



ISSN 2078-7138

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ ДЛЯ РАБОТНИКОВ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

АГРОПАНОРАМА

№ 2
АПРЕЛЬ
2012

В номере:

Технологические и технические решения проблемы ярусного дифференцированного внесения туков

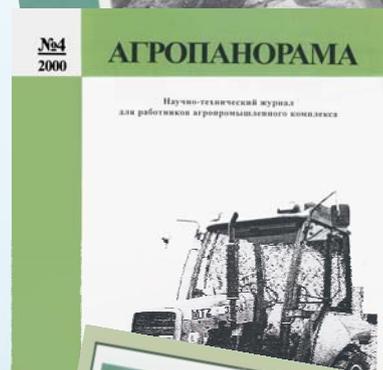
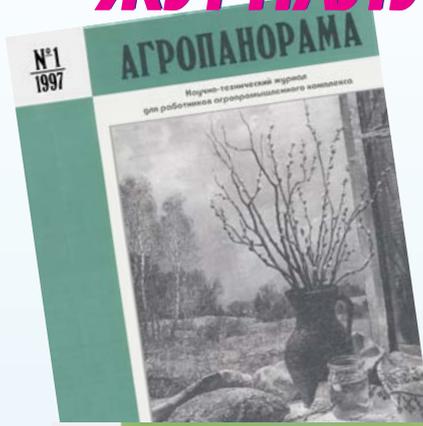
Экспериментальные исследования процесса обжарки солода для производства тёмных сортов пива

Теоретическое обоснование производительности вальцовой плющилки-измельчителя

Моделирование перспективной производственной структуры предприятий, специализирующихся на производстве молока



ЖУРНАЛУ «АГРОПАНОРАМА» - 15 ЛЕТ!



В апреле 1997 года вышел первый номер научно-технического журнала «Агропанорама». Целью его издания явилось распространение новых знаний и результатов научных исследований по сельскохозяйственным, техническим, экономическим и другим наукам в области производства и переработки сельскохозяйственной продукции, а также формирование открытой научной дискуссии, способствующей повышению эффективности научно-исследовательских работ, укреплению связи науки, образования и производства.

На страницах «Агропанорамы» нашла отражение научная деятельность известных ученых: академиков НАН Беларуси М.М. Севернева, И.С. Нагорского, Л.С. Герасимовича, Л.В. Кукреша; членов-корреспондентов НАН Беларуси А.М. Дмитриева, Г.И. Гануша, Н.В. Казаровца, П.П. Казакевича; профессоров И.Р. Размысловича, Л.М. Кожуро, В.И. Русана, И.Н. Шило, В.Н. Дашкова, А.Н. Карташевича, Л.В. Мисуна, Г.И. Януковича и многих других.

Сегодня журнал «Агропанорама» объединяет в своем авторском коллективе ученых, аспирантов, магистрантов и студентов не только нашего вуза, но и представителей других учебных заведений и научных организаций, Министерств и ведомств, производственных предприятий, а также ученых из ближнего и дальнего зарубежья.

С 2005 года журнал «Агропанорама» включен в Перечень рецензируемых научных изданий Республики Беларусь, рекомендуемых Высшей аттестационной комиссией для опубликования результатов диссертационных исследований по техническим (сельскохозяйственное машиностроение и энергетика, технический сервис в АПК), экономическим (АПК) и сельскохозяйственным (зоотехния) наукам.

Несмотря на то, что БГАТУ является учреждением образования, особое внимание в университете уделяется научно-исследовательской работе, разработке образцов новой сельскохозяйственной техники, оборудования и материалов, выпуску и внедрению в производство высокотехнологичной наукоемкой продукции. Научные достижения ученых и аспирантов нашего университета и других учреждений образования и научных организаций, опубликованные в журнале «Агропанорама», всегда востребованы, имеют научное и практическое значение, отличаются актуальностью и новизной, способствуют повышению экономической эффективности агропромышленного производства.

За период с 1997 по 2012 год вышло 90 номеров журнала, в которых опубликовано более 1000 статей. Все эти годы наше издание стремилось быть полезным информационным источником для специалистов АПК. Журнал призван помогать молодым ученым делать первые шаги в науке, а маститым – передавать свои знания и опыт ученикам и специалистам сельскохозяйственного производства.

Редакция журнала «Агропанорама» выражает искреннюю благодарность всем, чей труд способствует выходу издания в свет: редакционной коллегии, рецензентам, работникам Издательско-полиграфического центра и нашим авторам.

Приглашаем всех ученых, преподавателей, специалистов, аспирантов и студентов к сотрудничеству!

Редакция журнала «Агропанорама»

АГРОПАНОРАМА 2 (90) апрель 2012

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

Николай Владимирович Казаровец

Заместитель главного редактора
Михаил Александрович Прищепов

Редакционная коллегия:

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

В.Г. Леван – ответственный секретарь
Н.И. Цындриня – редактор

*Компьютерная верстка
В.С. Медведев*

Адрес редакции:

Минск, пр-т Независимости, д.99/1, к. 220
Тел. (017) 267-47-71 Факс (017) 267-41-16

Прием статей и работа с авторами:

Минск, пр-т Независимости, д.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, 2012, Издание университетское.
Формат издания 60 x 84 1/8.

Подписано в печать с готового оригинала-
макета 19.04.2012 г. Зак. № 413 от 18.04.2012 г.

Дата выхода в свет 30.04.2012 г.

Печать офсетная. Тираж 100 экз.

Статьи рецензируются.

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

ЛП № 02330/0552743 от 2.02.2010 г.

Выходит один раз в два месяца.

Подписной индекс в каталоге «Белпочта» - 74884.

Цена журнала на 1-ое полугодие 2012 года:
для индивидуальных подписчиков - 48330 руб.;
ведомственная - 95508 руб.;
Цена журнала - 14690 руб.

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

ЧИТАЙТЕ В НОМЕРЕ

Технологии производства продукции растениеводства и животноводства. Зоотехния

С.О. Нукешев

Технологические и технические решения проблемы ярусного
дифференцированного внесения туков.....2

Технологии переработки продукции АПК

В.Я. Груданов, В.М. Поздняков, П. Д. И. Эбиенфа

Экспериментальные исследования процесса обжарки солода для
производства тёмных сортов пива.....6

Энергетика. Транспорт

Н.Е. Шевчик, И.В. Протосовицкий, Д.И. Протосовицкий

Защита электрооборудования в сельских электрических
сетях от перенапряжений путем применения
комбинированных устройств.....11

В.А. Дайнеко, Е.М. Прищепова

Теоретическое обоснование производительности
вальцовой плющилки-измельчителя.....14

Технический сервис в АПК. Экономика

М. В. Тимошенко

Моделирование перспективной производственной структуры
предприятий, специализирующихся на производстве молока.....29

**Л.В. Мисун, В.В. Азаренко, В.А. Агейчик, А.Н. Гурина,
Ал-й Л. Мисун, Ал-р Л. Мисун**

Исследование безопасности функционирования системы
«оператор-машина-среда» в агропроизводстве.....32

С.Л. Белявская

Методика оценки рынков овощного и плодово-ягодного сырья
предприятий консервной промышленности Республики Беларусь.....35

Л.М. Акулович, А.М. Ефимов, А.В. Линник

Методы обеспечения однородности магнитного поля в
устройствах для упрочнения и обработки деталей машин
в магнитном поле.....41

Аграрное образование

В.Н. Кюрчев, В.Т. Надькто

Роль научной деятельности ТГАТУ в инновационном
развитии АПК юга Украины.....46

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ЯРУСНОГО ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОГО ВНЕСЕНИЯ ТУКОВ

С.О. Нукешев, докт. техн. наук, доцент, академик АСХН РК (Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина, г. Астана)

Аннотация

В работе приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований предложенных технологических и технических решений для ярусного внутривспашечного дифференцированного внесения туков наклонной лентой.

The results of theoretical and experimental researches of suggested technological and technical decisions for multi-stage intra soil differentiated mineral fertilization by inclined band are given in the work.

Введение

Многообразие и специфичность почвенно-климатических условий Казахстана определяют необходимость самостоятельного проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР) по созданию принципиально новых технических средств для дифференцированного внесения удобрений.

К настоящему моменту имеются объективные факторы, обостряющие проблему эффективного применения туков, определяющие актуальность ее решения. Существующие методы применения средств химизации не обеспечивают экономически эффективного и экологически безопасного производства сельскохозяйственной продукции, повышают риск загрязнения окружающей среды и продукции остатками и метаболитами агрохимикатов.

Реализация предлагаемой новой технологии ярусного дифференцированного внесения основной дозы минеральных удобрений требует новых подходов к проведению исследований и разработке технических средств.

Для ярусного внутривспашечного дифференцированного внесения минеральных удобрений в Казахском агротехническом университете им. С. Сейфуллина (г. Астана) был разработан чизель-удобритель, позволяющий осуществить ярусное внесение минеральных удобрений наклонной лентой на всю глубину рыхления 6-35 см [1]. Рабочими органами удобрителя являются экспериментальные наклонные стойки, которые обеспечивают высокое качество обработки, особенно переуплотненных и пересохших почв (рис. 1).

В процессе работы рабочие органы приподнимают и смещают пласт, разбивают и крошат уплотненные участки почвы. Конструкция рабочего органа позволяет получать минимальные развальные борозды.

Техническое средство содержит параллелограммную раму с установленными на ней наклонными рабочими органами, опорные колеса и прицеп. На раме жестко закреплен корпус распределителя удобрений с головкой, направленной вертикально вверх с подсоединенными тукопроводами.

На фронтальной части наклонного рабочего органа прикреплена накладка треугольного сечения, раздвигаящая почву. На конце стойки размещен неподвижно башмак, к которому с помощью болтового соединения прикреплено долото. В тыльной части стойки установлен распределитель минеральных удобрений, выполненный в виде прямоугольного материалопровода, разделенного на продольные отсеки с окнами. Для получения на уровне башмака нижнего



Рисунок 1. Наклонный рабочий орган

четвертого яруса к башмаку приварен удлинитель в форме прямоугольной трехгранной пирамиды.

Машина работает следующим образом. Транспортируемые из бункера с дозатором по трубопроводу потоком воздуха минеральные удобрения, через головку распределителя и тукопроводы попадают на распределитель наклонного рабочего органа.

При обработке, наклоненное к горизонту вниз и имеющее впереди скос, долото, вскрывает почву, создавая небольшое сопротивление, поскольку его ширина составляет 50-60 мм. Удобрения, попадая в распределитель, за счет продольных отсеков делятся на четыре потока и направляются к окнам, являющимся продолжениями этих отсеков. При этом удлинитель позволит увеличить глубину наклонно-ленточного внесения до 35 см. Эта конструкция обеспечивает в 2...2,5 раза больший коэффициент использования туков растениями яровой пшеницы, чем при разбросном способе и на 25...35 % выше локально-рядковых.

Это объясняется тем, что при разбросном и локально-рядковом способах внесения удобрений, питательные вещества располагаются лишь на одном уровне пахотного слоя почвы и только часть корней растений используют их. Предлагаемая конструкция рабочего органа почвообрабатывающего орудия обеспечивает размещение удобрений от 5...6 см от поверхности и до глубины – 30...35 см.

Удобритель может работать в паре с бункером посевного комплекса как культиватор-удобритель с центральной высевающей системой, автономно со своим бункером с индивидуальными дозаторами и как орудие для основной обработки почвы.

Сопротивление почвы перемещению в ней рабочего органа удобрителя

Поперечное сечение рабочего органа удобрителя – рыхлителя-распределителя представляет собой двугранный клин, одна грань (АВ) которого расположена под углом резания α к направлению движения, а другая (АД) вдоль него (рис. 2).

Рабочий орган движется в почве со скоростью v и воздействует на нее силой P_n , которая является результирующей нормальных сил и сил трения на грани

лезвия. Почва сопротивляется перемещению в ней рабочего органа следующими силами:

Q – лобовое сопротивление пласта спереди рабочего органа;

J – динамическое пульсирующее сопротивление почвы, из-за нарушения ее инерции покоя;

G_n – косою подпор пласта на грань АВ лезвия;

G_b – боковой подпор пласта на грань АД;

N_b, N_n – нормальные реакции боковой грани и лезвия;

F_b, F_n – силы трения на боковой грани и лезвии.

Очевидно, боковой подпор может возникать и на грани ВС. Однако оно значительно мало по сравнению с другими силами, и им можно пренебречь. Тем более, нарастив грань АВ, конструктивно его вообще можно свести к нулю.

Силы P_n, G_n и G_b – отклонены от нормалей к поверхностям приложения на угол трения φ и характеризуют сопротивления почвы деформациям, возникающим в ней за счет воздействия рабочего органа – рыхлителя-распределителя. Лобовой подпор направлен против движения рабочего органа.

Динамическое сопротивление J представляет собой ударные воздействия частиц почвы на лезвия рыхлителя. Очевидно, оно должно быть приложено к началу лезвия, так как именно там начинают соударяться частицы почвы с поверхностью рыхлителя-распределителя, и получают абсолютную скорость v_a . Отсюда вывод – динамическое сопротивление должно быть направлено противоположно абсолютной скорости частиц почвы и приложено к началу лезвия, т.е. к началу поступления почвы на лезвие.

Можно предположить: с какой скоростью перемещается рыхлитель-распределитель в почве, с такой же скоростью почва будет отставать от поверхности рыхлителя-распределителя. Это означает, что скорость перемещения частиц почвы по поверхности клина должна быть равна скорости перемещения в почве самого рыхлителя, т.е.: $v_{от} = v$.

