_{\Pi} M\omega. \quad (4)$$

Момент сопротивления при движении рабочего органа в массе жидкого навоза можно определить из выражения:

$$M = Fk_{\Pi}z, \quad (5)$$

где F – сила, приложенная лопастями мешалки на массу жидкого навоза, Н;

k_{Π} – расстояние от оси вращения вала до геометрического центра лопастей мешалки миксера ($k_{\Pi}=r/2$), м;

z – число лопастей на мешалке, шт.

Сила, приложенная лопастями мешалки на массу жидкого навоза, будет определяться разностью силы, затраченной на движение жидкости мешалкой $F_{\text{дв}}$, и силы трения жидкости о поверхность лопастей мешалки $F_{\text{тр}}$, т.е

$$F = F_{\text{дв}} - F_{\text{тр}}. \quad (6)$$

При работе миксера лопасти мешалки воздействуют на массу жидкого навоза. Силу, затраченную на движение жидкости мешалкой, можно определить с учетом геометрических параметров мешалки, а также физико-механических свойств жидкого навоза, в общем виде по формуле:

$$F_{\text{дв}} = m\omega^2 r + mg, \quad (7)$$

где m – масса жидкого навоза, захватываемая мешалкой, кг;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

r – радиус мешалки миксера, м.

Силу трения частиц жидкости о поверхность лопасти мешалки можно определить по формуле:

$$F_{\text{тр}} = fF_{\text{дв}}, \quad (8)$$

где f – коэффициент трения жидкого навоза о поверхность лопасти мешалки.

Преобразуем формулу (6) полученными выражениями (7) и (8), тогда сила, приложенная лопастями мешалки на массу жидкого навоза, определится из выражения:

$$F = (1 - f)(m\omega^2 r + mg). \quad (9)$$

Подставив полученное выражение (9) в формулу (5), определим момент сопротивления при движении рабочего органа в среде жидкого навоза:

$$M = (1 - f)(m\omega^2 r + mg)k_{\Pi}z. \quad (10)$$

Преобразуем начальную формулу (4) для определения мощности, затрачиваемой на привод миксера, выразив M полученным выражением (10). Тогда, с учетом формулы (10), N_m можно определить из следующего выражения:

$$N_m = (1 - f)(m\omega^2 r + mg)k_{\Pi}k_{\Pi}z\omega. \quad (11)$$

Мощность, затрачиваемая на холостой ход миксера, как правило, не превышает 30 % от потребной мощности на привод мешалки N_m , поэтому принимаем $N_{xx} = 0,3 N_m$. Тогда уравнение (2) примет вид:

$$N_1 = 1,3 N_m. \quad (12)$$

Мощность, затрачиваемая на преодоление сопротивления лопастей мешалки миксера в навозной массе, определяется из выражения:

$$N_1 = 1,3(1-f)(m\omega^2 r + mg)k_{\text{п}}k_{\text{л}}z\omega. \quad (13)$$

Мешалка миксера расположена, как правило, в вертикальной плоскости. Рассмотрим движение крайней точки A частицы жидкого навоза (рис. 3, а), находящейся в начальный момент в положении A_0 по плоскости.

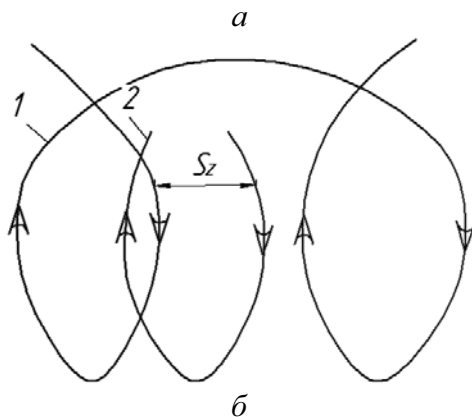
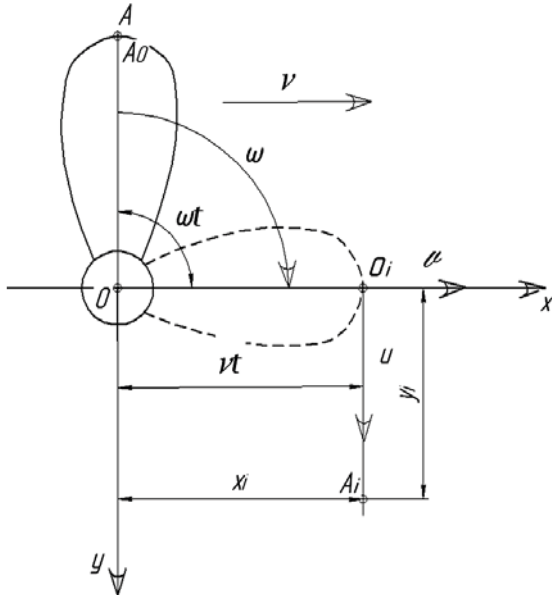


Рис. 3. Траектория движения частицы жидкого навоза при перемешивании: а – схема к определению уравнений движения; б – траектория движения частицы жидкого навоза при перемешивании

Через некоторое время t частица жидкого навоза переместится в положение O_i , пройдя путь vt . При этом лопасть мешалки повернется на угол ωt , где v – поступательная скорость частицы жидкого навоза, м/с. В результате точка A переместится из положения A_0 в A_i и ее координаты будут определяться уравнениями:

$$x_i = vt \pm r \cos(\omega t); y_i = r \sin(\omega t). \quad (14)$$

Уравнения (14) определяют траекторию абсолютного движения точки A в параметрической форме. Эта траектория представляет собой циклоиду. Геометрическая форма циклоиды зависит от показателя кинематического режима:

$$\lambda = \frac{u}{v}, \quad (15)$$

где u – окружная скорость точки A , м/с.

Приняв $\omega t = \varphi$, $u = \omega r$, получим:

$$t = \frac{\varphi}{\omega}, \text{ или } t = \frac{\varphi r}{u}. \quad (16)$$

Подставив в уравнения (14) вместо t и ωt выражения $\frac{\varphi r}{u}$ и φ и заменив $\frac{u}{v}$ через λ , координаты перемещения частицы навоза по лопасти будут определяться уравнениями:

$$x_i = r \left(\frac{\varphi}{\lambda} \pm \cos \varphi \right); y_i = r \sin \varphi. \quad (17)$$

При вращении мешалки значение $\lambda > 1$ и траектория частицы жидкости имеет форму удлинненной циклоиды (рис. 3, б). Так как на удалении от внешних кромок лопастей мешалки окружная скорость постепенно затухает, поступательная скорость на некотором расстоянии x_i будет расти за счет движущей (толкающей) силы, создаваемой мешалкой.

Величина подачи жидкого навоза мешалкой прямо пропорциональна поступательной скорости v : чем больше поступательная скорость, тем больше и подача. На мешалке закрепляются две лопасти и более, следовательно, одноименные частицы жидкого навоза, захватываемые другими лопастями, описывают одинаковые циклоиды, но смещенные вперед по ходу движения частицы жидкого навоза. Так, если частица жидкого навоза описывает траекторию 1 (рис. 3, б), то траектория 2 последующей частицы жидкого навоза будет смещена в горизонтальной плоскости на величину S_z , называемой подачей:

$$S_z = vt_z, \quad (18)$$

где t_z – время, за которое последующая лопасть мешалки в относительном движении займет положение предыдущей, т.е. повернется на угол, равный центральному углу между ними, с.

Чем больше лопастей на мешалке, тем меньше это время, следовательно:

$$t_z = \frac{t_{\text{об}}}{z}, \quad (19)$$

где $t_{\text{об}}$ – время, за которое мешалка повернется на один оборот, с.

Время одного оборота можно определить по формуле:

$$t_{\text{об}} = \frac{2\pi}{\omega}. \quad (20)$$

Тогда время, за которое последующая лопасть мешалки займет положение предыдущей, определится из выражения:

$$t_z = \frac{2\pi}{\omega z}. \quad (21)$$

Подставив выражение (21) в формулу (18), получим:

$$S_z = \frac{2\pi v}{\omega z}. \quad (22)$$

Поступательная скорость частицы жидкого навоза определяется по формуле:

$$v = \sqrt{u^2 + v^2}, \quad (23)$$

где v – осевая скорость жидкого навоза, м/с;
 u – окружная скорость жидкого навоза, м/с.

Осевая скорость частицы жидкого навоза определяется по формуле:

$$v = H\omega \cos^2 \delta, \quad (24)$$

где H – шаг установки лопастей мешалки, м;
 δ – угол подъема винтовой линии лопастей мешалки, град.

Шаг установки лопастей определяется из выражения:

$$H = \frac{\pi d}{z}, \quad (25)$$

где d – диаметр мешалки миксера, м;
 z – количество лопастей мешалки, шт.

Преобразуем выражение (24) и подставим в формулу (23) и выразим $u = \omega r$. Тогда поступательная скорость частицы субстрата определится по формуле:

$$v = \omega r \sqrt{1 + \frac{4\pi^2 \cos^4 \delta}{z^2}}. \quad (26)$$

Преобразуем формулу определения подачи (22), заменив v выражением (26). Тогда с учетом формулы (26) подачу можно определить из следующего выражения:

$$S_z = \frac{2\pi r}{z} \sqrt{1 + \frac{4\pi^2 \cos^4 \delta}{z^2}} \quad \text{или} \quad S_z = \frac{l_z}{z} \sqrt{1 + \frac{4\pi^2 \cos^4 \delta}{z^2}}, \quad (27)$$

где l_z – длина окружности, описываемой лопастью мешалки, м.

В процессе перемешивания мешалка миксера всасывает навозную массу в направлении ее оси вращения. Динамическое давление миксера составляет основную долю полного напора.

Лопасть мешалки (рис. 4) с радиусами r_1 на входе и r_2 на выходе сообщает частице жидкого навоза необходимую абсолютную скорость v_a , направленную под углом β к радиусу вектору r (OA).

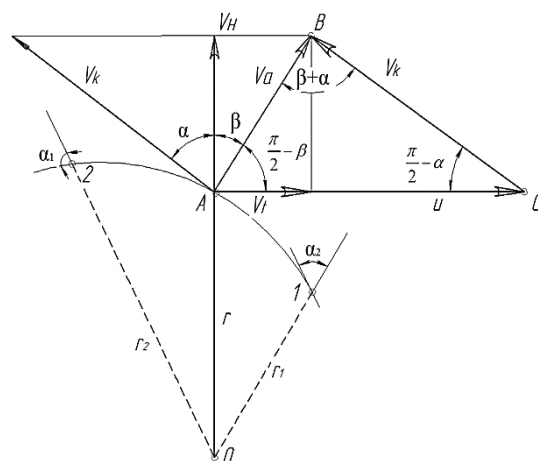


Рис. 4. Схема криволинейной лопасти миксера

Теоретическое давление, создаваемое мешалкой миксера, выражают уравнением Эйлера [14]:

$$P_T = \frac{N_2}{Q_M} = \rho(u_2 v_{t2} - u_1 v_{t1}), \quad (28)$$

где N_2 – мощность, затрачиваемая на перемещение жидкого навоза лопастями мешалки миксера, Вт;

Q_M – производительность миксера, м³/с;

ρ – плотность жидкого навоза, кг/м³;

u_1 и u_2 – окружные скорости точек начала и конца лопасти соответственно, м/с;

v_{t1} и v_{t2} – проекции абсолютной скорости частицы жидкого навоза на направления, перпендикулярные к радиусам-векторам, соединяющим ось вращения с началом и концом лопасти.

Заменим в уравнении (28) v_{t1} и v_{t2} на окружные скорости u_1 и u_2 . Для точки A:

$$v_t = u - v_k \sin \alpha = u \left(1 - \frac{v_k}{u \sin \alpha} \right), \quad (29)$$

где v_k – скорость, направленная по касательной к точке A, м/с;

α – угол, образованный между направляющими скоростей v_k и v_n , град.