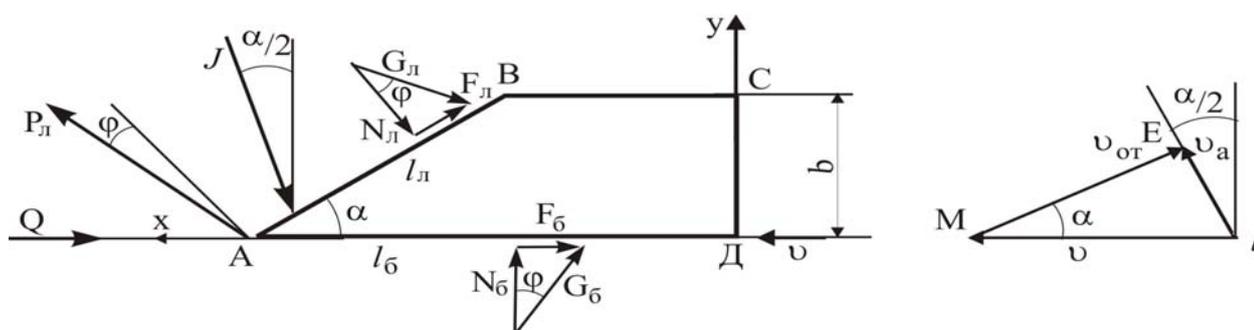


Рисунок 2. Взаимодействие рабочего органа с почвой

Анализируя действие сил при перемещении рабочего органа рыхлителя-удобрителя внутри почвы, получена зависимость тягового усилия от его конструктивных параметров и физико-механических свойств почвы:

$$P_n \sin(\alpha + \varphi) = J \sin \frac{\alpha}{2} + G_n \sin(\alpha + \varphi) + G_o \sin \varphi + Q; \quad (1)$$

$$J = 2v^2bh\rho \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \cdot \cos \alpha;$$

$$G_n = \frac{N_n}{\cos \varphi}; \quad G_o = l_o \cdot h \cdot \frac{\sigma_{сж}}{\cos \varphi}; \quad (2)$$

$$Q = b \cdot h \cdot \sigma_{сж},$$

где α – угол резания;

φ – угол трения;

b – ширина захвата;

h – глубина рыхления;

ρ – плотность почвы;

l_o – длина боковой грани клина;

$\sigma_{сж}$ – временное сопротивление

почвы сжатию.

Из выражения 1 и рис. 3 следует, что тяговое усилие имеет линейную зависимость от угла резания и скорости движения самого агрегата и варьируется в пределах от 42,45 до 180,15 кг при глубине рыхления $h=50$ см и ширине захвата – 25 см. Исходя из условия минимальности тягового усилия можно считать оптимальными значения угла резания $\alpha=16-20^\circ$ и скорости агрегата $v=1,8-2,0$ м/с.

Анализ результатов лабораторных опытов пока-

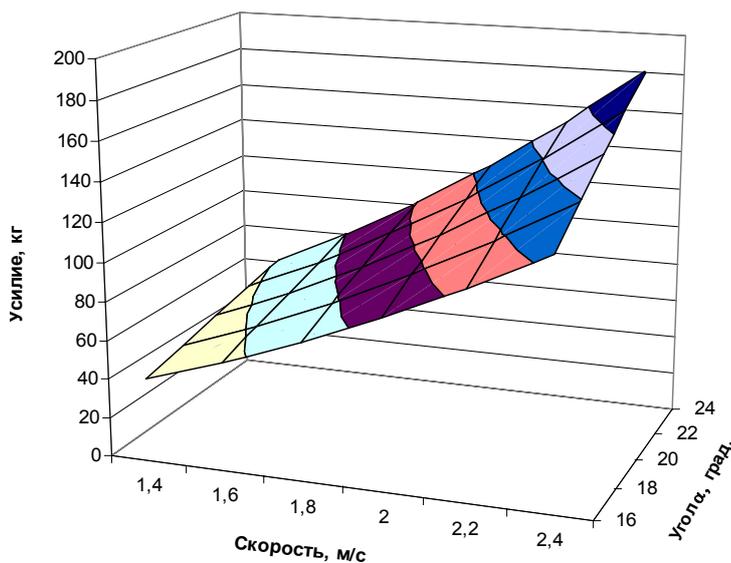


Рисунок 3. Зависимости тяговых усилий от скорости агрегата и угла резания

зывает, что неравномерность распределения удобрений по щелям при пределах изменения доз от 50 до 450 кг/га варьируется в пределах от 7,8 % при внесении гранулированного суперфосфата (кривая 1) до 22,7% при внесении порошковидного суперфосфата (кривая 2). Причем, на больших дозах внесения 200-450 кг/га и гранулированных и порошковидных удобрений резко снижается неравномерность высева и варьируется в пределах 8-10% (рис. 4). Это объясняется тем, что при заполнении прямоугольного тукопровода масса удобрений приобретает упорядоченное, равномерно-симметричное движение за счет продольных отсеков, которые делятся на четыре потока и направляются к окнам, являющимся продолжениями этих отсеков, и равномерно распределяются

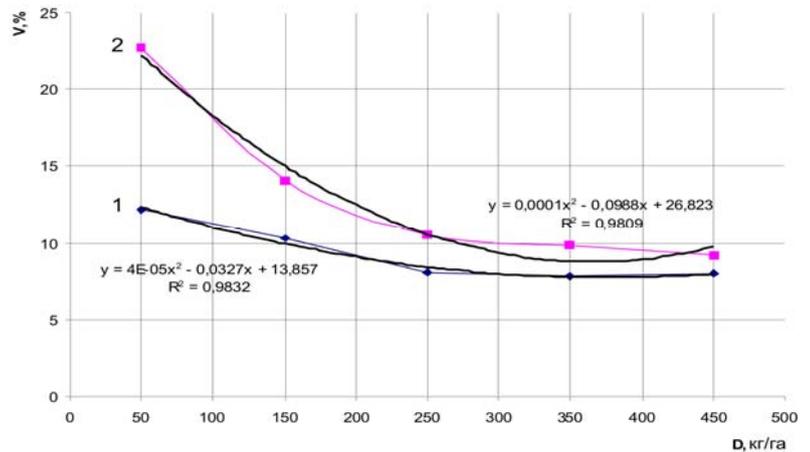


Рисунок 4. Зависимости неравномерности высева между щелями распределителя от дозы внесения

по щелям распределителя. В случае с тукопроводом круглого сечения, частицы удобрений скапливаются в нижней части за счет значительного влияния сил тяжести и вогнутой поверхности, а в прямоугольном тукопроводе вертикальные стенки распределителя не оказывают влияния на распределение гранул удобрений по сечению.

Так как отсутствуют агротехнические требования к ярусному распределению удобрений внутри почвы, за основу определения качественных показателей распределения удобрений внутри почвы приняты результаты приемочных испытаний аналогичных орудий (у рыхлителя-удобрителя РУН-4 неравномерность распределения удобрений по высоте щелей составляет 48,3%, при заданной – 50% по ТУ). Анализ сравнения показателей свидетельствует о достаточно хороших показателях качества работы разработанного технического средства.

Для более точной оценки тяговых характеристик опытного рабочего органа чизеля-удобрителя и проверки теоретических расчетных показателей, на почвенном канале проведены лабораторные опыты. Тяговое усилие записыва-

лось с помощью динамографа на миллиметровую бумагу. Динамограмма показала 95,77 кг при скорости движения 2 м/с. Сравнение показывает, что теоретические расчеты хорошо согласуются с экспериментальными.

Результаты производственной проверки технологии ярусного основного внесения удобрений чизелем-удобрителем

Реализация технологии внутривспашечного ярусного внесения наклонной лентой основной дозы минеральных удобрений на паровом поле осуществлена на основе спроектированного и изготовленного опытного образца удобрителя, прицепляемого к бункеру посевного комплекса. Производственные проверки машины осуществлены на полях ТОО «Волгодоновское» Целиноградского района Акмолинской области и ТОО ТПК «КазАгрос» Костанайского района Костанайской области Республики Казахстан на обработке пара с одновременным внутривспашечным внесением минеральных удобрений.

В качестве сравниваемой машины принят рыхлитель-удобритель РУН-4 «Минерал», предназначенный для основной обработки чистых паров и зяби с одновременным внутривспашечным внесением основной дозы минеральных удобрений на глубину 20...22 см.

Показатели качества выполнения технологического процесса приведены в табл. 1.

Неравномерность распределения удобрений по ширине рассеивателя составила 14,8 %, что в 3 раза меньше, чем у рыхлителя-удобрителя РУН-4 «Минерал». Следует отметить, что при оптимизации пара-

Таблица 1. Показатели качества выполнения технологического процесса ярусного внесения минеральных удобрений наклонной лентой

Наименование показателей	Базовое	Предлагаемое
Скорость движения машины, м/с	2,44	2,44
Пропускная способность машины, кг/с	0,015...0,06	0,013...0,06
Доза внесения удобрений, кг/га		
максимальная	480	480
минимальная	50	50
Неравномерность дозы внесения, %	14,22	12,6
Неравномерность распределения удобрений по ширине рассеивателя, %	48,3	14,8
Глубина заделки, см	20,3...21,1	5,6...34,8
Ширина ленты удобрений, см	5...6	32...35

метров щелевого распределителя, неравномерность может быть уменьшена.

Выводы

Лабораторно-полевые испытания показали, что чизель-удобритель обеспечивает обработку почвы и наклонное внесение удобрений с шириной ленты до 35 см на глубину 32...35 см и с неравномерностью распределения удобрений по ширине рассеивателя 14-15%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Патент 17401 РК.

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

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

Журнал выходит раз в два месяца, распространяется по подписке и в розницу в киоске БГАТУ. Подписной индекс в каталоге Республики Беларусь: для индивидуальных подписчиков - 74884, предприятий и организаций - 748842. Стоимость подписки на первое полугодие 2012 года: для индивидуальных подписчиков - 48330 руб., ведомственная подписка - 95508 руб.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ОБЖАРКИ СОЛОДА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ТЁМНЫХ СОРТОВ ПИВА

В.Я. Груданов, докт. техн. наук, профессор, В.М. Поздняков, канд. техн. наук, П. Д. И. Эбиенфа, аспирант, Республика Нигерия (БГАТУ)

Аннотация

В работе представлен обжарочный аппарат с комбинированным тепловым воздействием и интенсивным перемешиванием для производства карамельного солода с принципиально новыми конструктивными решениями. Определены основные факторы, влияющие на эффективность обжарки солода в аппарате. Приведены результаты серии отсеивающих экспериментов и определены диапазоны варьирования факторов для проведения многофакторного эксперимента.

This article presents a roaster with the combined effects of heat and vigorous agitation for caramel malt with a fundamentally new design solutions. The main factors affecting the efficiency of roasted malt in the machine are defined. The results of a series of screening experiments are given and the ranges of variation factors for multifactorial experiment are determined.

Введение

В условиях рыночной конкуренции производители пива вынуждены увеличивать ассортимент выпускаемой продукции. Увеличение ассортимента возможно за счет выпуска темных сортов пива, в состав которых наряду со светлыми сортами солода добавляются специальные сорта. В связи с этим, при производстве темных сортов пива возрастает потребность в высококачественных специальных сортах солода (карамельного и жжёного). Одним из основных процессов при производстве карамельного и жжёного солода является процесс его тепловой обработки, в результате которой продукт приобретает своеобразный цвет и аромат [1].

В настоящее время в Республике Беларусь используется специальный солод импортного производства. Одной из основных причин этого является отсутствие отечественного оборудования для его производства. В связи с этим, разработка отечественного высокоэффективного технологического оборудования для производства карамельного и жжёного солода является крайне актуальной задачей в рамках государственной программы «Импортозамещение».

Основная часть

Карамельный солод – это сильно окрашенный ароматический продукт, получаемый из свежепросрошенного светлого солода путем осахаривания и обжаривания. Его готовят по следующей схеме: свежепросрошенный светлый солод многократным орошением водой увлажняют до 50-60% и загружают в обжарочный барабан на 2/3 его вместимости. При частоте вращения барабана 30 мин⁻¹ солод нагревают до 70⁰С, выдерживают 40-50 мин, затем нагревают до

130-180⁰С, давая возможность солоду в это время высохнуть, и обжаривают до получения нужного цвета в течение 2,5-4,0 ч. Качество солода, в том числе и карамельного, регламентируется ГОСТом 29294 [2], в соответствии с которым карамельный солод должен соответствовать требованиям, представленным в таблице 1.

Таблица 1. Физико-химические показатели карамельного солода согласно ГОСТ 29294-92

Наименование показателя	Норма для карамельного солода	
	I класса	II класса
Массовая доля влаги (влажность) не более, %	6,0	6,0
Массовая доля экстракта в сухом веществе солода, %	75,0	70,0
Количество карамельных зёрен не менее, %	93,0	25,0
Массовая доля сорной примеси не менее, %	0,5	0,5
Цвет (величина Линтнера-Ли)	20,0	20,0

Оценка готовности солода, а, следовательно, и его качества в процессе термической обработки проводится с помощью органолептического метода и методами по ГОСТ 29294-92. Даже на современных обжарочных аппаратах, имеющих систему автоматического контроля, время и температуру обжаривания для каждой партии солода устанавливают опытным путем в зависимости, прежде всего, от начального влагосодержания сырья. Для солода отклонение начального влагосодержания от нормативного допускается в пределах 2,5-3%. Несмотря на заданное время обжаривания по

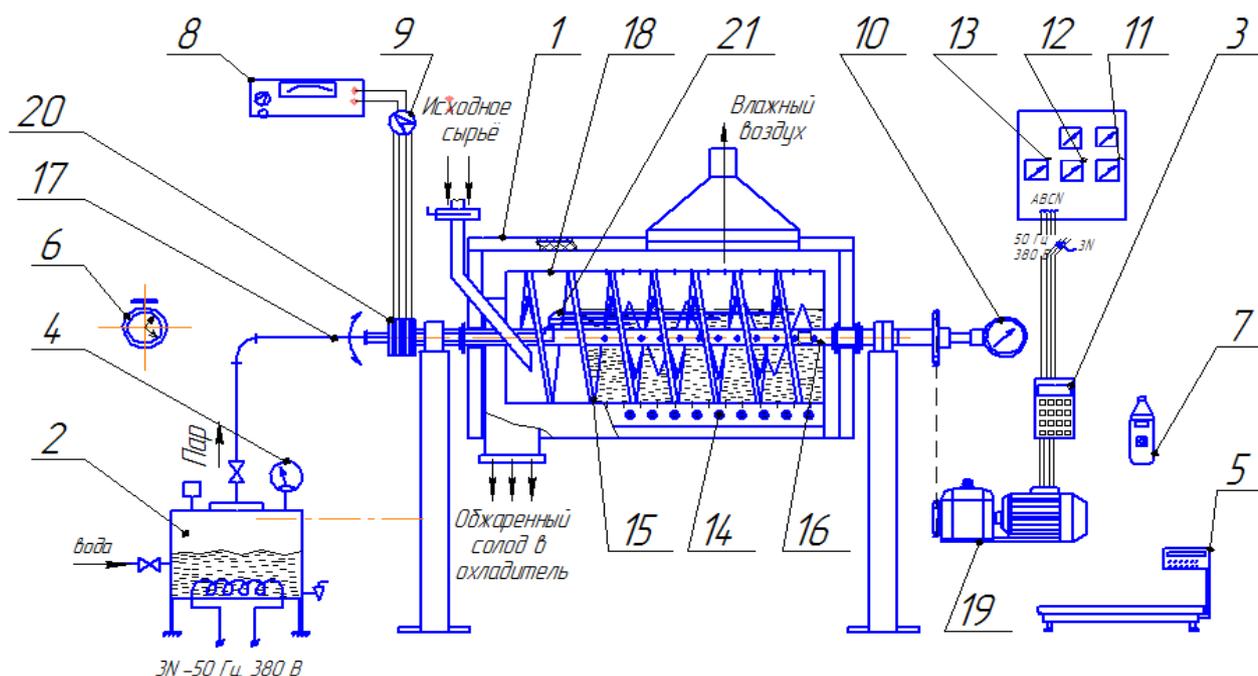


Рисунок 1. Схема экспериментального стенда:

1 – обжарочный аппарат; 2 – парогенератор; 3 – частотный преобразователь E2 -8300-007H; 4 – манометр; 5 – весы электронные SC 4010; 6 – секундомер; 7 – пирометр оптический АК ИП 9303; 8- милливольтметр; 9 – пакетный переключатель; 10 - тахометр; 11 – вольтметр; 12 – амперметр; 13 – ваттметр; 14 – ТЭНы; 15 – шнек; 16 – вал перфорированный; 17 – паропровод; 18 – обжарочный барабан с винтовыми направляющими; 19 – привод; 20 – контактная группа; 21 – термопары

программе, контроль готовности продукта в конце процесса все равно осуществляется с помощью органолептики. Определение цвета солода проводится согласно ГОСТ 29294 по цветности экстракта. Методика определения массовой доли экстракта в сухом веществе жженого и карамельного солода проводится по ГОСТ 29294 при помощи рефрактометра с контролем определения содержания сухих веществ. Применение этих показателей дает возможность своевременно регулировать процесс обжаривания и одновременно снижать потери в виде массы сухой основы, что увеличивает выход и улучшает качество готового продукта. Однако и для этих методов оценки качества готового продукта необходима серия опытов, с помощью которых было бы установлено время обжаривания и температурный режим.

В ряде работ [1, 3] предлагаемые время обжаривания и температурные режимы для одних и тех же сортов солодов различны, что указывает на разнообразие методов оценки готовности продукта в конце термической обработки и отсутствие единого подхода. Для разработки высокоэффективного обжарочного аппарата необходимо разработать обобщенную методику оценки качества готового продукта в конце процесса обжаривания и определить оптимальные параметры термической обработки солода.

Для проведения экспериментальных исследований процесса обжарки солода на кафедре «Технологии и техническое обеспечение переработки и хранения сельскохозяйственной продукции» БГАТУ был разработан и смонтирован экспериментальный стенд, схема которого представлена на рис.1, а на рис. 2 показан общий вид стенда.

Экспериментальный стенд основан на базе разработанного обжарочного аппарата с принципиально новыми конструктивными решениями [4, 5]. Цилин-



Рисунок 2. Общий вид экспериментального стенда :
1 – обжарочный аппарат; 2 – парогенератор; 3 – контрольно-измерительные приборы; 4 – персональный переносной компьютер ASUS 1005 PX

дрическая перфорированная поверхность обжарочного барабана 18 обогревается воздушными нагревательными элементами 14 (ТЭНами). Вращающийся вал 16 выполнен в виде шнека, закреплённого на валу обжарочного барабана 18 с направляющими на внутренней поверхности в виде винтовых линий с противоположным шнеку направлением витков, что обеспечивает высокую эффективность перемешивания солода во время работы аппарата. Отличительной особенностью разработанного обжарочного аппарата является наличие полого перфорированного вала 16, подключённого посредством паропровода 17 к парогенератору 2. Это позволяет производить обработку светлого солода в паровоздушной среде в обжарочном барабане 18, что не только интенсифицирует тепловой процесс, но и одновременно повышает качество готового (обжаренного) продукта за счёт получения надлежащего колера, а также удаления летучих составляющих («пригорелого» аромата и горечи).

Конструкция лабораторного обжарочного аппарата позволяет регулировать следующие режимно-конструктивные параметры процесса обжарки солода: частоту вращения шнека, температуру внутри рабочей камеры, расход и температуру греющего пара, время обжарки.

Одним из факторов, оказывающих значительное влияние на качественные характеристики готового продукта, является эффективность перемешивания солода во время термической обработки.

Эффективность смешивания рассматривают как стохастичный (случайный) процесс и определяют на основе статистических характеристик смеси. Такой характеристикой обычно служит коэффициент вариации распределения ключевого компонента в смеси.

Коэффициент вариации определяют по формуле

$$V = \frac{100}{X} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - X)^2}{n - 1}}, \quad (1)$$

где X – среднее содержание ключевого компонента в смеси, %;

X_i – содержание ключевого компонента в каждой из проб, %;

n – число проанализированных проб.

Чем ниже значение коэффициента вариации, тем более равномерно распределен компонент в смеси. При идеальном распределении компонента в смеси коэффициент вариации стремится к нулю. Важную роль при количественной оценке качества смеси играет масса отбираемых проб. Анализируемые пробы должны иметь такую массу, при которой случайные отклонения контрольного компонента в них не затуманивали бы общую картину его распределения в объёме исследуемой смеси.

Определение однородности смеси сводится к следующему. Из образца солода отбирают среднюю пробу, по которой устанавливают количество определяемого ключевого компонента (окрашен-

ные зерна ячменя). Чем больше взято проб, тем точнее может быть определена однородность смеси. Число отбираемых навесок зависит от многих факторов, учесть которые довольно сложно. Практически требуется отобрать не менее 10...15 навесок по 100 г каждая. В нашей работе для упрощения можно ограничиться 5...8.

Данные, характеризующие эффективность перемешивания в обжарочном аппарате предложенной конструкции, представлены на рис. 3.

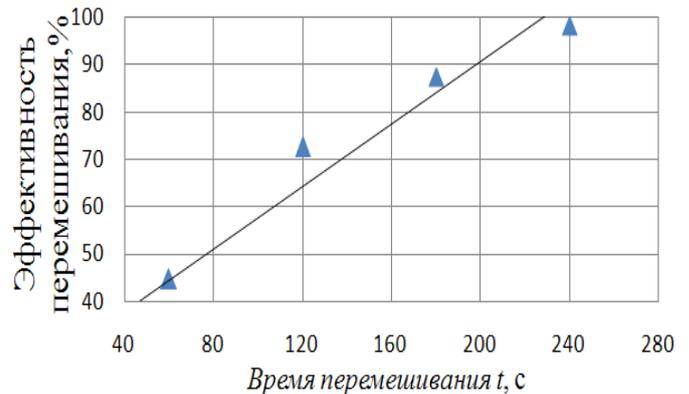


Рисунок 3. Зависимость эффективности перемешивания от времени

Как видно из данных, представленных в табл. 1, продукт достигает практически однородного перемешивания после 240 с вращения барабана. Так как тепловая обработка солода длится гораздо большее время, то считаем, что за время обжарки солод равномерно перемешивается и данный фактор можно исключить из параметров при проведении многофакторного эксперимента.

Одним из самых энергоёмких процессов по приготовлению карамельного солода является обжарка зерен, при этом качество обжарки во многом определяет конечные физико-химические и органолептические показатели карамельного солода. В табл. 2 представлены экспериментальные данные по определению влияния продолжительности обжарки (II этап) на органолептические показатели карамельного солода, при температуре в рабочей камере – 170 °С и частоте вращения барабана – 30 мин⁻¹.

На рис. 4 и 5 представлены экспериментальные данные по определению влияния продолжительности обжарки (II этап) на физико-химические показатели карамельного солода.

Как видно из приведенных выше данных, продолжительность обжарки 165 мин является оптимальной с точки зрения достижения требуемых органолептических и физико-химических параметров. Снижение продолжительности обжарки ведет к неудовлетворительным органолептическим и физико-химическим показателям, а увеличение времени обжарки приводит к возрастанию числа обгорелых зерен, что отрицательно сказывается на качестве готового пива (ухудшение цвета и аромата).

Таблица 2. Влияние продолжительности обжарки (II этап) на органолептические показатели карамельного солода

Наименование показателей	Продолжительность обжарки, мин				
	60	90	120	150	180
Внешний вид	Однородная зерновая масса, не содержащая плесневелых зерен и зерновых вредителей.				
Цвет	Светло желтый	Светло желтый	Светло желтый	От светло желтого до бурого	Бурый
Запах	солодовый	солодовый	солодовый	солодовый	пригорелый
Вкус	сладковатый	сладковатый	сладковатый	сладковатый	Сладковатый, встречаются пригорелые зерна
Вид зерна на срезе	Спекшаяся коричневая масса.	Спекшаяся коричневая масса.	Спекшаяся коричневая масса.	Спекшаяся коричневая масса.	Спекшаяся коричневая масса.

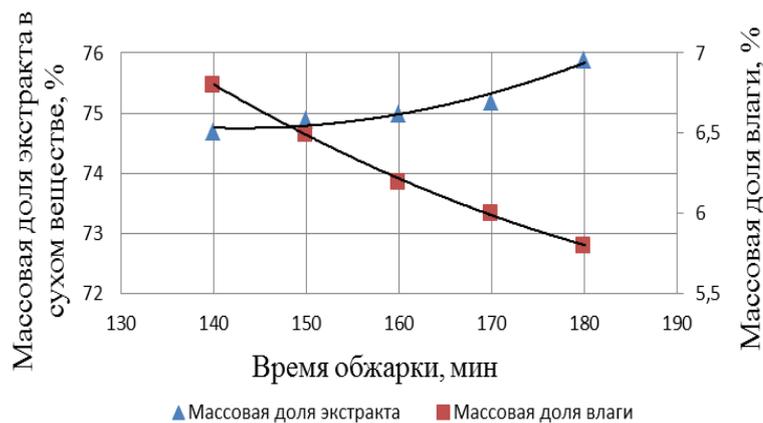


Рисунок 4. Влияние продолжительности обжарки (II этап) на массовую долю экстракта в сухом веществе и массовую долю влаги

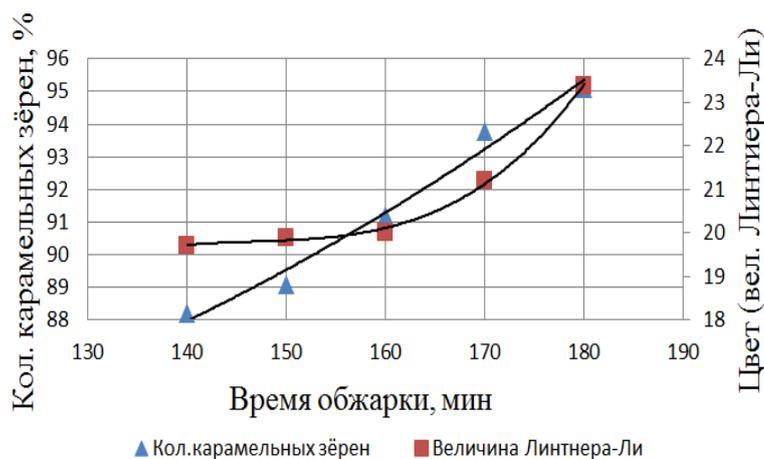


Рисунок 5. Влияние продолжительности обжарки (II этап) на количество карамельных зёрен и величину Линтнера-Ли

На качество готового солода существенное влияние оказывает температурный режим в рабочей камере обжарочного аппарата. С целью интенсификации процесса тепловой обработки продукта, в рабочую камеру обжарочного барабана подаётся влажный насыщенный пар, который вырабатывается в парогенераторе и по паропроводу подаётся во внутреннюю полость вала, и через отверстия перфорации выходит в рабочую зону с образованием паровоздушной среды. Паровоздушная среда по сравнению с воздушной обладает более высоким коэффициентом теплоотдачи, а водяной пар уже в перегретом состоянии интенсивно поглощает и переизлучает лучистую энергию, что в целом и обуславливает повышение тепловой эффективности обжарочного аппарата. Интенсификация процесса обжарки солода способствует и перфорированная поверхность обжарочного барабана (через отверстия перфорации воздух, нагретый ТЭНами, интенсивно циркулирует в зоне рабочей камеры).