Из треугольника ABC следует, что $\frac{v_k}{u} = \frac{\cos \beta}{\sin(\alpha + \beta)}$. Тогда, подставив значения в предыдущее выражение, получим

$$v_t = u \left(1 - \frac{\sin \alpha \cos \beta}{\sin(\alpha + \beta)} \right) \quad \text{или} \quad v_t = u \frac{\sin \beta \cos \alpha}{\sin(\alpha + \beta)}. \quad (30)$$

Определим v_{t1} и v_{t2} для точек 1 и 2 соответственно:

$$v_{t1} = u_1 \frac{\sin \beta_1 \cos \alpha_1}{\sin(\alpha_1 + \beta_1)} \quad \text{и} \quad v_{t2} = u_2 \frac{\sin \beta_2 \cos \alpha_2}{\sin(\alpha_2 + \beta_2)}. \quad (31)$$

Подставим полученные выражения в уравнения Л. Эйлера. Тогда теоретическое давление определится из выражения:

$$P_T = \rho u_2^2 \left[\frac{\sin \beta_2 \cos \alpha_2}{\sin(\alpha_2 + \beta_2)} - \frac{u_1^2}{u_2^2} \frac{\sin \beta_1 \cos \alpha_1}{\sin(\alpha_1 + \beta_1)} \right]. \quad (32)$$

Заменим u_1 на ωr_1 и u_2 на ωr_2 . Тогда выражение (32) примет следующий вид:

$$P_T = \rho \omega^2 r_2^2 \left[\frac{\sin \beta_2 \cos \alpha_2}{\sin(\alpha_2 + \beta_2)} - \frac{r_1^2}{r_2^2} \frac{\sin \beta_1 \cos \alpha_1}{\sin(\alpha_1 + \beta_1)} \right]. \quad (33)$$

Из условия неразрывности потока жидкого навоза производительность миксера определится по формуле [15]:

$$Q_M = k v_{H2} S, \quad (34)$$

где k – коэффициент заполнения навозохранилища;

S – рабочая площадь мешалки при подаче массы жидкого навоза лопастями, m^2 ;

Заменим v_{H2} выражением:

$$v_{H2} = \frac{v_{t2}}{tg \beta_2} = \omega r_2 \frac{\cos \alpha_2 \cos \beta_2}{\sin(\alpha_2 + \beta_2)}. \quad (35)$$

Заменим v_{H2} выражением (35). Тогда из условия неразрывности потока в точке 2 можно преобразовать формулу (34):

$$Q_M = k S \omega r_2 \frac{\cos \alpha_2 \cos \beta_2}{\sin(\alpha_2 + \beta_2)}. \quad (36)$$

Подставив выражения (36) и (33) в формулу (28), определим затраты мощности на перемещение массы жидкого навоза миксером:

$$N_2 = k S \rho \omega^3 r_2^3 \frac{\cos \alpha_2 \cos \beta_2}{\sin(\alpha_2 + \beta_2)} \times \left[\frac{\sin \beta_2 \cos \alpha_2}{\sin(\alpha_2 + \beta_2)} - \frac{r_1^2}{r_2^2} \frac{\sin \beta_1 \cos \alpha_1}{\sin(\alpha_1 + \beta_1)} \right]. \quad (37)$$

Радиус лопасти на выходе r_2 равен радиусу мешалки r . Тогда подставив полученные выражения (13) и (37) в начальную формулу (1), можно определить мощность, затрачиваемую на перемешивание жидкого навоза:

$$N_d = 1,3(1-f)(m\omega^2 r + mg)k_{\Pi}k_{\Delta}z\omega + k S \rho \omega^3 r^3 \frac{\cos \alpha_2 \cos \beta_2}{\sin(\alpha_2 + \beta_2)} \times \left[\frac{\sin \beta_2 \cos \alpha_2}{\sin(\alpha_2 + \beta_2)} - \frac{r_1^2}{r^2} \frac{\sin \beta_1 \cos \alpha_1}{\sin(\alpha_1 + \beta_1)} \right]. \quad (38)$$

Заключение

В результате анализа мешалок, применяемых на миксерах для перемешивания навоза, установлено, что винтовые мешалки наиболее подходят для перемешивания жидкого навоза в навозохранилищах, так как применяемое с ними оборудование имеет меньшую потребляемую мощность, чем у мешалок других типов. Также винтовые мешалки создают преимущественно осевые потоки и, как следствие, большие осевые скорости, что является необходимым условием для разрушения уплотненной массы жидкого навоза и выполнения его гомогенизации в больших объемах.

Получено уравнение, позволяющее определить затраты мощности на перемешивание навозной массы с учетом его физико-механических свойств, геометрических параметров лопастей мешалки миксера и геометрической формы циклоиды жидкого навоза.

Из формулы (27) следует, что подачу на лопасть можно изменить, если изменить число лопастей на мешалке или показатель кинематического режима (поступательную скорость, частоту вращения мешалки).

Анализ формулы (33) показал, что теоретическое давление, создаваемое мешалкой миксера, растет пропорционально квадрату и зависит от физико-механических свойств жидкого навоза, геометрических параметров мешалки и частоты ее вращения.

Как свидетельствует формула (36), производительность миксера пропорциональна первой степени и зависит от частоты вращения мешалки, геометрических параметров мешалки.

Из формулы (38) следует, что затраты мощности на перемешивание жидкого навоза миксером пропорциональны кубу частоты вращения мешалки.

Таким образом, зная технологические параметры, можно более рационально использовать миксер, уменьшив энергоемкость процесса перемешивания жидкого навоза в навозохранилище.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Условия образования и переработка отходов животноводческих ферм и комплексов / Е.Н. Писецкая [и др.] // Экология на предприятии. – 2014. – № 12. – С. 12-15.
- 2 Шацкий, В.В. Моделирование механизированных процессов приготовления кормов / В.В. Шацкий. – Запорожье: ПЦ «Х – ПРЕСС», 1998. – 140 с.
- 3 Хужакулов, А.Ф. Биогазовые энергетические установки для фермерских хозяйств. Анализ процессов, влияющих на эффективность их использования / А.Ф. Хужакулов [и др.] // Молодой ученый. – 2013. – № 2. – С. 70-72.
- 4 Gokcol C., Dursun B., Albayaci B., Sunan E. Importance of biomass energy as alternative to other sources in Turkey. Energy Policy, 2009. – P. 424-431.
- 5 Vollenweider, R.A. Scientific Fundamentals of the Eutrophication of Lakes and Flowing Waters, with Particular Reference to Nitrogen and Phosphorus as Factors

in Eutrophication, Report to the Organization of Economic Cooperation and Development, Paris France, DAS/CSI/68, 1968. – 152 p.

6. Качан, Ю.Г. Процессы перемешивания субстрата в реакторе биогазовой установки / Ю.Г. Качан, Ю.В. Курис, И.Н. Левицкая // Технология органических и неорганических веществ и экология. – 2009. – № 2. – С. 4-7.

7. Стренк, Ф. Перемешивание и аппараты с мешалками. / Ф. Стренк; под ред. И.А. Щупляка. – Л.: Химия, 1975. – 384 с.

8. Ясенецкий, В.А. Оборудование для получения биогаза из навоза / В.А. Ясенецкий, В.С. Торгона // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1990. – № 6. – С. 23-25.

9. Barrington, S.F., Jutras, P.J., Broughton, R.S. The Sealing of Soils by Manure. II. Sealing Mechanisms. // The Journal of the Canadian Society of Agricultural Engineering, 1987. – № 29 (2). – P.105-108.

10. Караева, Ю.В. Обзор биогазовых технологий и методов интенсификации процессов анаэробного сбраживания / Ю.В. Караева, И.А. Трахунова // Труды Академэнерго. – 2010. – № 3. – С.109-127.

11. Мелашенко, В.И. Методическое пособие по профилированию лопастей рабочих колес центробежных насосов: в 2 ч. / В.И. Мелашенко, А.В. Зуев. – М.: МВТУ им. Н.Э. Баумана, 1980. – 248 с.

12. Ледин, Н.П. Расчет мощности роторного устройства для уборки навоза / Н.П. Ледин, В.К. Писменный // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1979. – № 4. – С. 22-24.

13. Комаров, Б.А. Исследование непрерывного процесса смешивания кормов с солями микроэлементов / Б.А. Комаров // Тр. Всерос. науч.-исслед. ин-та механизации и электрификации сельского хозяйства. – М., 1968. – Вып. 11. – С. 130-143.

14. Кленин, Н.И. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины / Н.И. Кленин, В.А. Сакун. – М.: Колос, 1994. – 751 с.

15. Вильдгрубе, Л.С. Формулы для характеристик несущего винта в общем случае полета / Л.С. Вильдгрубе // Труды ЦАГИ. – Вып. 2202. – М., 1983. – С. 3-39.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 25.09.2018

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	от 9 до 25%
Основная абсолютная погрешность	не более 0,5%
Температура контролируемого материала	от +5 до +65°C
Цена деления младшего разряда блока индикации	0,1%
Напряжение питания	220 В 50Гц,
Потребляемая мощность	30ВА

УДК 628.16.087+631.171:636.5

КОНЦЕПЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЕМ ВОДООЧИСТКИ С УЧЕТОМ ДОМИНИРУЮЩЕГО ЗАГРЯЗНИТЕЛЯ

В.Н. Штепа,

доцент каф. высшей математики и информационных технологий
Полесского государственного университета, канд. техн. наук, доцент

А.П. Левчук,

науч. сотр. НИЛ «Экоинженерия»
Национального университета биоресурсов и природопользования Украины

В статье проанализированы предпосылки создания адаптивных систем автоматизации оборудования очистки промышленных сточных вод, оценены недостатки существующих технологических решений. Разработана концепция динамического доминирующего загрязнителя. Проведено имитационное моделирование с использованием нейронных сетей, которое теоретически подтвердило эффективность концепции. На технологическом оборудовании подтверждена перспективность дальнейших исследований в области автоматизации водоочистки с первичным устранением доминирующего загрязнителя.

Ключевые слова: водоочистка, экология, электротехнологии, управление, сточные воды.

The article analyzes the conditions of the creation adaptive automation systems for industrial wastewater treatment equipment; shortcomings of existing technology solutions evaluated. The concept of the dynamic of the dominant pollutant; using neural networks conducted simulation, which theoretically confirmed the effectiveness of the concept. In the process equipment is confirmed by the fact that further research in the field of the automation water treatment with the primary removal of the dominant pollutant.

Key words: water purification, ecology, electrotechnology, management, wastewater.

Введение

Одним из основных источников загрязнения водных объектов являются производства, сбрасывающие после технологических процессов разнотипные загрязнители [1]. Используемые системы очистки обладают высокими технико-экономическими показателями и способны справиться с разноплановыми задачами [2-4], однако они не обеспечивают адаптивную оптимизацию функционирования оборудования в условиях действия нештатных ситуаций без изменения их структуры или перенастройки параметров работы. Необходимый эффект очистки возможен только после их остановки и дополнительных проектно-монтажных работ, что недопустимо на действующих предприятиях [5].

Для решения такой проблемы технологическая оптимизация структуры системы очистки должна базироваться на необходимости эффективного воздействия на многокомпонентные водные растворы с целью изъятия избыточных концентраций неорганических и обеззараживания опасных органических агентов, что вытекает из разнообразия возможных источников водозабора и вероятных комбинаций загрязнения.

Однако при очистке стоков реальных предприятий возникает ситуация, когда для удаления одних загрязнителей необходимо изначально устранить другие загрязнители [6, 8]. Например, стоки мясопе-

ребатывающих комбинатов включают как органические (жиры) так и неорганические (фосфор, хлориды) отходы. Как показывает практика [2, 5, 8], в первую очередь необходимо очистить от органических составляющих, а лишь потом устранять неорганические. В противном случае органика будет уменьшать или вообще останавливать процессы очистки от фосфора и хлоридов [3, 8], пассивируя электродную систему (электрохимические методы водоочистки), блокируя коагуляцию (химические методы), забивая мембраны (физические методы). Отсюда возникает необходимость создания алгоритма очистки многокомпонентных сточных вод, причем индивидуально для каждого отдельного предприятия. Состав стоков зависит от качества входной воды, конкретной технологической схемы и других объектно-ориентированных показателей. Ситуация усложняется тем, что состав стоков на производстве может непредвиденно и нестационарно во времени изменяться (залповые сбросы, нештатные ситуации) [3, 5]. Соответственно, возможно изменение приоритета по очередности удаления загрязнителей.

Учитывая все вышеизложенное, можно сделать вывод о том, что для теоретического обоснования построения эффективного оборудования, рационально предложить использование понятия «динамический доминирующий загрязнитель» (ДДЗ) – загрязнитель многокомпонентных сточных вод, который в

данный момент времени при фактическом составе стоков необходимо первоочередно удалить.

Тогда правила и эффективные условия работы систем очистки с учетом понятия доминирующий загрязнитель будут следующие:

- максимальное уменьшение условий создания, проявления, распространения и влияния главного опасного загрязнителя согласно предварительным исследованиям технологии объекта и качества воды;
- поэтапное рециркуляционное устранение ДДЗ воды с учетом предельно-допустимых концентраций (ПДК);
- переход к изъятию второго по важности загрязнителя, если он в комплексе с первым доминирующим не был удален или нейтрализован.