Для определения влияния температуры второго этапа обжарки на физико-химические и органолептические параметры карамельного солода проводилась серия экспериментов при постоянной продолжительности обжарки – 165 мин. Влияние температуры обжарки (II этап) на органолептические показатели карамельного солода представлены в табл. 3.

Влияние температуры обжарки (II этап) на физико-химические показатели карамельного солода представлены на рис. 6 и 7.

Анализ экспериментальных данных позволяет сделать вывод, что для получения необходимых органолептических и физико-химических показателей карамельного солода температура в рабочей камере обжарочного аппарата должна находиться в пределах 160-170 °С. При этом дальнейшее увеличение температуры приводит к ухудшению качественных показателей карамельного солода и снижает энергоэффективность работы обжарочного аппарата в целом.

Заключение

На основе анализа литературных данных в области проектирования аппаратов для тепловой обработки солода предложена новая конструкция обжарочного аппарата с принципиально новыми

Таблица 3. Влияние продолжительности обжарки (II этап) на органолептические показатели карамельного солода

Наименование показателя	Температура, °C				
	140	150	160	170	180
Внешний вид	Однородная зерновая масса не содержащая плесневелых зерен и зерновых вредителей.				
Цвет	Светло желтый	Светло желтый	Светло желтый	От светло желтого до бурого	Бурый
Запах	солодовый	солодовый	солодовый	солодовый	пригорелый
Вкус	сладковатый	сладковатый	сладковатый	сладковатый	Сладковатый, встречаются пригорелые зерна
Вид зерна на срезе	Спекшаяся коричневая масса.	Спекшаяся коричневая масса.	Спекшаяся коричневая масса.	Спекшаяся коричневая масса.	Спекшаяся коричневая масса.

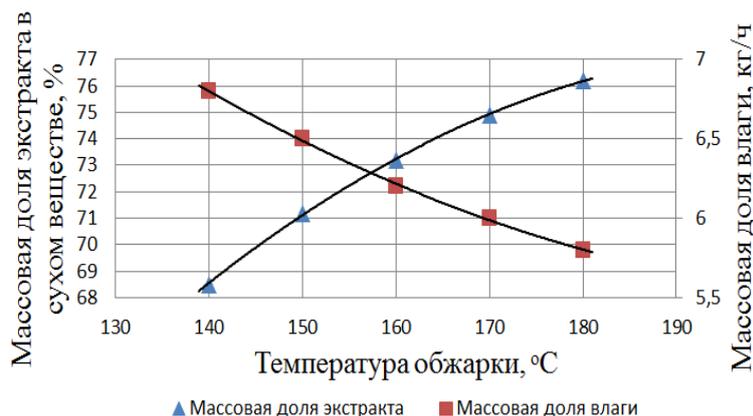


Рисунок 6. Влияние температуры обжарки (II этап) на массовую долю экстракта в сухом веществе и массовую долю влаги

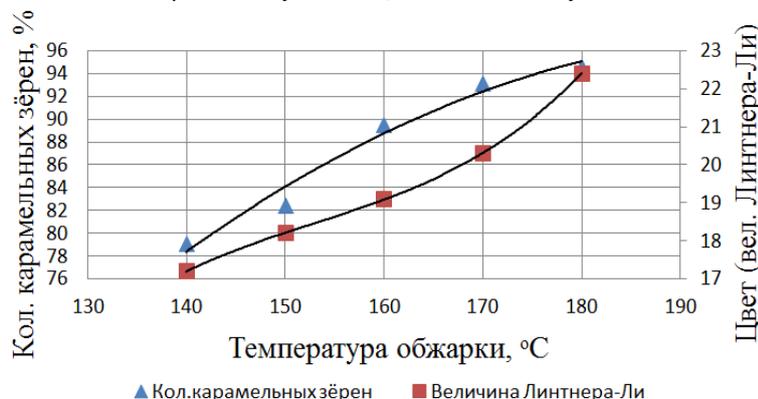


Рисунок 7. Влияние температуры обжарки (II этап) на количество карамельных зёрен и величину Линтнера-Ли

техническими решениями. Разработана и изготовлена лабораторная установка для проведения экспериментальных исследований. Исследованы основные технологические параметры солода, изменяющиеся в процессе тепловой обработки и характеризующие его качество.

Полученные экспериментальные данные позволили определить основные факторы, влияющие на эффективность процесса обжарки солода, и их диапазон варьирования для проведения полнофакторного эксперимента по комплексному изучению процесса обжарки солода:

- частота вращения шнека – (20-30 мин⁻¹);
- температура внутри рабочей камеры – 160-180 °C;
- время обжарки – 140-180 мин.

Проведение полнофакторных экспериментальных исследований позволит определить оптимальные режимно-конструктивные параметры работы разработанного обжарочного аппарата, обеспечивающие максимальную производительность при достижении высокого качества готового продукта и минимальных удельных энергозатратах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кунце, В. Технология солода и пива: пер.с нем. / В. Кунце, Г. Мит. – СПб.: Изд-во «Профессия», 2001. – 912 с., ил.
2. Мелетьев, А.Е. Технология пивоваренного и безалкогольного производства. Технологические расчеты/ А.Е. Мелетьев. – Киев, 1986. – 342 с.
3. Солод пивоваренный ячменный: ГОСТ 29294-92.
4. Обжарочный барабан: патент 8941 Респ. Беларусь, МПК7, А23 N12/10/ В.Я. Груданов, Д.Н. Иванов, А.М. Рабчинский; заявитель Могилевский гос. ун-т продовольствия. – заявл. 20.10.2004, опубл. 30.06.2005// Афіційны бюл./ Нац. Цэнтр інтэл.уласн. – 2005, № 3.
5. Обжарочный барабан: патент 9008 Респ. Беларусь, МПК7, А23 F5/04, C12 C1/18/ В.Я. Груданов, Д.Н. Иванов, А.М. Рабчинский; заявитель Могилевский гос. ун-т продовольствия. – заявл. 02.12.2004, опубл. 30.09.2005// Афіційны бюл./ Нац. Цэнтр інтэл. уласн. – 2005, № 4.

ЗАЩИТА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ В СЕЛЬСКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ ОТ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ КОМБИНИРОВАННЫХ УСТРОЙСТВ

Н.Е. Шевчик, канд. техн. наук, доцент, И.В. Протосовицкий, канд. техн. наук, доцент,
Д.И. Протосовицкий, аспирант (БГАТУ)

Аннотация

В статье приведен анализ причин возникновения импульсов напряжения и временных перенапряжений при коммутациях в сельских электрических сетях. Предложено комбинированное устройство для защиты сетей от импульсов напряжения и перенапряжений.

The article analyzes the causes of voltage pulses and temporary overvoltage during switching in the rural power networks. Combined device to protect networks from voltage pulses and overvoltage is proposed.

Введение

Увеличение эффективности сельскохозяйственного производства предъявляет повышенные требования к электроснабжению сельских товаропроизводителей, которое определяется не только надежностью работы электрических сетей, но и качеством электрической энергии.

Наименее изученными показателями качества электроэнергии являются импульсное напряжение и временное перенапряжение.

Импульсные напряжения бывают грозовыми и коммутационными. ГОСТ 13109-97 [1] регламентирует нормально допустимые значения грозовых импульсов напряжения во внешней воздушной линии 0,4 кВ, не более 10 кВ, а во внутренней сети – не более 6 кВ. Нормально допустимые значения коммутационных импульсных напряжений не должны превышать 4,5 кВ. Предельно допустимые значения импульсов напряжения не регламентируются.

Длительность временного перенапряжения не должно быть более 1 мин, и допустимое значение коэффициента временного перенапряжения зависит от времени. Если длительность перенапряжения меньше 1 с., то допустимое значение коэффициента временного перенапряжения $1,47U_n$, если же перенапряжение длится до 1 мин – допускается $1,15U_n$.

Импульсы напряжения 6 и 4,5 кВ, а также временные перенапряжения могут вызвать пробой изоляции в электрических двигателях при его включении, особенно, если двигатель эксплуатируется в сыром помещении. Если пробоя изоляции нет, импульс напряжения на работу электрического двигателя практически не влияет из-за его кратковременности. Но на оборудование, оснащенное современной электроникой, особенно с микропроцессорным управлением, импульсы и временные перенапряжения сказываются крайне отрицательно: происходит пробой тиристорov, транзисторов, микросхем. Кроме того, импульсы напряжения являются источниками электромагнитных помех, приводящих к нарушениям и сбоям в работе электромагнитных

устройств, использующих программное и микропроцессорное управление [2].

Указанная проблема особенно обострилась в последнее время в связи с тем, что в распределительных сетях напряжением 0,4 кВ постоянно увеличивается доля электрооборудования на базе микроэлектронной, микропроцессорной и силовой полупроводниковой техники, растет объем и важность возлагаемых на нее задач, и, соответственно, возрастают требования к ее надежности и защищенности от дестабилизирующих факторов, так как при отказе оборудования понесенные убытки могут быть столь же масштабными, как и сами возлагаемые задачи, что делает особенно значимым вопрос защиты линий и потребителей от импульсов и перенапряжений.

Измерение импульсных напряжений и временных перенапряжений требует специальных приборов, которых, как правило, на предприятиях нет, поэтому часто причина выхода из строя оборудования из-за импульса и кратковременного перенапряжения только предполагается.

Поэтому целью данной работы является повышение надежности защиты оборудования сельских электрических сетей от импульсов напряжения и перенапряжений

Основная часть

Рассмотрим часть электрической сети, включающей в себя линию электропередач 10 и 0,4 кВ и трансформаторную подстанцию 10/0,4 кВ. На трансформаторной подстанции имеются предохранители 10 кВ, автоматические выключатели 0,4 кВ и конденсаторные батареи для компенсации реактивной мощности, которые могут быть установлены на стороне 10 кВ или на стороне 0,4 кВ. Нагрузка низковольтных электрических сетей – активно-индуктивная.

Согласно теории переходных процессов [3], коммутационные перенапряжения в электрических системах связаны с изменением схемы или её параметров, при этом переходные процессы могут иметь

колебательный характер, связанный с обменом энергией между индуктивностью и емкостью.

В сельских низковольтных электрических сетях возможны следующие коммутации, которые теоретически могут сопровождаться возникновением коммутационных перенапряжений:

- отключение нагрузки индуктивного характера;
- отключение коротких замыканий аппаратами защиты и срабатывание предохранителей;
- обрыв в линии электропередач.

В электрических сетях включение и отключение линии производится выключателем нагрузки, рассчитанным на ток короткого замыкания, и его охлаждающая способность при коммутации обычных нагрузок намного больше энергии, рассеиваемой в дуге. Поэтому при отключении нагрузки с индуктивным характером дуга будет неустойчивой. В результате возникает колебательный процесс высокой частоты (порядка 1 МГц), связанный с обменом энергии между емкостями и индуктивностью нагрузки через выключатель.

Во время этого колебательного процесса имеет место прохождение тока через нуль раньше, чем на промышленной частоте 50 Гц (рис. 1 а). Поэтому выключатель производит отключение тока также раньше, чем при нормальном его прохождении через нуль на частоте 50 Гц. Ток, проходящий по индуктивности в момент погасания дуги, называется током среза.

Колебания тока сопровождается перенапряжением (рис. 1 б).

Максимальное значение перенапряжения (U_{max}) можно рассчитать по следующей формуле:

$$U_{max} = \sqrt{u_0^2 + \frac{L}{C} \cdot i_c^2}, \quad (1)$$

где u_0 – напряжение в момент размыкания контактов;

i_c – ток среза;

L, C – эквивалентные индуктивность и емкость цепи.

Если пренебречь сопротивлениями дуги и элементов цепи выключателя, напряжения со стороны источника питания и на нагрузке до момента среза будут равны.

Формула (1) демонстрирует влияние характеристик сети и тока среза на значение перенапряжения. При этом следует принять во внимание, что сам ток среза также зависит от значения емкости и индуктивности цепи. Поэтому в настоящее время не существует общепринятой теории расчета тока в процессе его отключения, и влияние отдельных факторов на его значение определяется преимущественно экспериментальным путем, что не дает четкого представления о возможных параметрах коммутационных перенапряжений.

Если отношение индуктивности к емкости цепи значительное, колебательного процесса не возникает, и ток дуги при нормальном прохождении его через нуль на промышленной частоте снижается до нуля и дуга гаснет [4]. Если напряжение на промежутке между контактами меньше пробивного напряжения самого промежутка, то дуга возникнуть больше не может и ток естественным образом прекращается.

При отключениях выключателями активных нагрузок, коротких замыканий, а также при срабатывании предохранителей, вызванных короткими замыканиями, колебательного процесса также не происходит, и окончательный разрыв имеет место в момент прохождения тока через нуль, причем снижение тока до нуля происходит плавно.

Включение индуктивной нагрузки, сопровождаемое срабатыванием электромагнитной защиты выключателя, является частным случаем отключения. Однако возникающие при этом перенапряжения значительно меньше по амплитуде и энергии, так как в этом случае происходит отключение не установившегося тока цепи, а меньшего переходного тока. Поэтому нет необходимости изучения данного вида коммутаций с точки зрения коммутационных перенапряжений.

Таким образом, коммутационные перенапряжения в сельских электрических сетях чаще всего име-

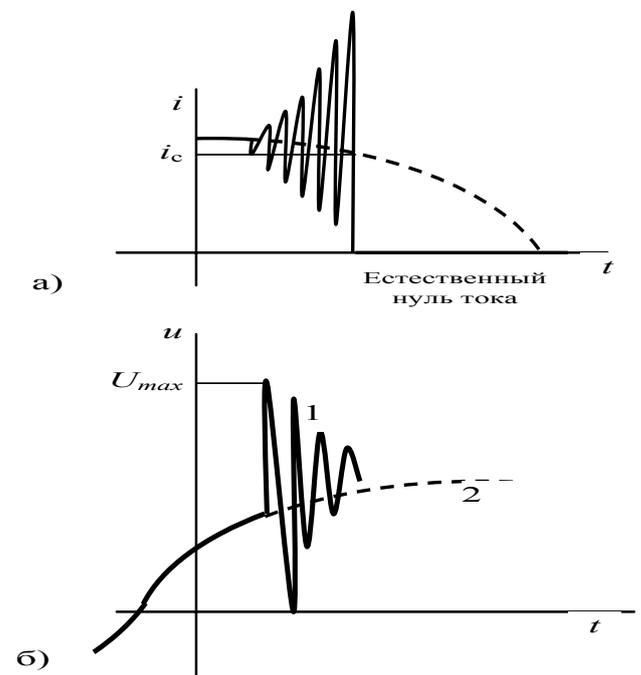


Рисунок 1. Отключение нагрузки индуктивной: а) изменение тока; б) изменение напряжения i – ток в выключателе; i_c – значение тока среза; 1 – напряжение на выходах нагрузки; 2 – напряжение со стороны источника питания

ют место при отключении нагрузки на трансформаторной подстанции.

Снизить уровни коммутационных перенапряжений возможно как проведением превентивных мероприятий, так и применением устройств для защиты от перенапряжений.

Превентивные мероприятия – это предотвращение возникновения перенапряжений или ограничение их величины в месте их возникновения. К таким мероприятиям относится применение:

- выключателей с шунтирующими резисторами;
- емкостных элементов для снижения перенапряжений;

– емкостной защиты изоляции обмоток трансформаторов и реакторов.

Все устройства защиты от перенапряжений можно разделить на две группы: устройства поглощающего типа на базе нелинейных элементов, принцип действия которых заключается в сохранении высокого сопротивления до появления перенапряжений, после чего их сопротивление падает практически до нуля, и устройства, принцип действия которых основан на увеличении продольного сопротивления.

К устройствам поглощающего типа можно отнести газонаполненные разрядники, варисторы, ограничительные диоды [3, 4], а также комбинированные устройства, содержащие указанные элементы. К устройствам второй группы относятся различные фильтры на базе реактивных элементов.

Газонаполненные разрядники имеют достаточно большую мощность, могут защищать потребителей от весьма высоких напряжений с большим значением действующего тока, но время срабатывания их значительное и они не могут эффективно защищать устройства, выполненные на базе микропроцессорной техники, потому что для них недопустимы начальные выбросы напряжений, пропускаемые указанными разрядниками.

В последнее десятилетие для защиты от перенапряжений наиболее широкое применение нашли варисторы и созданные на их базе ограничители перенапряжения нелинейные (ОПН). Среди их достоинств следует выделить широкий диапазон напряжений, высокое значение допустимого тока, относительно высокое быстродействие и большая энергоемкость, что позволяет использовать их для защиты различных по назначению цепей, от электрических компонентов непосредственно на печатной основе до защиты электрических сетей напряжением 500 кВ. К недостаткам ОПН следует отнести ограниченный срок службы, вызванный старением варисторов и невозможность применения для защиты от перенапряжений в высокочастотных цепях.

Преимуществом полупроводниковых ограничительных диодов является наиболее малое время срабатывания, что позволяет их использовать для защиты от перенапряжений различных по назначению устройств, в состав которых входят чувствительные к перегрузкам полупроводниковые приборы и интегральные схемы, но низкие значения номинального тока и энергоемкости практически полностью исключают их отдельное применение в силовых цепях.

Фильтры для защиты от перенапряжений имеют уровень защиты, близкий к напряжению сети и обеспечивают защиту от наносекундных импульсов, но при этом имеют целый ряд недостатков, а именно сложность, значительные массогабаритные показатели, а также применимость только на постоянном токе в качестве индивидуальных устройств защиты электроприемников.

Из вышеприведенного следует, что современные устройства защиты от перенапряжений не во всех случаях эффективны, поэтому применение их как самостоятельных устройств не решает поставленной проблемы.

Проблема заключается не только в том, чтобы защитить оборудование от высоковольтных импуль-

сов переходных процессов, например до 2 кВ, но оборудование должно быть также защищено от более слабых импульсов, которые также опасны и могут вывести его из строя.

При этом трудно выполнить устройство, обеспечивающее защиту одновременно и от больших и от малых импульсов. Устройство, обычно приспособленное к защите от высоковольтных импульсов, оказывается беззащитным перед низковольтным. Кроме того, большинство устройств, распространенных сегодня, разработаны таким образом, чтобы обеспечить короткое замыкание на землю, а это в свою очередь приводит к возникновению и прохождению больших токов через устройства, вплоть до 1000 А.

В данной работе предложено следующее устройство, способное решить вышеназванную проблему [5], схема которого приведена на рис. 2.

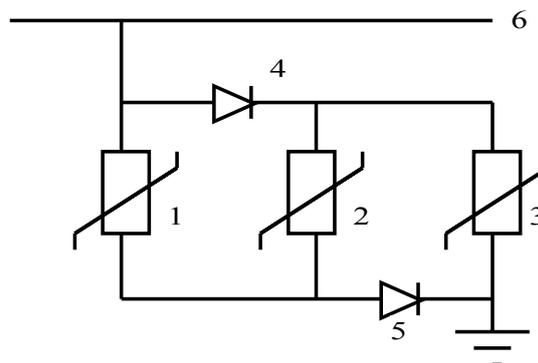


Рисунок 2. Электрическая схема комбинированного устройства защиты от импульсов и временных перенапряжений: 1-3 – нелинейные резисторы; 4, 5 – ограничительные диоды; 6 – защищаемая линия

Устройство состоит из трех нелинейных резисторов и двух ограничительных диодов.

В рабочем режиме, когда напряжение в фазах сети равно номинальному, или незначительно превышает его, сопровождающие токи через нелинейные резисторы 1, 2, 3 не протекают и диоды 4, 5 заперты, так как к нелинейным резисторам и диодам не приложено достаточно для их открытия напряжения.

При проявлении повышенного напряжения внутреннего происхождения в фазе относительно земли открываются диоды 4, 5 и через резисторы 1, 2 и 3 гасится возникшее перенапряжение относительно земли. После снижения напряжения до номинального значения, ток в диодах 4, 5 вследствие нелинейных вольтамперных характеристик резисторов 1, 2 и 3 протекать не будет.

В режиме протекания больших импульсных токов, свойственных перенапряжениям атмосферного происхождения вместе с диодами открывается колонка нелинейных резисторов, и ток начинает протекать по всей совокупности параллельно соединенных резисторов и ограничительных диодов. В данном случае достаточный уровень защиты по току достигается благодаря одновременно запараллеливанию нелинейных резисторов, в результате заряд одновременно начинает проходить

через все резисторы, что снижает нагрузку на каждую отдельно взятую группу нелинейных резисторов.

Главным преимуществом его является универсальность применения для защиты от низко- и высоковольтных импульсов напряжения.

Выводы

1. Существующие устройства защиты электропотребителей от импульсов и временных перенапряжений не могут в полной мере удовлетворить предъявляемым требованиям из-за различного времени их срабатывания, и рассеиваемой мощности, поэтому целесообразно использовать комбинированные способы защиты с применением 2-х и 3-х ступеней ограничения напряжения, выполненных на различных принципах действия.

2. Предложенное универсальное устройство на основе нелинейных резисторов и ограничительных диодов позволит осуществить защиту электрооборудования как от высоковольтных импульсов так и от перенапряжений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. Межгосударственный стандарт: ГОСТ 13109-97.

2. Коммутационные перенапряжения в энергосистемах: учеб. пособ./ М.В. Костенко [и др.] . – Ленингр. гос. техн. ун-т, 1990. – 101 с.

3. Таев, И.С. Электрические контакты и дугогасительные устройства аппаратов низкого напряжения/ И.С. Таев. – М.: Энергия, 1973. – 424 с.

4. Capacitive current switching – state of art.// Electra, 1994. – №155.

5. Устройство для защиты электрооборудования от коммутационных перенапряжений: пат. № 6991 Респ. Беларусь, МПК9 Н02Н 9/04 / Д.И. Протосовицких, Н.Е. Шевчик; заявитель Белор. гос. аграрн. техн. ун-т. – №и 20100582; заявл. 25.06. 2010; опубл. 28.02. 2011// Афіц. бюл./Нац. цэнтр інтэлект. уласнасці.

УДК 631.363.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 16.03.2012

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ВАЛЬЦОВОЙ ПЛЮЩИЛКИ-ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ

В.А. Дайнеко, канд. техн. наук, доцент, Е.М. Прищепова, аспирантка (БГАТУ)

Аннотация

В статье приведены результаты теоретических исследований производительности вальцовой плющилки-измельчителя зерна различных конструкций. По результатам исследований получены зависимости для расчета производительности плющилок-измельчителей при различных соотношениях скоростей и диаметров вальцов, межвальцевого зазора, а также наклона плоскости проходящей через оси вальцов к горизонтальной плоскости. Проанализированы пути повышения производительности плющилок-измельчителей зерна.

The results of theoretical investigations of roller crusher-grinder of grain of different designs are given here. According to the research the dependences for the calculation of performance of crusher-grinder with different ratios of velocities and diameters of the rollers, mezhvaltsevogo gap, as well as the slope of the plane passing through the axis of the roller to the horizontal plane were obtained. The ways of increasing productivity of crusher-grinders are analyzed.

Введение

Корма в структуре себестоимости производства продукции животноводства составляют более 60%. От качества и подготовки их к скармливанию во многом зависит эффективность работы животноводческих ферм и комплексов. При подготовке к скармливанию фуражного зерна используется либо плющение влажного зерна с последующим его консервированием, либо измельчение сухого зерна. Как правило, эти операции выполняются соответствующим технологическим оборудованием, которое работает в различный период года и имеет невысокую загрузку по времени. Для увеличения загрузки используемого оборудования по времени целесообразно создание уни-

версального оборудования, выполняющего эти две технологические операции. В качестве такого оборудования возможно использование вальцовых плющилок-измельчителей. Известны работы [1, 2, 3], в которых проводился анализ влияния конструктивных параметров на производительность некоторых конструкций плющилок. Целью настоящей работы является проведение теоретического анализа влияния конструктивных параметров на производительность вальцевых плющилок-измельчителей при любом соотношении частот вращения и диаметров их вальцов, а также коэффициента трения вальцов о зерновку и угле наклона плоскости, проходящей через их оси вращения к горизонтальной плоскости.

Основная часть

Из анализа результатов теоретических и экспериментальных исследований, изложенных в работах [1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9] следует, что при определении производительности, а затем и мощности вальцовой плющилки-измельчителя, необходимо учитывать скольжение зерна по поверхности вальцов. Используя результаты исследований, изложенных в работах [1, 4, 9], можно считать, что при плющении зерна существует дуга на поверхности каждого вальца, в пределах которой зерновка испытывает деформацию и скользит по поверхности вальца. Тогда весь путь l_{AC} ($l_{A'C}$), проходимый зерновкой по вальцам, можно условно разделить на длины двух дуг: дуги деформации l_{AB} ($l_{A'B}$), ограниченной углом деформации α_1 (α'_1) и длины дуги скольжения l_{BC} ($l_{B'C}$), ограниченной углом скольжения α_2 (α'_2). Если длина дуги деформации l_{AB} ($l_{A'B}$) практически однозначно определяется размерами и физико-механическими свойствами зерновки, а также зазором между вальцами b_3 , то длина дуги скольжения l_{BC} ($l_{B'C}$) будет иметь гораздо более сложную зависимость даже при плющении зерна. Если же рассматривать не только плющение, но и измельчение зерна вальцовыми измельчителями, то эта зависимость будет еще сложнее ввиду наличия в процессе измельчения зерна, кроме деформации и скольжения зерновки, сдвига, обусловленного разностью линейных скоростей образующих поверхностей вальцов.

Для того, чтобы найти указанные зависимости, составим расчетные схемы для наиболее типичных конструкций плющилок-измельчителей.

Вначале рассмотрим наиболее простую и широко используемую конструкцию плющилки зерна с одинаковыми диаметрами вальцов D и угловыми скоростями вращения $n=n'$ (рис. 1). При этом обозначим все силы, действующие на зерновку, ось $t-t$ направим по касательной к образующей окружности вальцов в точке контакта зерновки с вальцом, ось $p-p$ – перпендикулярно касательной в точке контакта с вальцом.

Используя принцип Д'Аламбера запишем уравнение равновесия системы в проекциях сил на касательную $t-t$

$$-F_u + F_{mp} + \left(\frac{mg}{2} + \frac{F}{2}\right) \cos \alpha_1 = 0, \quad (1)$$

где m – масса зерновки, кг;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

F – дополнительная внешняя сила, действующая на зерновку, Н;

$$F_u = \frac{m}{2} \cdot a, \quad (2)$$

F_u – сила инерции, действующая на зерновку в соответствии со вторым законом Ньютона, Н;

$$a = \frac{dv}{dt}, \quad (3)$$

a – ускорение движения зерновки, м/с²;

v – скорость движения зерновки, м/с;

t – текущее время, с;

$$F_{mp} = f \cdot N \text{ – сила трения зерновки о вальцы, Н; } (4)$$

f – коэффициент трения зерновки о вальцы;

N – сила нормального давления, испытываемая зерновкой, Н;

α_1 – угол деформации, рад.