Для разных производств в качестве ДДЗ будут выступать и разные загрязнители:

- производство одежды – красители;
- гальванопроизводства – тяжелые металлы;
- мясокомбинаты – жиры и фосфор и тд.

При этом необходимо учитывать, что в процессе работы системы водоочистки происходят кардинальные изменения состава рабочего водного раствора (например, в гальваническом цехе в первую половину дня осуществлялось цинкование, во вторую – хромирование, как результат – необходимы разные режимные параметры оборудования).

Целью исследований является создание и апробация концепции автоматизации технологического комплекса водоочистки (с учетом ДДЗ), который может встраиваться в линию очистки конкретного предприятия и с учетом его особенностей обеспечивать эффективное извлечение из сточных вод загрязнителей и их соединений, так, чтобы остаточный уровень концентрации последних гарантированно находился в пределах установленных норм.

Основная часть

Базовое технологическое оборудование, на котором будет апробироваться концепция автоматизации с учетом ДДЗ, основано на проточной переработке рабочей среды в жидкой и газообразной фазе в замкнутом байпасном рециркуляционном контуре [2, 3, 5]. Оборудование представляет собой «открытую» систему с возможностью интегрировать другие обоснованные для конкретных объектов методы водоочистки.

Сточные воды производственных объектов (рис. 1) подаются в приемную емкость для усреднения и стабилизации гидродинамических характеристик (на рис. 1 емкость не указана), откуда поступают в электролитическую ванну (диафрагменный вариант исполнения), в анодную и катодную зоны, где происходят анодное выделение реагента и рН-коррекция (последнее, при технологической необходимости). Насос замкнутого байпасного контура обеспечивает подачу водного раствора на батарею электрогидроциклонов, где, согласно значениям гидравлической крупности, происходит разделение потоков на саморегенерирующийся фильтр и обратно на электролитическую ванну. Особенностью электрогидроциклонов является

то, что они имеют электродную систему. Саморегенерирующийся с плавающей засыпкой фильтр задерживает загрязнители, водный раствор заданного качества подается на анаэробный блок. Периодически или в зависимости от накопления загрязнителей фильтр промывается в автоматическом режиме, полученный фильтрат подается на пресс-фильтр (на рис. 1 не указан). Функциональные задачи эжектора и блока интенсификации, который включает ультразвуковой и электромагнитный излучатели, – ускорить кинетику электрохимических реакций.

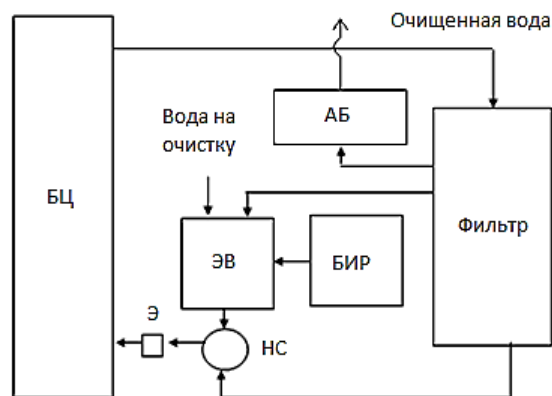


Рис. 1. Структурная схема системы безопасного водопользования (СБВ): БЦ – блок электрогидроциклонов; Э – эжектор; ЭВ – электролитическая ванна; НС – насос; БИР – блок интенсификации реакций; АБ – анаэробный блок

В базовом исполнении в электролитическую ванну загружается металлическая стружка, обеспечивая электролизное выделение реагента. Ключевыми достоинствами электрокоагуляции являются компактность установки, отсутствие реагентного хозяйства, высокий бактерицидный эффект и относительная простота автоматизации. За счет последнего, в результате адаптивного управления источником питания (форма, частота, период сигнала) и насосами, значительно (до 30 %) уменьшается энергозатратность [5].

Исходя из анализа нормативно-правовых требований, опыта промышленного использования СБВ [3,4] и создания автоматизированных систем управления технологическими процессами [3], для синтеза соответствующего интеллектуального блока увязки разных методов водоочистки на базе СБВ согласно ДДЗ, использовались нейронные сети (НС), которые характеризуются эффективной работой в условиях размытости входной информации, нелинейности изменения значений параметров, многофакторности [2, 7], что характерно для процессов водоочистки [8].

На начальном этапе синтеза системы управления, с учетом эксплуатации СБВ на производственных объектах и анализа типовых загрязнителей [2], было систематизировано, что стоки, исходя из сбросов объектов, делятся [2]:

- 1) на хозяйственно-бытовые (высокое содержание азотсодержащих соединений и фосфатов, значительная степень фекального загрязнения);

2) промышленные сточные воды (высокая концентрация, в зависимости от профиля предприятия, взвешенных частиц, возбудителей заболеваний, тяжелых металлов, нефтепродуктов, органических красителей, фенолов, поверхностно-активных веществ, сульфатов, хлоридов и тяжелых металлов);

3) поверхностные сточные воды (дождевые и талые воды, формирующиеся из атмосферных осадков, проникающих в почву и стекающих в водоемы посредством ливневой канализации с территории промышленных предприятий и населенных пунктов).

Отсюда в качестве типовых ДДЗ сточных вод, относительно которых будут проводиться эксперименты и дальнейший синтез системы управления, выбираются:

- нитраты (NO_3^-);
- фосфаты (ортофосфаты PO_4^{3-} и полифосфаты);
- pH;
- биологическая потребность кислорода (БПК);
- концентрация взвешенных элементов;
- синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ).

На основании проведенных экспериментов [1, 3] и полученных выборок синтезирована соответствующая нейросетевая система управления. В качестве математического базиса использовались многослойные персептроны, поскольку алгоритмы их эффективного обучения достаточно исследованы [5], применялся алгоритм обратного распространения ошибки [6, 7]:

Шаг 1. Проинициализировать элементы весовой матрицы (небольшими случайными значениями).

Шаг 2. Подать на входы один из входных векторов, которые сеть должна научиться различать, и вычислить ее выход.

Шаг 3. Если выход правильный, перейти к шагу 4.

Иначе – вычислить разницу между идеальным d и полученным Y значениями выхода (в нашей задаче значение d представляет показатели качества сточной воды после очистки, а Y – нормативные требования к таким показателям):

$$\delta = d - Y. \quad (1)$$

Модифицировать вес в соответствии с формулой:

$$w_{ij}(t+1) = w_{ij}(t) + \eta \delta x_i, \quad (2)$$

где t и $(t+1)$ – номера соответственно текущей и следующей итераций;

η – коэффициент скорости обучения, $0 < \eta < 1$;

i – номер входа; j – номер нейрона в слое.

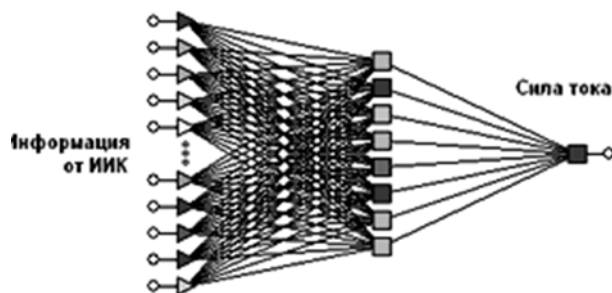
Очевидно, что если $d > Y$, то весовые коэффициенты будут увеличены, тем самым, уменьшат ошибку. Иначе они будут уменьшены, Y тоже уменьшится, приближаясь к d .

Шаг 4. Цикл с шага 2, пока сеть не перестанет ошибаться.

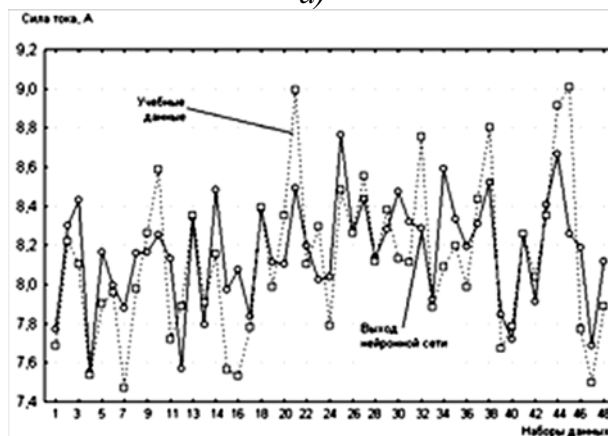
На втором шаге, на разных итерациях, поочередно в случайном порядке предъявляются все возможные входные векторы, полученные экспериментальным путем [7].

При проведении экспериментальных исследований и дальнейшем синтезе нейронной сети выходами информационно-измерительного комплекса (ИИК) на НС были данные, согласно перечню контролируемых показателей качества сточных вод перед сбросом в природные водоемы (ТКП 17.06-08-2012).

В результате исследований подтвердилась адекватность синтезированной НС согласно представленному алгоритму (рис. 2) [5].



а)



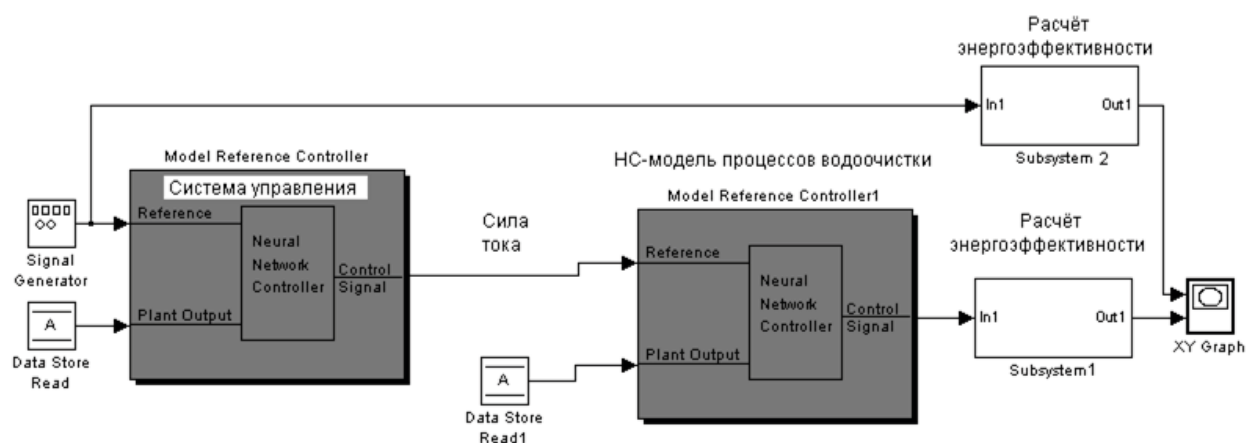
б)

Рис. 2. Оптимальная энергоэффективная НС (типа многослойный персептрон) управления СБВ (результаты обучения НС: учебная выборка – 1,23 %; контрольная выборка – 1,4 %; тестовая выборка – 1,34 %); а) архитектура НС; б) графическое представление обучения НС

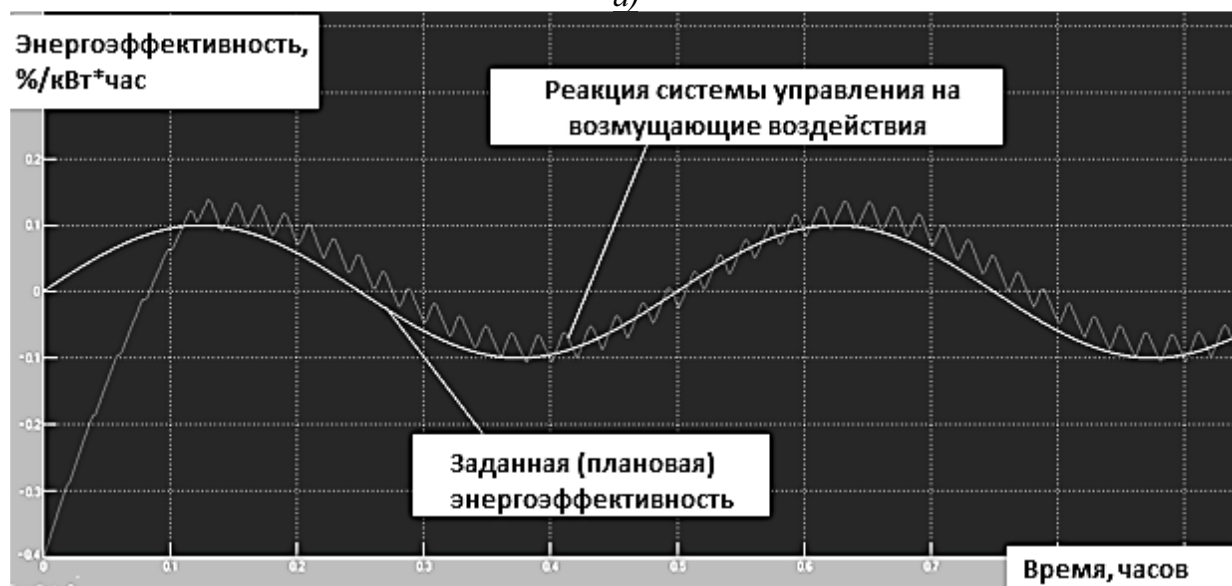
Перед аппаратно-программной реализацией системы управления, в пакете прикладного математического программного обеспечения «MatLAB Simulink», который содержит блок нейросетевого моделирования, совершили имитационные исследования функционирования НС управления СБВ с учетом ДДЗ (рис. 3).

В процессе функционирования блок «Signal Generator» (рис. 3) генерировал из возможного диапазона значений показателей качества воды, поступающей на очистку [3,8], входные данные для нейросетевой системы управления (блок «Neural Network Controller» – «Система управления»). Таким образом, имитировалась работа датчиков ИИК в режиме реального времени.

Подсистемы (рис. 3) Subsystems выполняют следующие задачи:



а)



б)

Рис. 3. Имитационное моделирование функционирования системы управления СБВ:
а) структура имитационной модели; б) демонстрация качества функционирования
нейросетевой системы управления СБВ

– Subsystems 1 – расчет значения коэффициента энергоэффективности после расчета НС-модели процессов водоочистки;

– Subsystems 2 – расчет значения заданного значения коэффициента энергоэффективности.

С учетом производственных испытаний и теоретических наработок [1, 4], для оценки качества функционирования оборудования использовался соответствующий критерий энергоэффективности работы электротехнологического оборудования водоподготовки (задача обеспечить его значение максимально близким нулю):

$$EF_y = \frac{\left[\left(\frac{L1_{вых} - L1_{зад}}{L1_{зад}} \cdot 100\% \right) + \dots + \left(\frac{LN_{вых} - LN_{зад}}{LN_{зад}} \cdot 100\% \right) \right] \cdot \sum_{i=1}^N Q_i}{\sum_{i=1}^N W_i}, \% / \text{кВт}, \quad (3)$$

где $L_{вых}$ – фактическое значение соответствующего параметра оценки качества водоочистки (единицы измерения соответствуют выбранным параметрам качества воды);

$L_{зад}$ – заданное (нормативное) значение соответствующего параметра оценки качества водоочистки (единицы измерения соответствуют выбранным параметрам качества воды);

Q – время работы оборудования, час;

W – электроэнергия, затраченная на водоочистку, кВт·час;

N – количество параметров оценки качества водоочистки (как правило, соответствует количеству установок, действующих на воду).

Функциональные характеристики синтезированной энергоэффективной НС в результате имитационного моделирования подтвердили, что она соответствует технологическим требованиям (относительная среднеквадратическая ошибка – 3,82 %) и может быть

использована для создания программного обеспечения системы управления СБВ.

Аппаратная часть системы автоматизации реализована на базе микропроцессора AtMega с использованием периферийного оборудования (рис. 4).

Практическая проверка эффективности функционирования нейросетевой системы автоматизации согласно ДДЗ проводилась на СБВ производительностью 5 м³/сутки (рис. 5).

Алгоритм проведения экспериментальных исследований включал несколько этапов (табл. 1):

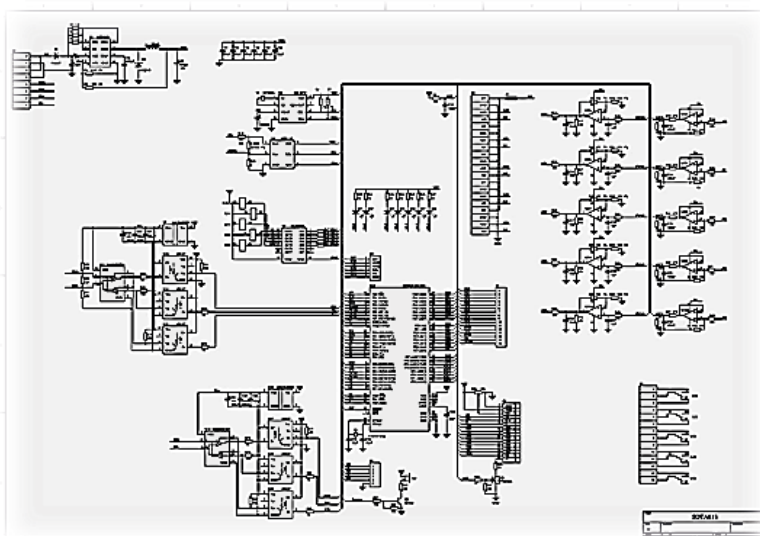
1. Создание модельных растворов с разными ДДЗ (согласно характеристикам сточных вод разных производственных объектов).

2. Подача на СБВ одного из видов модельного раствора и оценка эффективности очистки (качество воды определялось согласно методике Лурье).

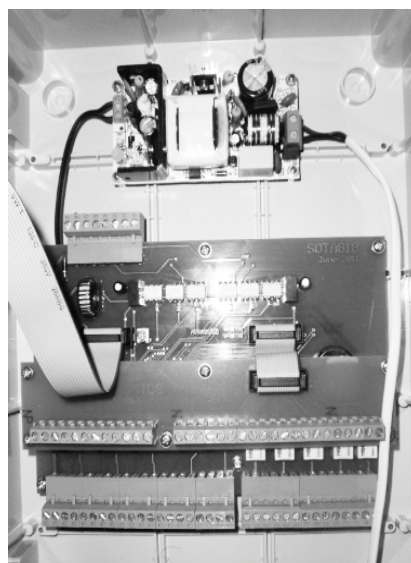
3. Корректировка функционирования нейросетевой системы управления до получения необходимого качества работы согласно критерию энергоэффективности (3).

Оценка эффективности водоочистки по вторичному загрязнителю (например, для мясокомбинатов такой загрязнитель – взвешенные элементы) продемонстрировала, что достигается его устранение в описанной компоновке СБВ минимум на 30-95 % (в случае взвешенных элементов – на 95 %), что объясняется:

– действием окислительно-восстановительных



а)

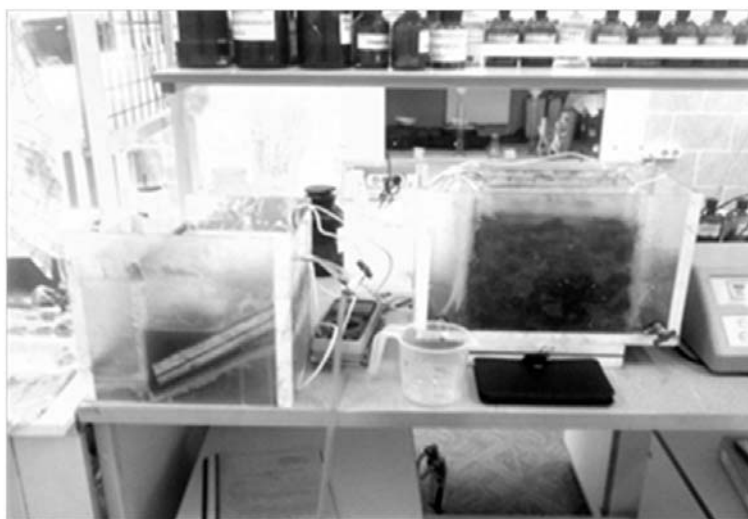


б)

Рис. 4. Микропроцессорная система управления СБВ: а) принципиальная электрическая схема; б) внешний вид



а)



б)

Рис. 5. Практическая проверка использования ДДЗ для построения систем автоматизации: а) внешний вид СБВ производительностью 5 м³/сутки; б) приготовление модельных растворов

Таблица 1. Практическая проверка системы автоматизации оборудования водоочистки согласно ДДЗ

Динамический доминирующий загрязнитель	Производственный объект, для которого типовым является ДДЗ	Критерий энергоэффективности водоочистки по ДДЗ, %/кВт
Нитраты (NO_3^-) и фосфаты (ортофосфаты PO_4^{3-} и полифосфаты)	Бытовые стоки, агропромышленные предприятия, химическая промышленность	0,01
Жиры – (критерий оценки – биологическая потребность кислорода (БПК))	Мясокомбинаты, молочные комбинаты, сыродельные заводы	0,02
Концентрация взвешенных элементов	Характерно большинству производственных объектов	0,015
Синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ)	Бытовые стоки, автомойки	0,03
pH	Гальванопроизводства	0,02

реакций в электролизном блоке и на вторичные загрязнители;

– электросорбционной фильтрацией, как ДДЗ, так и вторичного загрязнителя;

– при коррекции pH происходит химическое окисление органических элементов, что улучшает качественные показатели воды.

Проведение технологических процессов очистки не с ориентированием на первоочередное устранение ДДЗ, а на другие загрязнители продемонстрировало значительное ухудшение критерия энергоэффективности работы оборудования (критерий прекращения работы – доведение показателей до ПДК) на 30-90 %.

Заключение

Концепция автоматизации систем очистки сточных вод согласно ДДЗ представляет практический интерес при проектировании промышленного оборудования, поскольку улучшает энергоэффективность процессов (уменьшение затрат электроэнергии на доведение показателей до ПДК). Такие выводы базируются на результатах имитационно-практической проверки: относительная среднеквадратическая ошибка функционирования системы управления по сравнению с эталонными наборами данных – 3,82 %, практическая энергоэффективность водоочистки с применением алгоритмов ДДЗ – на 30 % лучше, чем при очистке без выделения доминирующего загрязнителя.

В дальнейшем необходимо провести исследования взаимосвязей между однородными типами за-

грязнителей, с перспективой объединения их в единый блок ДДЗ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Штепа, В.М. Обґрунтування алгоритму експериментально-аналітичних досліджень режимів електротехнічної очистки стічних вод агропромислових об'єктів з метою побудови енергоефективних систем управління / В.М. Штепа // Енергетика і автоматика [Електронний ресурс]. – 2012. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/j-pdf/eia_2014_2_10.pdf. – Дата доступу: 10.09.2015.

2. Гончаров, Ф.И. Влияние формы импульсного тока на энергоэффективность получения коагулянта путем анодного растворения железа в зависимости от начального pH-раствора / Ф.И. Гончаров, А.П. Левчук // Инновации в сельском хозяйстве. – М.: ВИЭСХ. – 2014. – № 4 (9). – С. 24-29.

3. Гончаров, Ф.И. Експериментальні дослідження електролізних процесів у водних розчинах із міючими засобами / Ф.И. Гончаров, В.М. Штепа, А.П. Левчук, Р.С. Кот, С.В. Гондарук // Енергетика і автоматика [Електронний ресурс]. – 2012. – Режим доступу: [file:///C:/Users/Shtepa/Downloads/eia_2013_4_4%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Shtepa/Downloads/eia_2013_4_4%20(1).pdf). – Дата доступу: 10.09.2015.

4. Гончаров, Ф.И. Методологія підвищення екологічної безпеки об'єктів агропромислової та харчової індустрій / Ф.И. Гончаров, В.М. Штепа // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. – Дослідницьке: УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. – 2012. – Вип. 16 (30). – Книга 2. – С. 97-104.

5. Швецов, А.Б. Хлорные дезинфектанты и их применение в современной водоподготовке / А.Б. Швецов, А.В. Козырева, С.Г. Седунов, К.А. Тараскин // Молекулярные технологии. – Саратов: СГУ, 2009. – № 3. – С. 98-121.

6. Штепа, В.М. Обґрунтування архітектури системи управління комплексними методами очистки стічних вод промислових об'єктів / В.М. Штепа // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. – Харків: ХНУТСГ. – 2014. – Вип. 154. – С. 48-50.

7. Штепа, В.М. Оцінка енергетичних характеристик процесів очищення стічних вод агропромислових підприємств електротехнічними комплексами / В.М. Штепа // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. – К.: НУБіП. – 2014. – Вип. 194. – Ч. 3. – С. 259-265.

8. Яромский, В.Н. Очистка сточных вод пищевых и перерабатывающих предприятий / В.Н. Яромский. – Минск: БГУ, 2009. – 171 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 14.03.2017

УДК 631.158:631.145

ФОРМИРОВАНИЕ УСЛОВИЙ РОСТА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУДА В АПК БЕЛАРУСИ

Л.П. Квачук,

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

В статье анализируются проблемы роста производительности труда в условиях повышения экономической эффективности сельскохозяйственного производства на основе научно-технического совершенствования агропромышленного комплекса.