Запишем уравнение равновесия системы в проекциях сил на ось $p-p$

$$N - \left(\frac{mg}{2} + \frac{F}{2}\right) \sin \alpha_1 = 0 \quad (5)$$

или

$$N = \left(\frac{mg}{2} + \frac{F}{2}\right) \sin \alpha_1. \quad (6)$$

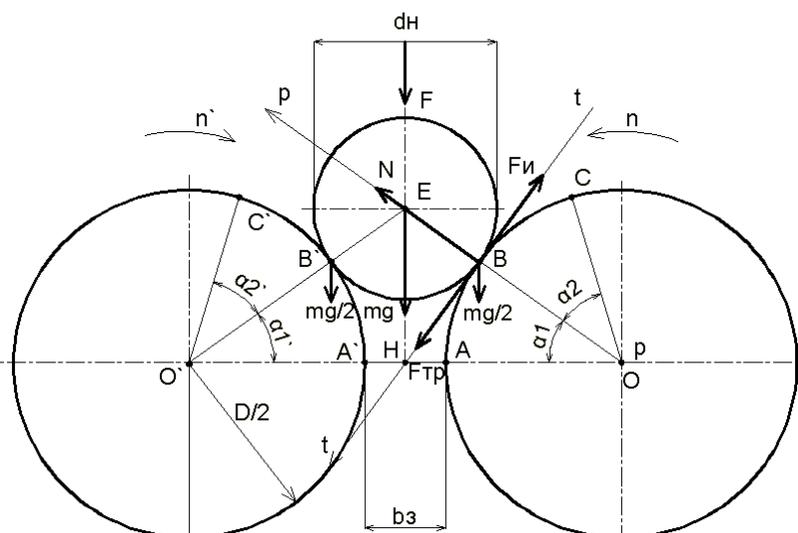


Рисунок 1. Расчетная схема для определения угла скольжения плющилки-измельчителя с одинаковым диаметром вальцов

Подставив выражения (2), (3), (4) и (6) в исходное уравнение (1), получим обыкновенное дифференциальное уравнение:

$$-\frac{m}{2} \cdot \frac{dv}{dt} + f \left(\frac{mg}{2} + \frac{F}{2}\right) \sin \alpha_1 + \left(\frac{mg}{2} + \frac{F}{2}\right) \cos \alpha_1 = 0 \quad (7)$$

$$+\left(\frac{mg}{2} + \frac{F}{2}\right) \cos \alpha_1 = 0$$

или

$$-\frac{dv}{dt} + f \left(g + \frac{F}{m}\right) \sin \alpha_1 + \left(g + \frac{F}{m}\right) \cos \alpha_1 = 0. \quad (8)$$

Полное решение этого уравнения:

$$v = \left(f \left(g + \frac{F}{m} \right) \sin \alpha_1 + \left(g + \frac{F}{m} \right) \cos \alpha_1 \right) t + C, \quad (9)$$

тогда при $t=0$ и $v = v_0$

$$C = v_0.$$

Следовательно, решение примет вид

$$v = \left(f \left(g + \frac{F}{m} \right) \sin \alpha_1 + \left(g + \frac{F}{m} \right) \cos \alpha_1 \right) t + v_0. \quad (10)$$

Тогда, выразим из уравнения (10) время скольжения зерна по поверхности вальца и обозначим его как t_2 :

$$t_2 = \frac{v - v_0}{\left(g + \frac{F}{m} \right) (f \sin \alpha_1 + \cos \alpha_1)}. \quad (11)$$

Значение косинуса угла деформации α_1 найдем из треугольника EOH:

$$\cos \alpha_1 = \frac{D + b_3}{D + d_n}, \quad (12)$$

где D – диаметр вальцов, м;
 d_n – средняя толщина (диаметр) зерновки, м;
 b_3 – зазор между вальцами, м.

Зная, что $\sin^2 \alpha_1 + \cos^2 \alpha_1 = 1$ и используя соотношение (12), выразим $\sin \alpha_1$:

$$\sin \alpha_1 = \sqrt{1 - \left(\frac{D + b_3}{D + d_n} \right)^2}. \quad (13)$$

Подставив полученные соотношения (12) и (13) в зависимость (11), получим следующее уравнение:

$$t_2 = \frac{v - v_0}{\left(g + \frac{F}{m} \right) \left(f \sqrt{1 - \left(\frac{D + b_3}{D + d_n} \right)^2} + \frac{D + b_3}{D + d_n} \right)}. \quad (14)$$

Минимизировать время скольжения t_2 , а соответственно и затрат энергии на трение зерновки можно следующим образом:

– увеличивая начальную скорость зерновки v_0 до линейной скорости образующей вальца v , тогда числитель уравнения (14), а соответственно и время t_2 будут стремиться к нулю;

– увеличивая коэффициент трения зерновки о вальцы f , а также диаметр вальцов D , так как в данном случае величина $\frac{D + b_3}{D + d_n} = \cos \alpha_1$ будет иметь

максимальное значение при любых реальных величинах зазора между вальцами b_3 и средних толщинах зерновки d_n , что в итоге приведет к увеличению знаменателя уравнения (14). При этом, чем большее значение будет иметь $\cos \alpha_1$, тем меньше будет оказывать

влияние на время скольжения t_2 коэффициент трения зерновки о вальцы f .

Учитывая, что при реально возможных изменениях параметров $D=(150\dots500)$ мм, $b_3=(0,5\dots2)$ мм или $d_n=(2\dots10)$ мм согласно [3], выражение $\frac{D + b_3}{D + d_n}$

будет меняться в пределах 0,94...0,981, то значение $\sin \alpha_1$ из выражения (13) будет, соответственно, равно 0,341...0,194. Умножив значение $\sin \alpha_1$ на коэффициент трения f меньший единицы (0,3...0,6), оно еще в меньшей степени будет оказывать влияние на знаменатель выражения (14);

– приложением к силе тяжести зерновки дополнительной силы, как в устройствах [10, 11, 12], обеспечивающей ей дополнительное ускорение $a_1 = \frac{F}{m}$.

Угол скольжения $\alpha_2 = \alpha_2'$ (для рассматриваемого случая) можно определить из выражения угловой скорости $\omega = \frac{d\alpha}{dt}$ или

$$d\alpha = \frac{\pi n}{30} \cdot dt, \quad (15)$$

где n – частота вращения вальцов, min^{-1} .

Интегрируя выражение (15) по углу скольжения в пределах от 0 до α_2 и по времени от 0 до t_2 запишем:

$$\int_0^{\alpha_2} d\alpha = \frac{\pi n}{30} \int_0^{t_2} dt. \quad (16)$$

Тогда

$$\alpha_2 = \frac{\pi n}{30} t_2, \quad (17)$$

или с учетом выражения (14)

$$\alpha_2 = \frac{\pi n}{30} \cdot \frac{v - v_0}{\left(g + \frac{F}{m} \right) \left(f \sqrt{1 - \left(\frac{D + b_3}{D + d_n} \right)^2} + \frac{D + b_3}{D + d_n} \right)}. \quad (18)$$

Полученное выражение (18) связывает угол скольжения зерновки по вальцу со скоростями зерновки, диаметром вальцов, средней толщиной зерновки, зазором между вальцами и коэффициентом трения зерновки о вальцы.

Время контакта зерновки с вальцами будет определяться временем деформации t_1 и временем скольжения t_2 зерновки.

Тогда средняя фактическая скорость зерновки:

$$v_3 = \frac{l_{AB}}{t_1 + t_2}, \quad (19)$$

где l_{AB} – дуга деформации для рассматриваемого случая равна дуге $l_{A'B'}$ и дуге на образующей окружности вальцов, контактирующей с зерновкой

$$l_{AB} = l_{A'B'} = \alpha_1 \cdot \frac{D}{2}, \text{ м}; \quad (20)$$

$$t_1 = \frac{30\alpha_1}{\pi n}, \text{ с.} \quad (21)$$

Учитывая, что скольжение зерновки происходит одновременно по поверхности двух валцов, время скольжения следует уменьшить в два раза. После подстановки выражений (14), (20) и (21) в зависимость (19) и проведения соответствующих преобразований с учетом равенства $v = \frac{\pi n D}{60}$, получим

$$v_3 = \frac{D}{\frac{D}{v} + \frac{v-v_0}{\alpha_1 \left(g + \frac{F}{m} \right) \left(f \sqrt{1 - \left(\frac{D+b_3}{D+d_n} \right)^2} + \frac{D+b_3}{D+d_n} \right)}}. \quad (22)$$

Тогда объемная производительность плющилки определяется по общеизвестной формуле

$$Q = b_3 v_3 L, \quad (23)$$

где L – длина валцов, м.

С учетом формулы (22)

$$Q = \frac{L b_3 D}{\frac{D}{v} + \frac{v-v_0}{\alpha_1 \left(g + \frac{F}{m} \right) \left(f \sqrt{1 - \left(\frac{D+b_3}{D+d_n} \right)^2} + \frac{D+b_3}{D+d_n} \right)}}. \quad (24)$$

Умножив объемную производительность на объемную массу зерна, можно получить массовую производительность в кг/с.

Учитывая, что максимальная объемная пропускная способность валцов плющилки определяется по формуле

$$Q_{\max} = b_3 v L, \quad (25)$$

то коэффициент использования максимальной пропускной способности плющилки ($0 < k_Q < 1$)

$$k_Q = \frac{Q}{Q_{\max}} = \frac{b v_3 L}{b v L} = \frac{v_3}{v}, \quad (26)$$

или

$$k_Q = \frac{D}{D + \frac{v(v-v_0)}{\alpha_1 \left(g + \frac{F}{m} \right) \left(f \sqrt{1 - \left(\frac{D+b_3}{D+d_n} \right)^2} + \frac{D+b_3}{D+d_n} \right)}}. \quad (27)$$

Далее рассмотрим работу этой же конструкции плющилки с одинаковыми диаметрами валцов, но при разных угловых скоростях вращения, т.е. в режиме измельчения. При этом из-за разности линейных скоростей рабочих поверхностей валцов в зерновке наряду с деформацией и скольжением возникает сдвиг, обеспечивающий ее измельчение, что еще в большей степени усложняет расчет производительности измельчителя. Вывод указанной зависимости произведем для случая, когда частота вращения одного из валцов равна n , а второго – n' , соответственно, они будут иметь линейные скорости образующих v и v' . При

этом дуги деформации и сдвига l_{AB} и $l_{A'B'}$, ограниченные углами деформации и сдвига α_1 и α_1' , и дуги скольжения l_{BC} и $l_{B'C'}$, ограниченные соответствующими углами скольжения α_2 и α_2' , не будут попарно равными между собой (при этом дуга и соответствующий угол деформации и сдвига у вальца с большой линейной скоростью образующей будут большими, чем геометрические, изображенные на рис. 1), но время деформации и сдвига t_1 для обоих валцов будет одинаковым.

Тогда длина дуги $l_{AB} = \alpha_1 \cdot \frac{D}{2}$, а дуги

$$l_{A'B'} = \alpha_1' \cdot \frac{D}{2}. \text{ Учитывая, что линейные скорости дви-}$$

жения образующих окружностей валцов не равны между собой, найдем отношение одной из скоростей к другой, например v' к v , и обозначим его буквой i

$$i = \frac{v'}{v}.$$

Одновременно i можно определить и из других соотношений:

$$i = \frac{n'}{n} = \frac{\alpha_1'}{\alpha_1} = \frac{l_{A'B'}}{l_{AB}}. \quad (28)$$

Соответственно средняя длина дуги деформации и сдвига

$$l_{AB,cp} = \frac{l_{AB} + l_{A'B'}}{2} = \frac{D}{2} \frac{(\alpha_1 + \alpha_1')}{2} = \frac{D}{4} (\alpha_1 + \alpha_1') = \frac{D}{4} \alpha_1 (1 + i) = \frac{D}{4} \alpha_1 \left(1 + \frac{n'}{n} \right) \quad (29)$$

Время скольжения зерновки по поверхностям соответствующих валцов ($t_2 \neq t_2'$):

$$t_2 = \frac{v-v_0}{\left(g + \frac{F}{m} \right) \left(f \sin \alpha_1 + \cos \alpha_1 \right)}; \quad (30)$$

$$t_2' = \frac{v'-v_0}{\left(g + \frac{F}{m} \right) \left(f' \sin \alpha_1' + \cos \alpha_1' \right)}; \quad (31)$$

Соответственно углы скольжения валцов ($\alpha_2 \neq \alpha_2'$):

$$\alpha_2 = \frac{\pi n}{30} \cdot \frac{v-v_0}{\left(g + \frac{F}{m} \right) \left(f \sin \alpha_1 + \cos \alpha_1 \right)}; \quad (32)$$

$$\alpha_2' = \frac{\pi n'}{30} \cdot \frac{v'-v_0}{\left(g + \frac{F}{m} \right) \left(f' \sin \alpha_1' + \cos \alpha_1' \right)}. \quad (33)$$

Время скольжения зерновки по поверхности валцов определим как среднее t_2 и t_2' , так как оба вальца воздействуют на зерновку по-разному

$$\frac{t_2+t_2'}{2} = \frac{v-v_0}{2\left(g+\frac{F}{m}\right)\left(f\sin\alpha_1+\cos\alpha_1\right)} + \frac{v'-v_0}{2\left(g+\frac{F}{m}\right)\left(f'\sin\alpha_1'+\cos\alpha_1'\right)} \quad (34)$$

Тогда средняя арифметическая скорость зерновки

$$v_3 = \frac{D\left(1+\frac{n'}{n}\right)}{\frac{2D}{v} + \frac{t_2+t_2'}{2} \cdot \frac{4}{\alpha_1}} \quad (35)$$

а объемная производительность

$$Q = \frac{Lb_3D\left(1+\frac{n'}{n}\right)}{n} \quad (36)$$

$$\frac{2D}{v} + \frac{t_2+t_2'}{2} \cdot \frac{4}{\alpha_1}$$

и коэффициент использования максимальной пропускной способности

$$k_Q = \frac{D\left(1+\frac{n'}{n}\right)}{2D + \frac{t_2+t_2'}{2} \cdot \frac{4g}{\alpha_1}} \quad (37)$$

Далее рассмотрим расчетную схему плющилки-измельчителя с различным диаметром вальцов (рис. 2).