Ключевые слова: государственная аграрная политика, производительность труда, эффективность, конкурентоспособность, инвестиции, инновации.

The article analyzes the problems of growth of labor productivity in the context of increasing the economic efficiency of agricultural production on the basis of scientific and technical improvement of the agro-industrial complex.

Key words: state agrarian policy, labor productivity, efficiency, competitiveness, investments, innovations.

Введение

Совершенствование функционирования АПК как важного воспроизводственного сектора выступает одним из приоритетных условий повышения конкурентоспособности национального производства и обеспечения экономического роста.

Целью государственной аграрной политики в Республике Беларусь является повышение экономической эффективности функционирования агропромышленного комплекса, совершенствование качества и увеличение объемов экспорта отечественной сельскохозяйственной продукции и продуктов питания.

Как отмечалось в выступлении Президента Беларуси А.Г. Лукашенко на II Съезде ученых, в настоящее время решена проблема национальной продовольственной безопасности. За десять лет производство продукции села увеличилось на 30 %, около 35 % продукции АПК экспортируется. Доля экспорта сельхозпродукции и продуктов питания в объеме экспорта товаров в 2016 году составила почти 18 %. Это достигнуто благодаря существенному обновлению материально-технической базы, переходу на современные технологии производства и применению новейших научно-технических разработок [1].

Основная часть

В результате реализации Государственной программы устойчивого развития села на 2011-2015 годы и модернизации агропромышленного производства, продукция сельского хозяйства возросла в текущих ценах с 35532 млрд руб. в 2010 г. до 15502 млн руб. в 2016 г., или в 4,4 раза. Рост продукции растениеводства возрос за 2010-2016 гг. с 19649 млрд руб. до 7177 млн руб. и составил 3,6 раза; рост продукции животноводства – с 15883 млрд руб. до 8325 млн руб. или в 5,2 раза.

В постоянных ценах 2010 г. продукция сельского хозяйства с 2010 г. по 2016 г. увеличилась с 35532 млрд руб. до 40364,3 млрд руб., темп роста составил 113,6 %.

Условием эффективного функционирования АПК является повышение производительности труда, важнейшим критерием эффективности выступает рост производства валовой добавленной стоимости на одного работника.

Увеличение объемов продукции растениеводства и животноводства на основе технического и технологического оснащения производственных процессов обеспечило рост валовой добавленной стоимости и повышение производительности труда в сельском хозяйстве. Валовая добавленная стоимость за данный период в постоянных ценах 2010 г. повысилась с 15157,7 млрд руб. до 17219,1 млрд руб., или в 1,1 раза.

Производительность труда, рассчитанная по объему продукции сельского хозяйства на одного занятого работника в ценах 2010 г., увеличилась за 2010-2016 гг. с 95,8 млн руб. до 133,1 млн руб., или на 38,9 %. Производительность труда по валовой добавленной стоимости на одного занятого работника в сельском хозяйстве возросла с 40,8 млн руб. до 56,8 млн руб., или на 39,2 %.

На современном этапе функционирование агропромышленного сектора определяется Государственной программой развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2016–2020 годы. В 2016 г. обеспечена положительная динамика производства продукции в хозяйствах всех категорий – 103,4 % к уровню 2015 г., в том числе в растениеводстве – 106,0 %; в животноводстве – 101,2 %. [2].

В 2017 г. достигнут рост к уровню 2016 г. в размере 102,4 %. Общий прирост продукции сельского хозяйства за 2011-2017 гг. составил 16,3 %.

Проводимая в соответствии с Государственной программой политика продолжения работы по переоснащению и модернизации агропромышленного производства обеспечила в растениеводстве рост валового сбора и урожайности основных сельскохозяйственных культур.

В растениеводстве в 2017 г. достигнуты более высокие темпы роста валовых сборов основных сельскохозяйственных культур, чем в предыдущий период. Среднегодовой темп роста валового сбора зерновых и зернобобовых за 2010-2016 гг. составлял 101,1 %. В 2017 г. к уровню 2016 г. данный показатель повысился до 107,1 %. Общий темп роста за 2010-2017 гг. достиг 114,3 %.

Среднегодовой темп валового сбора картофеля равнялся 96,1 %. В 2017 г. к уровню 2016 г. он составил 107,2 %, к уровню 2010 г. – 81,9 %.

Среднегодовой темп валового сбора свеклы сахарной был равен 102,2 %. В 2017 г. он достиг по сравнению с 2016 г. 115,2 %, а к уровню 2010 г. обеспечен рост 130,6 %.

Валовой сбор льноволокна в 2017 г. к уровню 2016 г. составил 102,4 %, рапса – 231,7 %.

Увеличение объемов продукции растениеводства обеспечено на основе совершенствования технологии и организации производства, роста урожайности сельскохозяйственных культур.

Ежегодный темп роста урожайности зерновых и зернобобовых за 2010-2016 гг. составлял 102,3 %, в 2017 г. по сравнению с 2016 г. он вырос до 105,4 %. Общий темп роста за 2010-2017 гг. равнялся 119,9 %.

Темпы роста урожайности картофеля составили соответственно 99,3 %; 113,2 %; 108,4 %; свеклы сахарной – 102,1 %; 110,5%; 124,8. Урожайность рапса возросла в 2017 г. к уровню 2016 г. с 12,4 ц/га до 18,1 ц/га, или на 46,0 %.

Вместе с тем материально-техническое обеспечение сельхозорганизаций характеризовалось уменьшением наличия основных видов сельскохозяйственной техники и повышением нагрузки на единицу техники. Если в 2010 г. использовалось 47,3 тыс. шт. тракторов, то в 2016 г. только 41,3 тыс. шт., или 87,3 %. На 1000 га пашни приходилось 8 тракторов, или 80 % к уровню 2010 г. Аналогичное положение сложилось и в использовании зерноуборочных комбайнов. Их количество уменьшилось с 11,4 тыс. шт. до 9,9 тыс. шт., или 86,8 %. В результате величина посевов на один зерноуборочный комбайн возросла с 203 га до 214 га, или на 5,4 %.

Повышение эффективности производства в животноводстве в 2010-2017 гг. обеспечено в результате совершенствования материально-технической базы и внедрения современных технологических процессов на животноводческих комплексах.

В данном периоде происходила концентрация поголовья основных видов скота у крупных товаропроизводителей. Структура КРС характеризовалась возрастанием поголовья в сельскохозяйственных организациях от 94,7 % в 2010 г. до 97,3 % в 2016 г. За 2017 г. количество голов КРС увеличилось на 1,7 % и составило 4256,5 тыс. голов, в том числе коров – 1425,4 тыс. голов, свиней – 2768,9 тыс. голов.

Удельный вес крестьянских (фермерских) хозяйств в структуре КРС повысился за этот период с 0,2 % до 0,3 % за счет роста поголовья свиней на 0,1 процентных пункта. Доля хозяйств населения снизилась почти вдвое – с 5,1 % до 2,3 %, в том числе доля

коров уменьшилась от 11,4 % до 5,1 %, доля свиней упала от 23,1 % до 12,3 %.

Основные показатели развития животноводства свидетельствуют о положительной динамике производства и реализации продукции. В 2017 г. обеспечено производство (выращивание) скота и птицы в хозяйствах всех категорий – 1821,3 тыс. т (в живом весе) при росте к уровню 2016 г. – 100,3 %.

С 2010 г. по 2017 г. происходило устойчивое увеличение реализации скота и птицы в сельскохозяйственных организациях и крестьянских (фермерских) хозяйствах.

В 2017 г. в сельхозорганизациях реализовано скота и птицы (в живом весе) 1725,8 тыс. т. Ежегодный темп роста данного показателя составил 104,3 %. Общий рост объема реализации за 2010-2017 гг. достиг 30,0 %.

В крестьянских (фермерских) хозяйствах с 2010 по 2016 г. ежегодный темп прироста равнялся 8,2 %. В 2016 г. реализовано 11,2 тыс. т. скота и птицы, что выше уровня 2010 г. на 49,3 %.

В хозяйствах населения объем реализации скота и птицы снизился с 178 тыс. т до 92 тыс. т и составил в 2016 г. 51,7 % от уровня 2010 г.

Производство молока в 2017 г. в хозяйствах всех категорий выросло до 7 321,2 тыс. т при среднегодовом темпе роста 101,5 %, что составило 110,5 % к уровню 2010 г. Производство яиц увеличилось до 3 560,6 млн шт., или 100,7 % к уровню 2010 г.

Основным производителем молока и яиц являются сельскохозяйственные организации, в которых произведено 6 989,3 тыс. т молока, или на 21,9 % выше уровня 2010 г. Средний удой молока от коровы в 2017 году составил 4 991 кг, что на 136 кг (2,8%) больше, чем в 2016 году. Объем производства яиц в сельхозорганизациях возрос до 2 851,5 млн шт., или 119,0 % к уровню 2010 г.

В производстве данных видов продукции доля хозяйств населения значительно выше, чем доля фермерских хозяйств.

Крестьянские (фермерские) хозяйства произвели молока в 2016 г. 19,1 тыс. т, или на 35,4 % больше, чем в 2010 г. Объем производства молока в хозяйствах населения составил 357 тыс. т. Вместе с тем произошло падение его производства по сравнению с 2010 г. в 1,6 раза.

Материальной основой развития сельского хозяйства является его технико-технологическое переоснащение. Стоимость основных средств в отрасли в 2010 г. составляла в текущих ценах 75,0 трлн руб., или 17,3 % всех основных средств по сравнению с 11,4 % в 2016 г. (27,8 млрд руб.). Среднегодовой коэффициент обновления основных средств за 2011-2015 гг. в сельскохозяйственных организациях достиг высокого значения – 10,8 в связи с модернизацией производства. Энергетические мощности в сельскохозяйственных организациях в расчете на одного работника возросли с 53,2 до 68 л. с.

В течение 2010-2016 гг. введено в эксплуатацию помещений для содержания скота (включая комплексы) на 1255,5 тыс. мест, в том числе КРС на 693,3 тыс. мест, свиней 562,2 тыс. мест. Осуществлен ввод в эксплуа-

тацию 316 молочнотоварных ферм с мощностью продуктивного молочного стада на 184,2 тыс. мест. Введены в действие птицефабрики яичного направления на 310,2 тыс. кур-несушек, мясного направления – на 27,1 млн голов мясной птицы в год.

Важным сегментом, во многом определяющим повышение производительности труда в АПК, является повышение эффективности переработки сельскохозяйственной продукции.

В результате технологического обновления производства и внедрения инноваций в отрасли, объем производства продуктов питания, напитков и табачных изделий в текущих ценах увеличился с 2010 по 2017 г. с 33667,2 млрд руб. до 20724,5 млн руб., или в 6,1 раза. В постоянных ценах 2010 г. темп роста составил 115,6 % при среднегодовом приросте 2,6 %.

Развитие пищевой промышленности характеризовалось уменьшением количества предприятий с 793 до 759, или на 4,3 %. Среднесписочная численность работников сократилась за этот период с 153,0 до 141,7 тыс. человек, или на 7,4 %.

В результате производительность труда на одного занятого на предприятиях перерабатывающей промышленности возросла с 2010 г. по 2016 г. в постоянных ценах 2010 г. с 220,0 млн руб. до 274,7 млн руб., достигнут темп роста 124,9 %.

Финансовыми источниками роста производительности труда на основе технического обновления и совершенствования сельскохозяйственного производства выступают расходы государственного бюджета и инвестиции капитала с привлечением прямых иностранных инвестиций.

Программой социально-экономического развития Республики Беларусь на 2016–2020 годы для повышения финансовой устойчивости и технологического уровня сельского хозяйства предусмотрено продолжение работы по привлечению в агропромышленный комплекс частных инвесторов на принципах окупаемости и эффективности.

Удельный вес расходов на сельское хозяйство, рыбохозяйственную деятельность в расходах консолидированного бюджета сократился с 10,0 % в 2010 г. до 7,3 % в 2016 г. Сумма расходов возросла с 5313,8 млрд руб. до 2001,1 млн руб. и составила 3,8 раза к уровню 2010 г.

Государственной программой развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2016–2020 годы источниками финансирования мероприятий определены средства республиканского бюджета в размере 2,3 % от общей величины финансирования; средства местных бюджетов – 1,9 %; кредитные ресурсы – 5,4 %, из них льготные кредиты – 1,4 %; собственные средства субъектов, осуществляющих деятельность в области агропромышленного производства – 90,4 % от общей суммы финансирования 2209901,3 млрд руб.

На прямое государственное финансирование АПК Беларуси в 2016 г. было выделено на гектар сельхозугодий по среднему официальному курсу около 117 дол. (в 2015 г. – 130 дол./га, в 2012 г. – 199 дол./га, в 2011 г. – 195 дол./га) [2].

В этих условиях основным фактором технологического обновления производства является устойчивый рост инвестиций капитала.

Инвестиции в основной капитал в сельском хозяйстве в фактически действовавших ценах в 2016 г. достигли 1723,3 млн руб., увеличившись по сравнению с 2010 г. в 1,9 раза. В сопоставимом виде величина инвестиций в 2016 г. в постоянных ценах 2010 г. равнялась 3556,3 млрд руб., или 38,5 % к уровню 2010 г.

Инвестиции в основной капитал в производстве продуктов питания, напитков и табачных изделий в 2016 г. в текущих ценах составили 676,8 млн руб. Доля предприятий пищевой промышленности в инвестициях в обрабатывающую промышленность снизилась с 18,6 % в 2010 г. до 16,8 % в 2016 г.

Значимым фактором роста эффективности производства является привлечение в экономику иностранных, в том числе прямых инвестиций.

Динамика поступления иностранных инвестиций свидетельствует о более высоких темпах роста инвестиций в сельское, лесное и рыбное хозяйство по сравнению с инвестициями в производство продуктов питания, напитков и табачных изделий и общим объемом инвестиций в реальный сектор экономики.

За 2010–2016 гг. всего поступило инвестиций 92256,6 млн дол. (152,6 % к уровню 2010 г.), в том числе в сельское, лесное и рыбное хозяйство – 542,4 млн дол. (180,2 % к 2010 г.), в предприятия пищевой промышленности – 1371,5 млн дол. (158,2 к уровню 2010 г.)

Вместе с тем сумма инвестиций в сельское хозяйство была ниже инвестиций в переработку сельскохозяйственной продукции в 2,5 раза, а среднегодовой удельный вес инвестиций в сельское хозяйство составил 0,6 % по сравнению с 1,5 % с инвестициями в перерабатывающие предприятия.

Особенностью привлечения иностранных инвестиций явилось их снижение в 2016 г. по сравнению с предыдущим периодом. Сумма всех иностранных инвестиций равнялась 8 559,8 млн дол., что составило 75,4 % к уровню 2015 г. и 94,2 % к уровню 2010 г. При этом иностранные инвестиции в сельское хозяйство в сумме 40,2 млн дол. были равны 34,1 % к инвестициям 2015 г. и 87,6 % к инвестициям 2010 г. Иностранные инвестиции в пищевую промышленность в 2016 г. составили 186,5 млн дол., что выше уровня 2015 г. на 44,7 % и выше уровня 2010 г. на 42,7 %.

Аналогичное положение сложилось и в поступлении прямых иностранных инвестиций.

Всего за 2010–2016 гг. поступило 64598,1 млн дол., из них 420,6 млн дол. в сельское, лесное и рыбное хозяйство; 911,2 млн дол. – в производство продуктов питания, напитков и табачных изделий. Общий темп роста составил 11,6 раза при темпе роста в аграрное производство – 10,8 раза, предприятия переработки сельскохозяйственной продукции – 19,6 раза.

При этом в 2016 г. все прямые инвестиции равнялись 95,7 % от уровня 2015 г., в сельское, лесное и рыбное хозяйство – 15,6 %; в перерабатывающие предприятия – 152,7 %.

Низкий темп роста вложений в сельское хозяйство в 2016 г. был вызван значительным увеличением

прямого иностранного финансирования в 2015 г. Из суммы прямых иностранных инвестиций в сельское, лесное и рыбное хозяйство – 420,6 млн дол. в 2015 г. прямые зарубежные капиталовложения составили 107,7 млн дол., или 25,6 %.

Повышение производительности труда в АПК требует улучшения финансового положения сельскохозяйственных предприятий.

За период 2010-2016 гг. выручка от реализации продукции в хозяйствах всех категорий в текущих ценах выросла с 16602,4 млрд руб. до 10004,8 млн руб., или в 6,0 раза, в том числе в сельскохозяйственных организациях – в 6 раз, крестьянских (фермерских) хозяйствах – в 7,7 раза. Среднегодовой темп роста выручки в сельском хозяйстве составил 139,5 %; в сельхозорганизациях – 139,6 %; крестьянских (фермерских) хозяйствах – 143,2 %.

Однако финансовое положение сельхозорганизаций было неустойчивым. В 2010 г. был получен убыток от реализации продукции в сумме 179,8 млрд руб. В 2012 г. обеспечен рост прибыли до 8814,8 млрд руб., но падение объемов производства в сельском хозяйстве в 2013 г. и в 2015 г. привело к падению темпов роста выручки и прибыли. В 2015 г. прибыль от реализации составила 466,3 млрд руб., в 2016 г. повысилась до 215,9 млн руб.

В крестьянских (фермерских) хозяйствах в течение всего периода было обеспечено получение прибыли. С 2010 г. по 2016 г. прибыль от реализации увеличилась с 80,2 млрд руб. до 57,6 млн руб., или в 7,2 раза.

В целом в сельском хозяйстве убыток от реализации продукции в 2010 г. составил 99,6 млрд руб., в 2016 г. получена прибыль 273,5 млн руб., что выше уровня 2015 г. в 2,7 раза, но по сравнению с 2014 г. произошло понижение прибыли в 1,8 раза.

Неустойчивым являлся и конечный результат инвестиционной и финансовой деятельности предприятий. В 2015 г. чистый убыток в сельском хозяйстве составил 55,8 млрд руб., из которого убыток, допущенный сельскохозяйственными организациями, был равен 533,3 млрд руб., крестьянские (фермерские) хозяйства получили 477,5 млрд руб. чистой прибыли. В 2016 г. в сельском хозяйстве обеспечена чистая прибыль в сумме 277,6 млн руб., в сельскохозяйственных организациях – 219,8 млн руб., в крестьянских (фермерских) хозяйствах – 57,8 млн руб.

Убыточная деятельность сельхозорганизаций в 2015 г. привела к понижению темпа роста чистой прибыли в сельском хозяйстве, который за 2010-2016 г. составил всего 197,6 % по сравнению с темпом роста выручки – 602,6 % и прибыли от реализации продукции – 617,0 %.

Данное положение вызвано увеличением количества убыточных организаций в аграрном секторе. Если в 2010 г. в сельском хозяйстве было 132 убыточных организации, то в 2016 г. их количество возросло до 606. Число убыточных сельхозорганизаций увеличилось с 60 до 437, крестьянских (фермерских) хозяйств – с 72 до 169. Удельный вес убыточных организаций в общем количестве организаций составил в 2016 г. в сельском хозяйстве 18,0 %, из них сельхоз-

организаций – 27,9 %; крестьянских (фермерских) хозяйств – 9,4 %.

Соответственно произошло увеличение суммы чистого убытка убыточных организаций с 76,9 млрд руб. в 2010 г. до 397,3 млн руб. в 2016 г., из которой 394,2 млн руб. чистого убытка получено сельскохозяйственными организациями.

В результате рентабельность реализованной продукции в сельском хозяйстве в 2016 г составила 3,1 %, в том числе в сельхозорганизациях – 2,5 %; крестьянских (фермерских) хозяйствах – 28,9 %. Рентабельность продаж равнялась соответственно 2,7 %; 2,2 %; 20,5 %.

В сложном финансовом положении находятся и предприятия, перерабатывающие сельскохозяйственную продукцию.

С 2010 г. по 2016 г. в производстве продуктов питания, напитков и табачных изделий число убыточных организаций возросло с 8,1 % до 16,6 % от общего количества организаций. Рентабельность продаж перерабатывающих предприятий повысилась с 7,3 % до 10,7 %.

Финансирование предприятий АПК за счет средств государственного бюджета и привлечения инвестиций требует повышения отдачи от вложенных средств.

Расходы консолидированного бюджета на сельское хозяйство в фактически действовавших ценах увеличились с 2010 г. по 2016 г. до 2 млрд руб., или в 3,8 раза. Выручка от реализации продукции сельского хозяйства на 1 руб. расходов консолидированного бюджета за данный период возросла в 1,6 раза с 3,12 руб. до 5,0 руб. При этом темп роста в 2016 г. составил 99,8 % к уровню 2015 г.

Инвестиции в основной капитал в сельском хозяйстве за 2010 – 2016 гг. повысились в 1,9 раза. В 2016 г. было инвестировано вложений на 16,8 процентных пункта меньше, чем в 2015 г. Выручка от реализации продукции на 1 руб. инвестиций равнялась в 2010 г. 1,79 руб.; в 2015 г. – 4,42 руб.; в 2016 г. – 5,78 руб. Темп роста выручки на 1 руб. инвестиций за 2010 – 2016 гг. достиг 3,2 раза.

Вместе с тем показатели прибыли и чистой прибыли на 1 руб. инвестиций в основной капитал в сельском хозяйстве являются неустойчивыми.

В 2010 г. чистая прибыль от реализации продукции на 1 руб. инвестиций была отрицательной. В сельском хозяйстве она составила -0,01 руб., в том числе в сельхозорганизациях -0,02 руб. В 2016 г. по сравнению с 2015 г. прибыль в сельском хозяйстве повысилась с 0,05 руб. до 0,12 руб., в сельхозорганизациях – с 0,05 руб. до 0,12 руб.

Чистая прибыль на 1 руб. инвестиций в сельском хозяйстве равнялась в 2010 г. 0,15 руб., в сельхозорганизациях – 0,14 руб. В 2015 г. получен убыток -0,003 руб. в результате убытка в сельхозорганизациях -0,03 руб. В 2016 г. чистая прибыль на 1 руб. инвестиций в сельском хозяйстве и в сельхозорганизациях повысилась до 0,13 руб.

В сфере переработки сельскохозяйственной продукции объем производства продуктов питания, напитков и табачных изделий на 1 руб. инвестиций

возрос с 16,83 руб. в 2010 г. до 18,01 руб. в 2015 г. и 30,6 руб. в 2016 г. Общий темп роста достиг 1,8 раза.

Анализ свидетельствует о необходимости повышения эффективности использования основного капитала в условиях сокращения трудовых ресурсов для повышения производительности труда в агропромышленном комплексе.

Условием реализации намеченного в Основных положениях программы социально-экономического развития Республики Беларусь на 2016 – 2020 годы обеспечения конкурентных преимуществ в сельском хозяйстве определена задача формирования механизма, стимулирующего сельскохозяйственных производителей к снижению затрат и эффективной деятельности.

Государственной программой развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2016 – 2020 годы намечены: рост производительности труда в сельском хозяйстве в 1,4 раза к уровню 2015 года и повышение доходности субъектов, осуществляющих деятельность в области агропромышленного производства.

В качестве приоритетных направлений предусмотрены: повышение эффективности производства сельскохозяйственной продукции за счет внедрения ресурсосберегающих технологий, обеспечивающих сокращение материальных и трудовых затрат; снижение себестоимости; улучшение качества продукции для обеспечения ее конкурентоспособности на внутреннем и внешних рынках. Рост объемов производства продукции растениеводства в хозяйствах всех категорий должен составить 9,3 %; рост объемов производства продукции животноводства – 18,3 % к уровню 2015 года. В результате технического перевооружения агропромышленного комплекса энергооборуженность труда в организациях, осуществляющих деятельность в области сельского хозяйства, должна повыситься до 75 л.с. В результате реализации намеченных мероприятий рентабельность продаж в сельском хозяйстве должна вырасти до 10 %.

Решение задачи обеспечения конкурентоспособности на основе роста производительности труда требует инновационного развития сельского хозяйства.

В последние годы положительным моментом развития растениеводства является последовательная оптимизация посевов сельскохозяйственных культур, что в конечном итоге позволяет укреплять материально-техническую базу и технологическую дисциплину, совершенствовать технологию возделывания культур. [2].

Современный уровень производства продукции растениеводства и животноводства предполагает применение инновационных технологий и высокопроизводительных технических средств механизации. Основной акцент в развитии аграрного производства в Республике Беларусь делается на повышение производительности труда путем дальнейшей механизации и автоматизации сельского хозяйства, перехода к концепциям точного земледелия [3-4].