При работе вальцов в режиме плющения независимо от их диаметра должно выполняться условие равенства линейных скоростей образующих поверх-

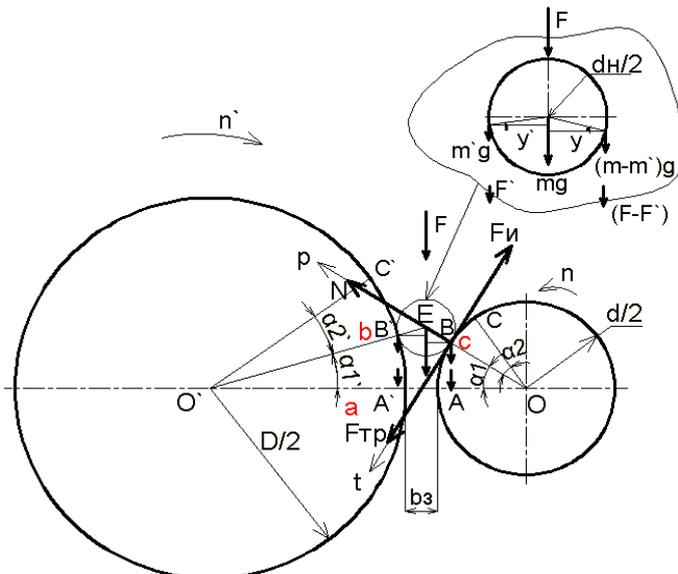


Рисунок 2. Расчетная схема для определения угла скольжения плющилки-измельчителя с различным диаметром вальцов

ностей вальцов, т.е. $v=v'$.

Тогда

$$\frac{v}{v'} = \frac{\pi dn/60}{\pi Dn'/60} = \frac{dn}{Dn'} = 1 \quad (38)$$

или

$$\frac{d}{D} = \frac{n'}{n} \quad (39)$$

Для определения времени скольжения зерновки по каждому из вальцов определим распределение воздействия массы зерновки на вальцы и косинусы углов деформации α_1 и α_1' ввиду несимметрии $\triangle EOO'$. Обозначив наибольшую сторону указанного треугольника OO' (расстояние между осями вальцов) буквой a , вторую сторону $O'E$ (расстояние от оси большего вальца до середины зерновки) буквой b и третью сторону OE (расстояние от оси меньшего вальца до середины зерновки) буквой c , выразим их через величины диаметров вальцов D и d и зерновки d_n , а также величину зазора между вальцами b_3 :

$$a = \frac{D+d+2b_3}{2} \quad (40)$$

$$b = \frac{D+d_n}{2} \quad (41)$$

$$c = \frac{d+d_n}{2} \quad (42)$$

Согласно теореме косинусов

$$b^2 = a^2 + c^2 - 2ac \cdot \cos\alpha_1 \quad (43)$$

$$c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cdot \cos\alpha_1' \quad (44)$$

Из выражений (43) и (44) выразим, соответственно,

$$\cos\alpha_1 = \frac{a^2 + c^2 - b^2}{2ac} \quad (45)$$

$$\cos\alpha_1' = \frac{a^2 + b^2 - c^2}{2ab} \quad (46)$$

и определим плечи приложения Y и Y' соответствующих составляющих масс зерновки $(m-m')$ и m' на вальцы с осями вращения O и O' :

$$Y = \frac{d_n}{2} \cos\alpha_1 = \frac{d_n(a^2 + c^2 - b^2)}{4ac} \quad (47)$$

$$Y' = \frac{d_n}{2} \cos\alpha_1' = \frac{d_n(a^2 + b^2 - c^2)}{4ab} \quad (48)$$

Из условия равновесия зерновки запишем равенство моментов составляющих ее массы относительно центра зерновки

$$Y \cdot (m-m') = Y' \cdot m' \quad (49)$$

Из полученного уравнения выразим

$$m' = \frac{Y \cdot m}{Y + Y'} = \frac{(a^2 + c^2 - b^2)bm}{(a^2 + c^2 - b^2)b + (a^2 + b^2 - c^2)c} \quad (50)$$

аналогично составляющая дополнительной внешней силы F

$$F' = \frac{Y \cdot F}{Y + Y'} = \frac{(a^2 + c^2 - b^2)bF}{(a^2 + c^2 - b^2)b + (a^2 + b^2 - c^2)c}. \quad (51)$$

Тогда

$$m - m' = m \left(1 - \frac{(a^2 + c^2 - b^2)b}{(a^2 + c^2 - b^2)b + (a^2 + b^2 - c^2)c} \right) \quad (52)$$

$$\text{и } F - F' = F \left(1 - \frac{(a^2 + c^2 - b^2)b}{(a^2 + c^2 - b^2)b + (a^2 + b^2 - c^2)c} \right). \quad (53)$$

По аналогии с уравнением (7), соответственно, для каждого из валцов запишем уравнение

$$-(m - m') \frac{dv}{dt} + f((m - m')g + (F - F')) \sin \alpha_1 + \\ + ((m - m')g + (F - F')) \cos \alpha_1 = 0 \quad (54)$$

$$-m' \frac{dv'}{dt} + f'(m'g + F') \sin \alpha_1' + \quad (55)$$

$$+(m'g + F') \cos \alpha_1' = 0$$

Решением будут выражения:

$$v = \left(f \left(g + \frac{F - F'}{m - m'} \right) \sin \alpha_1 + \right. \\ \left. + \left(g + \frac{F - F'}{m - m'} \right) \cos \alpha_1 \right) t + v_0 \quad (56)$$

$$v' = \left(f' \left(g + \frac{F'}{m'} \right) \sin \alpha_1' + \right. \\ \left. + \left(g + \frac{F'}{m'} \right) \cos \alpha_1' \right) t + v_0 \quad (57)$$

Используя полученные уравнения, выразим соответственно для каждого из валцов время скольжения t_2 и t_2'

$$t_2 = \frac{v - v_0}{\left(g + \frac{F - F'}{m - m'} \right) (f \sin \alpha_1 + \cos \alpha_1)}, \quad (58)$$

$$t_2' = \frac{v' - v_0}{\left(g + \frac{F'}{m'} \right) (f' \sin \alpha_1' + \cos \alpha_1')}. \quad (59)$$

Где с учетом выражений (45) и (46)

$$\sin \alpha_1 = \sqrt{1 - \left(\frac{a^2 + c^2 - b^2}{2ac} \right)^2}, \quad (60)$$

$$\sin \alpha_1' = \sqrt{1 - \left(\frac{a^2 + b^2 - c^2}{2ab} \right)^2}. \quad (61)$$

Подставив соотношение (45), (46) и (60), (61) в (58), (59), получим:

$$t_2 = \frac{v - v_0}{\left(g + \frac{F - F'}{m - m'} \right) \left(f \sqrt{1 - \left(\frac{a^2 + c^2 - b^2}{2ac} \right)^2} + \left(\frac{a^2 + c^2 - b^2}{2ac} \right) \right)}, \quad (62)$$

$$t_2' = \frac{v' - v_0}{\left(g + \frac{F'}{m'}\right) \left(f' \sqrt{1 - \left(\frac{a^2 + b^2 - c^2}{2ab}\right)^2} + \left(\frac{a^2 + b^2 - c^2}{2ab}\right)\right)} \quad (63)$$

Минимизировать время скольжения зерновки t_2 и t_2' в полученных выражениях (62) и (63) можно аналогично, как и в выражении (14).

При аналогичном реально возможном изменении значений диаметров валцов, зазора между валцами и размеров зерновки, а также использовании сочетания валцов с минимальным и максимальным диаметром косинусы углов деформации в выражениях (58) и (59) будут меняться в пределах 0,91...0,991, а синусы при этом будут равны 0,41...0,13, соответственно, для минимального и максимального диаметров валцов при наибольшем размере зерновки и минимальном зазоре между валцами.

Тогда углы скольжения зерновки по валцам α_2 и α_2' с учетом выражений (62) и (63) будут равны

$$\alpha_2 = \frac{\pi n}{30} \cdot \frac{v - v_0}{\left(g + \frac{F - F'}{m - m'}\right) \left(f \sqrt{1 - \left(\frac{a^2 + c^2 - b^2}{2ac}\right)^2} + \left(\frac{a^2 + c^2 - b^2}{2ac}\right)\right)} \quad (64)$$

$$\alpha_2' = \frac{\pi n'}{30} \cdot \frac{v' - v_0}{\left(g + \frac{F'}{m'}\right) \left(f' \sqrt{1 - \left(\frac{a^2 + b^2 - c^2}{2ab}\right)^2} + \left(\frac{a^2 + b^2 - c^2}{2ab}\right)\right)} \quad (65)$$

Время деформации зерновки t_1 можно определить по любому из выражений

$$t_1 = \frac{30\alpha_1}{\pi n}, \quad t_1 = \frac{30\alpha_1'}{\pi n'}$$

Время скольжения зерновки по поверхностям валцов определим как среднее $t_{2,ср} = \frac{t_2 + t_2'}{2}$.

Тогда, средняя фактическая скорость зерновки

$$v_3 = \frac{d}{\frac{d}{v} + \frac{v - v_0}{\alpha_1 \left(g + \frac{F - F'}{m - m'}\right) (f \sin \alpha_1 + \cos \alpha_1)} + \frac{v' - v_0}{\alpha_1 \left(g + \frac{F'}{m'}\right) (f' \sin \alpha_1' + \cos \alpha_1')}} \quad (66)$$

Или аналогично выразим через значения параметров D, v', α_1' второго валца

$$v_3 = \frac{D}{\frac{D}{v'} + \frac{v - v_0}{\alpha_1' \left(g + \frac{F - F'}{m - m'}\right) (f \sin \alpha_1 + \cos \alpha_1)} + \frac{v' - v_0}{\alpha_1' \left(g + \frac{F'}{m'}\right) (f' \sin \alpha_1' + \cos \alpha_1')}} \quad (67)$$

Для случая, когда валцы будут вращаться с различной линейной скоростью $v \neq v'$, т.е. будут работать в режиме измельчения, дуги деформации и сдвига зерновки на соответствующих валцах будут определяться по следующим выражениям:

$$l_{AB} = \alpha_1 \cdot \frac{d}{2}, \quad l_{A'B'} = \alpha_1' \cdot \frac{D}{2}$$

Тогда средняя длина дуги деформации и сдвига

$$l_{AB.cp} = \frac{l_{AB} + l_{A'B'}}{2} = \frac{1}{4}(\alpha_1 d + \alpha_1' D) \quad (68)$$

Время деформации и сдвига, время и углы скольжения зерновки по каждому из валцов, а также его среднее время скольжения по поверхности валцов определяются аналогично, как и в предыдущем случае.

Соответственно по аналогии с выражением (66)

$$v_3 = \frac{(d + \frac{n}{n'} D)}{n} \cdot \frac{2d}{v + \frac{2(v-v_0)}{\alpha_1 (g + \frac{F-F'}{m-m'}) (f \sin \alpha_1 + \cos \alpha_1)}} + \frac{2(v'-v_0)}{\alpha_1' (g + \frac{F'}{m'}) (f' \sin \alpha_1' + \cos \alpha_1')} \quad (69)$$

или

$$v_3 = \frac{(d + \frac{n}{n'} D)}{n'} \cdot \frac{2D}{v' + \frac{2(v-v_0)}{\alpha_1' (g + \frac{F-F'}{m-m'}) (f \sin \alpha_1 + \cos \alpha_1)}} + \frac{2(v'-v_0)}{\alpha_1' (g + \frac{F'}{m'}) (f' \sin \alpha_1' + \cos \alpha_1')} \quad (70)$$

Зная v_3 аналогично, как и в предыдущих случаях, выразим объемные производительности и коэффициент использования максимальной пропускной способности.

В заключение рассмотрим расчетную схему плющилки-измельчителя при любом соотношении диаметров валцов и наличии угла наклона $\Delta\alpha$ плоскости, проходящей через оси валцов к горизонтальной плоскости (рис. 3).