Приоритетным направлением РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» является стратегия повышения уровня энергонасыщенности агропромышленного комплекса. С учетом роста объема механизированных работ, укрупнения сельскохозяй-

ственных организаций поставлена задача: обеспечить показатель энергонасыщенности на уровне среднеевропейских значений – 244 л.с./100 га сельхозугодий. Комплексный план концепции системы машин и оборудования для реализации инновационных технологий производства, первичной переработки и хранения основных видов сельскохозяйственной продукции до 2020 года предусматривает использование качественно нового поколения машин и агрегатов [5-6].

В аграрном секторе предусмотрен переход к системам точного земледелия (СТЗ), позволяющим с учетом неоднородного плодородия различных участков земли производить сельскохозяйственную продукцию с помощью достижений научно-технического прогресса, космических и IT-технологий.

В АПК значительные возможности инновационного развития, создания продукции с высокой добавленной стоимостью на основе привлечения государственных и частных, в том числе иностранных инвестиций, имеют перерабатывающие предприятия. Концепцией Государственной программы инновационного развития Республики Беларусь на 2016 – 2020 годы на предприятиях пищевой промышленности намечено создать высокотехнологичные производства безотходного и ресурсосберегающего типа [3].

Важным фактором повышения эффективности производства является проведение структурных преобразований в агропромышленном комплексе, углубление специализации и повышение концентрации производства, развитие крупных кооперативно-интеграционных формирований, в рамках которых осуществляется производство сельскохозяйственной продукции и продуктов питания.

Концентрация производства, создание эффективных экспортно-ориентированных интеграционных структур в производстве сельскохозяйственной продукции обеспечивает создание сырьевой зоны и обеспечение стабильности поставок сырья, повышение эффективности использования материальных ресурсов и производственно-технической базы подразделений предприятий при организации полевых работ в сельском хозяйстве.

Результатом является рост производительности труда, повышение объемов и качества производимой продукции в сельском хозяйстве и переработке сельскохозяйственной продукции, усиление ее конкурентоспособности на внутреннем и внешнем рынках.

Заключение

В качестве одного из основных факторов роста темпов аграрного производства в Государственных программах развития сельского хозяйства и на II Съезде ученых Республики Беларусь определена необходимость научно-технического совершенствования агропромышленного комплекса, повышения уровня производительности труда в сельскохозяйственном производстве как главного резерва роста конкурентоспособности сельскохозяйственной продукции и продовольствия.

В АПК осуществляется переход к инновационным технологиям, предполагающим применение но-

вой сельскохозяйственной техники, элементов автоматизации, систем точного земледелия. Конкурентоспособное развитие аграрной отрасли требует инвестирования в освоение инновационных технологий, технологическую модернизацию и автоматизацию, совершенствование системы контроля безопасности сельскохозяйственной продукции.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Выступление Президента Беларуси Александра Лукашенко на II Съезде ученых Республики Беларусь // Беларусь сегодня. – 2017. – 13 декабря.
2. Тенденции и направления развития АПК Рес-

публики Беларусь / В.Г. Гусаков [и др.] // Аграрная экономика. – 2017. – № 7. – С. 2-16.

3. Проблемы и перспективы инновационного развития агропромышленного комплекса Республики Беларусь / В. Чабаткуль [и др.] // Аграрная экономика. – 2017. – № 7. – С. 17-25.

4. Пинчук, М. Эффективный тандем / М. Пинчук // Экономика Беларуси. – 2018. – № 1. – С. 58-64.

5. Богачева, О. Через призму региона / О. Богачева // Экономика Беларуси. – 2017. – № 4. – С. 10-15.

6. Михайловская, С. Урожайность под контролем / С. Михайловская // Экономика Беларуси. – 2017. – № 3. – С. 80-85.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 26.06.2018

УДК 637.13:338.4

РЕЗЕРВЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННО-СБЫТОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ ПО ПЕРЕРАБОТКЕ МОЛОКА

Е.С. Пашкова,

ст. преподаватель каф. менеджмента и маркетинга БГАТУ

Л.А. Расолько,

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

В.В. Маркевич,

нач. учебно-методического отдела БГАТУ

М.В. Бренч,

ст. преподаватель каф. управления охраной труда БГАТУ

В статье проанализированы основные проблемы производственно-хозяйственной деятельности молочных заводов республики во взаимосвязи с коммерческим успехом в процессе реализации потребителю конечной продукции.

Ключевые слова: молочные продукты, ассортимент, безопасность, упаковка, маркировка, спрос, предложение, реализация.

The article analyzes the main problems of the production and economic activities of dairy factories of the republic in conjunction with commercial success in the process of selling final products to consumers.

Keywords: dairy products, assortment, safety, packaging, labeling, demand, supply, implementation.

Введение

Во всем мире предприятия, перерабатывающие молоко на молочные пищевые продукты, уже давно держат курс на инновации в области производства вкусных и полезных продуктов питания. Не являются исключением и предприятия агропромышленного комплекса Республики Беларусь. Ассортиментный перечень производимой ими молочной продукции превышает 90 наименований, куда включаются цельномолочные, кисломолочные продукты, масложировая продукция, сыры сычужные, рассольные, плавленые, продукты детского питания и др.

Насыщение рынка молочными товарами сегодня происходит в такой мере, что предприятиям приходится бороться за своих покупателей, и это приводит к пониманию исключительной роли успешного сбыта продукции и внедрению современных инновационных технологий в производство. Во всех производственных сферах перед производителями стоят главные проблемы сбыта своей продукции: как продать выгоднее, быстрее и как продавать постоянно.

Целью настоящей работы является исследование основных подходов к вышеназванным проблемам сбыта молочной продукции, что напрямую связано с повышением эффективности производственно-хозяйственной

деятельности предприятий агропромышленного комплекса по переработке молока на продукты питания.

Основная часть

На основании многочисленных профильных опросов потребителей молочной продукции можно выделить следующие критерии, которые имеют значение для покупателей:

- качество и безопасность;
- натуральность и полезность продукта;
- свежесть и срок годности (меньший срок хранения служит подтверждением свежести продукта);
- состав продукта (отсутствие консервантов и красителей, мало сахара в рецептуре);
- вкусовые качества продукта (разнообразие натуральных наполнителей, особенно фруктовых и зерновых);
- упаковка продукта (удобство, наличие крышки и дизайн);
- производитель и марка товара.

Дадим оценку отдельным перечисленным критериям, которые значимы для потребителей молочной продукции.

Доктор У.Э. Деминг, определяя первый принцип обеспечения качества, говорил: «Качество начинается с улаживания потребителя» [1]. Термин «улаживание» как нельзя точно оценивает то состояние потребителя, к которому надо стремиться производителю молочных товаров. Изготовитель должен стремиться не только к удовлетворению ожидания потребителя – это самое малое, что он может сделать, но и заставить потребителя восторгаться, предоставляя ему даже больше того, что он может ожидать. Качество молочной продукции ассоциируется с ее безопасностью. Важным направлением обеспечения безопасности выпускаемой продукции является функционирование и сертификация международной системы НАССР (ХАССП) на предприятии, как наиболее эффективной формы контроля, признанной в мировом сообществе и установленной в странах Евросоюза. Перерабатывающему предприятию следует обязательно сертифицировать действующую систему НАССР для всего ассортимента производимой молочной продукции.

Контроль качества и безопасности выпускаемой продукции осуществляется производственной лабораторией, которая должна быть аккредитована по СТБ ИСО МЭК 17025 на техническую компетентность.

Эту информацию следует вынести в виде маркировки на упаковке конечной продукции для сведения покупателя.

При производстве безопасных молочных продуктов предприятие учитывает возможные риски: физические, химические и биологические. Вышеназванные риски контролируются системой НАССР, обеспечивая тем самым безопасность пищевых продуктов. В соответствии с действующим законодательством, персональную ответственность за безопасность выпускаемой продукции несет руководство предприятия. По-

этому оно и определяет, и документирует политику в области безопасности конечной продукции, обеспечивает ее осуществление и поддержку на всех уровнях. Политика в области безопасности должна быть практически применимой и реализуемой, соответствовать требованиям нормативных правовых актов.

Натуральность и полезность молочных продуктов приносит ощутимую пользу для потребителей и определяется наличием в их рецептуре нефальсифицированного сырья – молока и отсутствием заменителей молочных ингредиентов. Производство фальсифицированной молочной продукции порождается стремлением недобросовестных производителей снизить себестоимость своей продукции за счет фальсификации. Самый распространенный способ фальсификации – использование немолочных жиров, причем не только пальмового масла, о котором идут бесконечные дебаты, но и жиров животного происхождения, в частности, говяжьего. Недобросовестные переработчики заменяют молочный жир на говяжий или пальмовое масло, цена которых значительно ниже, и снижают себестоимость конечной молочной продукции на 30-49 % [2]. Известны случаи фальсификации молочного белка (самого дорогостоящего компонента молока) растительными ингредиентами (загустителями). Наиболее распространенная категория подобного фальсификата – сыр, творог, масло. Они имеют высокую себестоимость производства. Встречаются также случаи фальсификации питьевого молока и кисломолочных напитков сухим молоком, либо сухой сывороткой. Все названное выше резко снижает полезность молочных продуктов, а в ряде случаев – опасно для здоровья потребителей.

Свежесть и срок годности – немаловажный фактор для потребителей молочной продукции. Внедрение инновационных технологий переработки молока (мембранные технологии – обратный осмос, нанофильтрация, ультрафильтрация, микрофильтрация, ультрапастеризация) позволяет сохранить свежесть и увеличить сроки годности молочных продуктов.

Состав продукта напрямую связан с его вкусовыми качествами и внесение в его рецептуру натуральных наполнителей (фруктовых, ягодных, зерновых) позволяет расширить ассортиментную линейку молочных функциональных продуктов. Существенное снижение доли сахара в рецептурах таких молочных товаров – еще не полностью выполненная технологиями предприятий задача, а ведь это не только пожелания потребителей, но и основа здорового питания. Здоровое питание и органические молочные продукты (или «экопродукты») – это недалекое будущее для перерабатывающих предприятий агропромышленного комплекса Республики Беларусь. Для производства органических молочных продуктов необходимо молочное сырье, полученное от коров, выращенных на натуральных кормах, без применения антибиотиков, гормональных ветеринарных препаратов. В органическом молочном продукте могут быть

только натуральные пищевые добавки и наполнители, а их содержание не должно превышать 5 % от массы всех компонентов. В Украине органические молочные продукты производятся уже давно (под логотипом «О») и пользуются повышенным спросом у потребителей. В Беларуси законодательная база для производства органических продуктов только разрабатывается. Правила и нормативы по органическому сельскому хозяйству будут изложены в соответствующих документах уже в недалеком будущем [3].

Трудно переоценить значение упаковки в реализации молочных товаров. В последнее время производители пищевых продуктов уделяют все больше внимания, так называемой, «smart – упаковке» («умной» или «интеллектуальной» упаковке). Такая упаковка может вступать в некий диалог с потребителем. Она не только защищает и демонстрирует содержимое, умная упаковка спасает жизни потребителей, предотвращая заболевания, дает новую жизнь брендам. Умная упаковка способна указать дату выпуска продукции, идентифицировать свое место в цене поставок, напомнить о состоянии своего скоропортящегося содержимого, подтвердить подлинность продукции, изменить микроусловия хранения и даже изменить вкусовые качества упакованной продукции [4].

Исходя из изложенного выше, можно заключить, что необходимо регулярно проводить на молочном предприятии аналитическую работу по изучению ассортимента и других изменений на внутреннем и внешнем рынках молочных продуктов. Основные направления такой работы:

1. *Изменение ассортимента молочной продукции.* Данный критерий охватывает следующие направления: появление новых видов продукции, расширение ассортиментной линейки, снятие с производства. В частности, на прилавках магазинов не так много диетических и диабетических молочных продуктов, но население нуждается в них. Йогурты и мороженое на фруктозе, молоко коровье и кефир пастеризованные и обогащенные йодированным белком, молочные продукты, обогащенные лактулозой, бифидопростокваша. Расширение ассортиментной линейки связано, в частности, с детским питанием, экопродукцией, творожными продуктами, глазированными сырками и др.

2. *Ценовая политика конкурентов.* Результаты должны быть мониторинги цен по каждому виду продукции. Необходимо изучить мероприятия конкурентов, направленные на стимулирование продаж (скидки, акции, дегустации, покупательские конференции).

3. *Качество продукции, сроки ее реализации.* Следует учитывать соответствие качества и безопасности продукции требованиям соответствующих нормативных документов. Молочная продукция является скоропортящейся, она требует специальных режимов хранения и производитель должен иметь специализированные складские помещения, что в

свою очередь увеличивает затраты на прибыль от реализации продукции.

4. *Изучение возможностей применения новой упаковки для молочной продукции.* При этом необходимо учитывать, что будущее за нанопакеткой (например, интеллектуальной упаковкой).

На рис. 1 представлена динамика производства молока в сельскохозяйственных организациях Республики Беларусь, а на рис. 2 – динамика производства молока на душу населения.

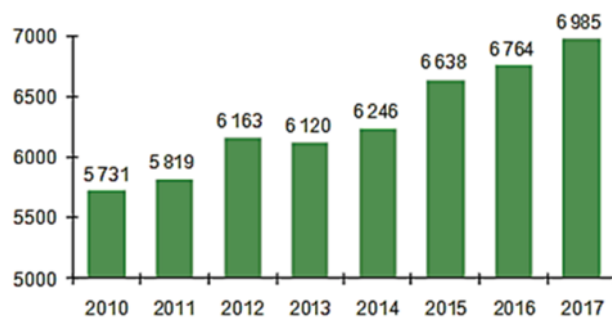


Рис. 1. Производство молока в сельскохозяйственных организациях Республики Беларусь, тыс. т [5]

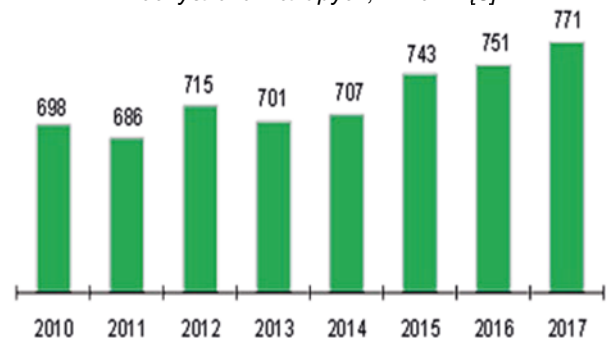


Рис. 2. Производство молока на душу населения, кг [5]

Данные рисунки показывают положительную динамику и свидетельствуют о необходимости детального анализа деятельности предприятий молочной промышленности с целью ее возможной оптимизации.

Анализ производственно-хозяйственной деятельности молочных заводов республики (ОАО «Минский молочный завод №1, ОАО «Здравушка – Милк», Светлогорский филиал УП «Калинковичский молочный комбинат» и др.) показал, что на молочных заводах необходимо постоянно проводить следующую работу в области маркетинговой и рекламной деятельности:

- определение направлений развития деятельности предприятия в отношении производства и сбыта своей продукции;
- изучение предложений и замечаний потребителей, выявление внутренних и внешних проблем предприятия и разработку оптимальных способов их решения;
- создание программы по проведению рекламных мероприятий, направленных на стимулирование продаж продукции;
- планирование маркетинговой деятельности;

- проведение маркетинговых исследований, направленных на изучение покупательского спроса;
- изучение конъюнктуры рынка и поиск новых рынков сбыта продукции;
- планирование и организация рекламной деятельности;
- участие в выставках, ярмарках;
- формирование и поддержание у потребителя позитивного имиджа предприятия.

Для поддержания стабильности в производстве качественной и безопасной продукции предприятию необходимо предпринимать меры по расширению и оптимизации существующей сырьевой зоны, либо рассмотреть вопрос об объединении завода с конкретными сырьевыми зонами так, чтобы это было взаимовыгодно для сторон. Подобное объединение будет способствовать получению молока высокого качества (сорта «экстра»), минимизации влияния сезонности в производстве молочного сыря.

Необходимо усовершенствовать лабораторную экспертизу поставляемого молока-сырца для ускоренного получения результатов по оценке его качества и безопасности, учитывая увеличение поставок сырья и погодные условия (высокая или очень низкая температура).

Администрации и руководителям подразделений, специалистам завода следует ежегодно участвовать в конференциях, обучаться на курсах повышения квалификации, ориентированных на организацию эффективной работы и совершенствование маркетинговой деятельности. Известно, что результат продаж зависит от компетенции и уровня знаний каждой службы молочного завода.

Для оптимизации деятельности отдела продаж следует провести работу по усовершенствованию системы сбора заявок, в частности – составление заявки прямо в торговом объекте с учетом существующей ситуации на полках и оптимальной выкладки полного ассортимента выпускаемой предприятием продукции. Объединив работы специалиста и оператора, можно добиться большей эффективности в реализации товара. Следует оптимизировать транспортные маршруты доставки готовой продукции предприятия по всем регионам Республики Беларусь.

Необходимо проводить работу по изучению изменений тенденций и конъюнктуры на мировом рынке молока, анализировать и отслеживать мероприятия конкурентов на внутреннем и внешнем рынках по стимулированию продаж и позиционированию их торговых марок. Нельзя забывать о работе по охране и защите прав интеллектуальной собственности. Нужны мероприятия по популяризации молочной продукции и узнаваемости торговой марки.

Следует постоянно совершенствовать систему оплаты труда всех категорий работников завода, увязав ее с показателями результативности.

Надо поощрять внедрение идей, повышающих эффективность работы завода (это экономия денеж-

ных ресурсов, либо предложения, связанные с рациональным подходом к организации труда на всех участках производства).

В связи с ростом производства и потребностей в таре, целесообразно рассмотреть унификацию и оптимизацию упаковочного материала для сокращения затрат по данной статье, а также создать условия для обеспечения целостности упаковки с продукцией. Необходимо использовать современные способы упаковки молочной продукции, например наноупаковку (в частности, умную упаковку), которая, несомненно, повысит привлекательность и продаваемость молочного товара.

Необходимо также усовершенствовать систему поставки комплектующих и систему передачи их на производство с материального склада.

Заключение

На основании изучения производственно-хозяйственной деятельности молочных заводов можно сделать следующие выводы:

- при производстве всех видов молочных товаров необходимо выработать критерии, которые помогут удовлетворить требования потребителей;
- поддерживать неповторимый стабильный вкус и запах каждого молочного продукта в ассортименте и увеличить при этом сроки реализации (особенно в летний период), что является необходимым фактором при полном охвате или расширении географии рынка продаж.

Покупатель постоянно интересуется новинками в ассортименте молочных товаров и здесь может быть интересным предложение, затрагивающее сметану и творог зерненный: необходимо проводить работу по разграничению существующих марок в зависимости от уровня дохода покупателя (элитная и для покупателей среднего класса). Это позволит разграничить поставки продукции по торговым точкам, и потребителям будет проще выбрать нужный ему товар, не затрачивая лишнее время на изучение информации на упаковке.

Необходимо постоянно проводить совершенствование вкусовой линейки глазированных сырков, разработать рекомендации по изменению их формы (не только прямоугольная, но и овальная, как в далекое советское время), рецептуры, фасовки и сроков реализации. Например, в рецептуре глазированного сырка может быть начинка из неотжатого творога, начинка типа рафаэлло, баунти, взбитая начинка суфле с различными фруктовыми наполнителями, суфле в вафельном рожке с тремя-четырьмя компонентами внутри, а также глазирование сухофруктов, орехов, зефира, мармелада.

На белорусском рынке слабо представлено производство творожных полуфабрикатов в ассортименте – сырников, масс для запекания, блинчиков, тортов, кексов, пирожных, эклеров, профитролей.

Желательно продвигать на рынок молочные продукты диетического, диабетического и профилактического направления, таких, как продукты с йодказеином, кисломолочные продукты без сахара (сегодня

пользуется спросом йогурт «Я вкусный», выработанный Минским молочным заводом №1), которых очень мало на прилавках магазинов.

Желательно ввести дополнительные мощности по производству детского молока и кефира, что диктуется спросом на этот товар и полезно не только для детей, но и пожилых людей.

Следует постоянно проводить работу по изучению и расчету эффективности производства молочной продукции для детей до 3-х лет и от 3-х до 6-ти лет. Данное направление слабо представлено на внутреннем рынке и конкурентов в этом сегменте немного.

Для оптимизации ассортимента цельномолочной продукции на молочном заводе желательно создать полный цикл переработки молока, в том числе – вторичное молочное сырье, из которого можно получить белковый концентрат сывороточный (БКС), СОМ, сухую сыворотку, продукты и напитки на основе сыворотки и пахты.

Стратегия маркетинга молочного предприятия должна строиться на основе анализа текущей динамики сбыта, изучения формирования спроса и нахождения новых ниш для новой продукции, в том числе на уже освоенных сегментах рынка. На основе постоянного отслеживания действий конкурентов необхо-

димо формировать превентивные меры, обеспечивающие поддержание достигнутых объемов продаж и их увеличение без снижения рентабельности.

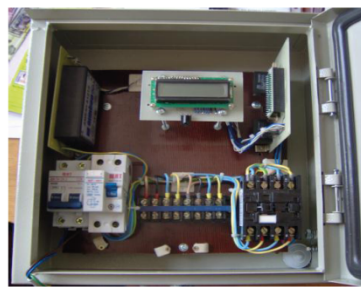
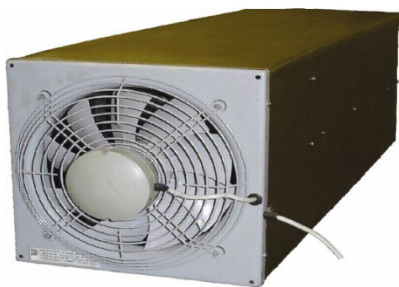
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Маслов, Д.В. Удовлетворение потребителей по-японски / Д.В. Маслов, Э.А. Белоколовин // Методы менеджмента качества. – 2005. – № 2. – С. 18-22.
2. Пономарев, А.Н. Фальсификация молока и молочных продуктов / А.Н. Пономарев, Е.И. Мельников // Молочная промышленность. – 2018. – № 2. – С. 44-45.
3. К вопросу о целесообразности производства пищевых органических продуктов / М.А. Прищепов [и др.] // Агропанорама. – 2014. – № 6. – С. 31-35.
4. Переработка сельскохозяйственной продукции. Технологии и оборудование: учеб. пособие / В.Я. Груданов [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2017. – 196 с.
5. Национальный статистический комитет Респ. Беларусь / Режим доступа: <http://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/realny-sector-ekonomiki/selskoe-hozyaistvo/graficheskii-material-grafiki-diagrammy-3>. – Дата доступа: 23.07.2018.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 10.08.2018

Автоматизированная микропроцессорная система очистки воздуха от микрофлоры на предприятиях АПК

Предназначена для очистки и обеззараживания воздуха от микрофлоры в помещениях, к которым предъявляются повышенные требования по предельному уровню содержания бактерий, вирусов плесени, грибков и других вредных микроорганизмов.



Основные технические данные

тип облучателя	закрытый (рециркуляционный)
производительность установки, м³/ч	900
подаваемое напряжение, V	220 ± 22
частота питания, Гц	50 ± 2
источник ультрафиолетового излучения (УФИ)	разрядная лампа высокого давления ДРТ-400
облучённость в эффективном спектральном диапазоне 220-400 нм, Вт/м²	45 ± 15
ресурс работы УФИ (не более), ч	2500
срок службы (не менее), лет	5
управление установкой	дистанционное (пульт ДУ)
снижение обсемененности воздуха на выходе из установки	95 %

Применение установки позволяет эффективно в автоматическом режиме по заданной программе очищать воздух в производственных помещениях предприятий, к которым предъявляются повышенные требования к чистоте воздуха.

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*

Устройство для разделки и поверхностной обработки почвенного пласта к плугу для гладкой вспашки

Предназначено для качественной обработки верхнего пласта почв различного механического состава и ее подготовки под посев почвообрабатывающими посевными агрегатами.

Устройство УП-2,0 использовалось в конструкции плуга для гладкой вспашки ПО-4+1-40К, выпускаемого ОАО «Калинковичский ремонтно-механический завод».



Основные технические данные

Выполняемые технологические процессы

Марка машины

Применяется с плугом

Рабочая ширина захвата, м

Рабочая скорость движения, км/ч

Дорожный просвет, мм

Основные показатели качества выполнения технологического процесса:

- глубина обработки, см, не более

- гребнистость поверхности поля, см

- плотность почвы (на глубине 5-8 см), г/см³

- крошение почвы (содержание фракции до 50 мм), %, не менее

Производительность за 1 час времени, га:

- сменного

- эксплуатационного

Удельный расход топлива, кг/га

Диаметр дисков, м

Масса, кг

Габаритные размеры, мм, не более

крошение, рыхление,
выравнивание, уплотнение
верхнего слоя почвы

УП-2,0

ПО-4+1-40К

2,0

6-9

300

15

3

1,0...1,3

90

1,26

1,25

14

0,46

250

3200x3100x1400



9 477207 871300 7

1 800 5