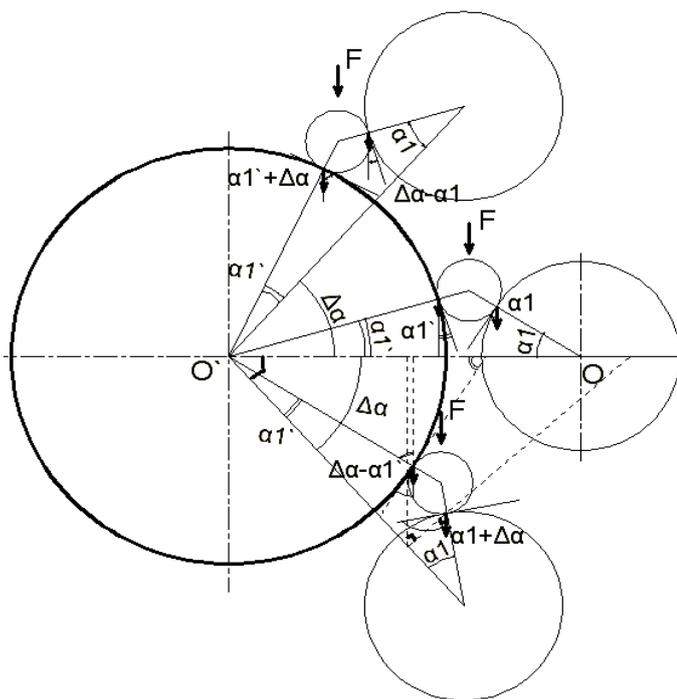


Рисунок 3. Расчетная схема для определения угла скольжения плющилки-измельчителя при любом соотношении диаметров валцов и наличии угла наклона $\Delta\alpha$ плоскости, проходящей через оси валцов к горизонтальной плоскости

валцов и наличии угла наклона $\Delta\alpha$ плоскости, проходящей через оси валцов к горизонтальной плоскости (рис. 3). Такая схема расположения валцов используется, как правило, при компоновке конструкций двухступенчатых плющилок-измельчителей. Для расчета скоростей зерновки, времени ее скольжения, производительности валцов и других параметров можно использовать ранее выведенные формулы для соответствующих расчетных схем без наклона плоскости, скорректировав при этом углы α_1 и α_1' на угол указанного наклона $\Delta\alpha$ по правилу:

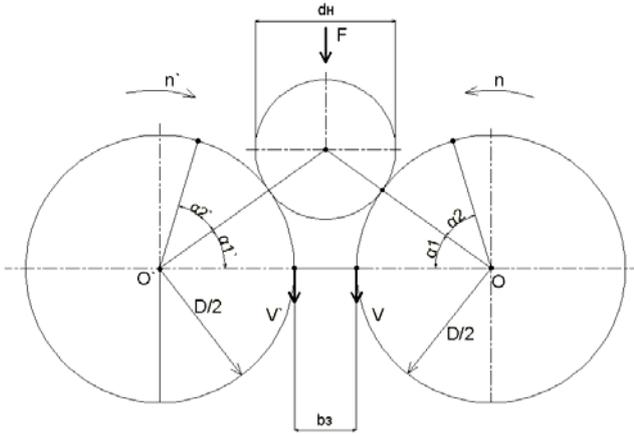
1. В расчетных схемах углы деформации у валцов, расположенных нижними относительно горизонтальной плоскости независимо от их диаметров, необходимо увеличить на угол наклона плоскости $\Delta\alpha$, т.е. соответствующие углы деформации будут равны $\alpha_1 + \Delta\alpha$ или $\alpha_1' + \Delta\alpha$.

2. В расчетных схемах у валцов, расположенных верхними относительно горизонтальной плоскости независимо от их диаметров, соответствующие углы деформации будут вычисляться по формулам $\Delta\alpha - \alpha_1$ или $\Delta\alpha - \alpha_1'$.

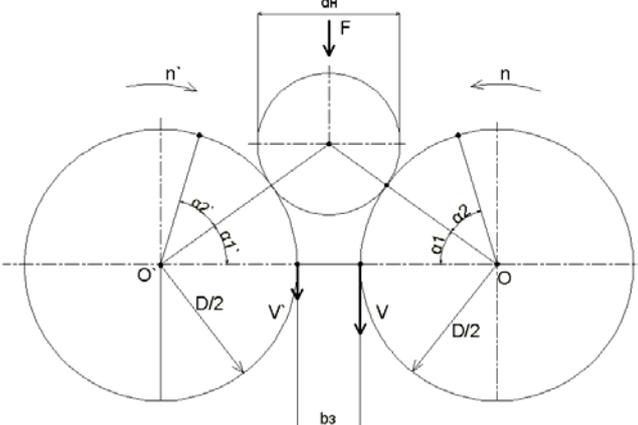
Справедливость указанных правил можно доказать приведенными дополнительными построениями на рис.3 (штриховые линии), доказывающими равенство соответствующих углов.

Для удобства использования, полученные расчетные формулы для рассмотренных расчетных схем сведены в таблицу 1.

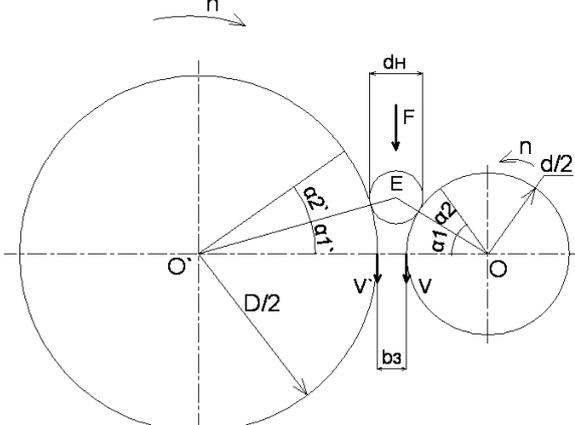
Таблица 1

<p>Расчетные схемы и соотношения их параметров</p>	<p>1</p>	 <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;"> $f=f'$ $n=n'$ $\alpha_1=\alpha_1'$ $\alpha_2=\alpha_2'$ $v=v'$ </div> <div style="text-align: center;"> $f \neq f'$ $n=n'$ $\alpha_1=\alpha_1'$ $\alpha_2 \neq \alpha_2'$ $v=v'$ </div> </div>
	<p>2</p>	$t_2 = \frac{v-v_0}{\left(g + \frac{F}{m}\right)(f \sin \alpha_1 + \cos \alpha_1)} = \frac{v-v_0}{\left(g + \frac{F}{m}\right)\left(f \sqrt{1 - \left(\frac{D+b_3}{D+d_H}\right)^2} + \frac{D+b_3}{D+d_H}\right)} \quad \alpha_2 = \frac{\pi n}{30} \cdot t_2$ $t_2' = \frac{v'-v_0}{\left(g + \frac{F}{m}\right)(f' \sin \alpha_1' + \cos \alpha_1')} = \frac{v'-v_0}{\left(g + \frac{F}{m}\right)\left(f' \sqrt{1 - \left(\frac{D+b_3}{D+d_H}\right)^2} + \frac{D+b_3}{D+d_H}\right)} \quad \alpha_2' = \frac{\pi n'}{30} \cdot t_2$ $v_3 = \frac{D}{v + \frac{\alpha_1 \left(g + \frac{F}{m}\right) \left(f \sqrt{1 - \left(\frac{D+b_3}{D+d_H}\right)^2} + \frac{D+b_3}{D+d_H}\right)} = \frac{D}{v' + \frac{\alpha_1' \left(g + \frac{F}{m}\right) \left(f' \sqrt{1 - \left(\frac{D+b_3}{D+d_H}\right)^2} + \frac{D+b_3}{D+d_H}\right)}$ $Q = \frac{Lb_3D}{v + \frac{\alpha_1 \left(g + \frac{F}{m}\right) \left(f \sqrt{1 - \left(\frac{D+b_3}{D+d_H}\right)^2} + \frac{D+b_3}{D+d_H}\right)} = \frac{Lb_3D}{v' + \frac{\alpha_1' \left(g + \frac{F}{m}\right) \left(f' \sqrt{1 - \left(\frac{D+b_3}{D+d_H}\right)^2} + \frac{D+b_3}{D+d_H}\right)}$ $k_Q = \frac{D}{D + \frac{v(v-v_0)}{\alpha_1 \left(g + \frac{F}{m}\right) \left(f \sqrt{1 - \left(\frac{D+b_3}{D+d_H}\right)^2} + \frac{D+b_3}{D+d_H}\right)}} = \frac{D}{D + \frac{v'(v'-v_0)}{\alpha_1' \left(g + \frac{F}{m}\right) \left(f' \sqrt{1 - \left(\frac{D+b_3}{D+d_H}\right)^2} + \frac{D+b_3}{D+d_H}\right)}}$

продолжение таблицы 1

<p>Расчетные схемы и соотношения их параметров</p>	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>1</p>  </div> <div style="text-align: left;"> <p> $f=f'$ $n \neq n'$ $\alpha_1 \neq \alpha_1'$ $\alpha_2 \neq \alpha_2'$ $v \neq v'$ </p> </div> <div style="text-align: left;"> <p> $f \neq f'$ $n \neq n'$ $\alpha_1 \neq \alpha_1'$ $\alpha_2 \neq \alpha_2'$ $v \neq v'$ </p> </div> </div>
<p>Расчетные формулы</p>	<div style="text-align: center;"> <p>2</p> $t_2 = \frac{v - v_0}{\left(g + \frac{F}{m}\right) \left(f \sin \alpha_1 + \cos \alpha_1\right)}$ $\alpha_2 = \frac{\pi n}{30} \cdot t_2$ $t_2' = \frac{v' - v_0}{\left(g + \frac{F}{m}\right) \left(f' \sin \alpha_1' + \cos \alpha_1'\right)}$ $\alpha_2' = \frac{\pi n'}{30} \cdot t_2'$ $v_3 = \frac{D \left(1 + \frac{n'}{n}\right)}{\frac{2D}{v} + \frac{2(v - v_0)}{\alpha_1 \left(g + \frac{F}{m}\right) \left(f \sin \alpha_1 + \cos \alpha_1\right)} + \frac{2(v' - v_0)}{\alpha_1' \left(g + \frac{F}{m}\right) \left(f' \sin \alpha_1' + \cos \alpha_1'\right)}} =$ $= \frac{D \left(1 + \frac{n}{n'}\right)}{\frac{2D}{v'} + \frac{2(v - v_0)}{\alpha_1' \left(g + \frac{F}{m}\right) \left(f \sin \alpha_1 + \cos \alpha_1\right)} + \frac{2(v' - v_0)}{\alpha_1' \left(g + \frac{F}{m}\right) \left(f' \sin \alpha_1' + \cos \alpha_1'\right)}} =$ $Q = \frac{L b_3 D \left(1 + \frac{n'}{n}\right)}{\frac{2D}{v} + \frac{2(v - v_0)}{\alpha_1 \left(g + \frac{F}{m}\right) \left(f \sin \alpha_1 + \cos \alpha_1\right)} + \frac{2(v' - v_0)}{\alpha_1' \left(g + \frac{F}{m}\right) \left(f' \sin \alpha_1' + \cos \alpha_1'\right)}} =$ $= \frac{L b_3 D \left(1 + \frac{n}{n'}\right)}{\frac{2D}{v'} + \frac{2(v - v_0)}{\alpha_1' \left(g + \frac{F}{m}\right) \left(f \sin \alpha_1 + \cos \alpha_1\right)} + \frac{2(v' - v_0)}{\alpha_1' \left(g + \frac{F}{m}\right) \left(f' \sin \alpha_1' + \cos \alpha_1'\right)}} =$ $k_Q = \frac{D \left(1 + \frac{n'}{n}\right)}{2D + \frac{2(v - v_0)v}{\alpha_1 \left(g + \frac{F}{m}\right) \left(f \sin \alpha_1 + \cos \alpha_1\right)} + \frac{2(v' - v_0)v}{\alpha_1' \left(g + \frac{F}{m}\right) \left(f' \sin \alpha_1' + \cos \alpha_1'\right)}} =$ $= \frac{D \left(1 + \frac{n}{n'}\right)}{2D + \frac{2(v - v_0)v'}{\alpha_1' \left(g + \frac{F}{m}\right) \left(f \sin \alpha_1 + \cos \alpha_1\right)} + \frac{2(v' - v_0)v'}{\alpha_1' \left(g + \frac{F}{m}\right) \left(f' \sin \alpha_1' + \cos \alpha_1'\right)}} =$ </div>

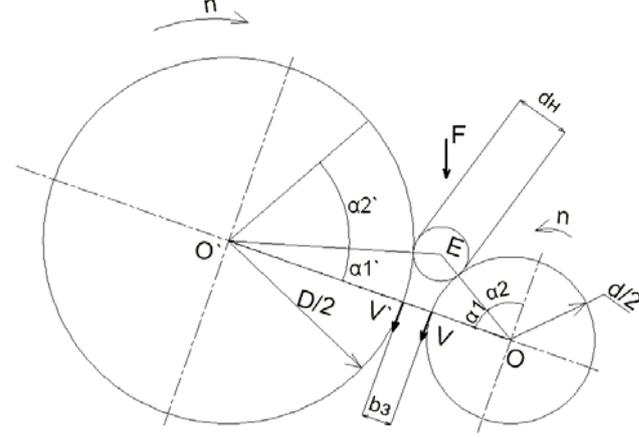
продолжение таблицы 1

<p>Расчетные схемы и соотношения их параметров</p>	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: space-around;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p> $f=f'$ $n \neq n'$ $\alpha_1 \neq \alpha_1'$ $\alpha_2 \neq \alpha_2'$ $D \neq d$ $v = v'$ </p> <p> $f \neq f'$ $n \neq n'$ $\alpha_1 \neq \alpha_1'$ $\alpha_2 \neq \alpha_2'$ $v = v'$ $D \neq d$ </p> </div> </div>
<p>Расчетные формулы</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-bottom: 20px;"> $t_2 = \frac{v-v_0}{\left(g + \frac{F-F'}{m-m'}\right)(f \sin \alpha_1 + \cos \alpha_1)} = \frac{v-v_0}{\left(g + \frac{F-F'}{m-m'}\right)f \sqrt{1 - \left(\frac{a^2+c^2-b^2}{2ac}\right)^2 + \left(\frac{a^2+c^2-b^2}{2ac}\right)^2}}$ $\alpha_2 = \frac{\pi n}{30} \cdot t_2$ </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-bottom: 20px;"> $t_2' = \frac{v'-v_0}{\left(g + \frac{F'}{m'}\right)(f' \sin \alpha_1' + \cos \alpha_1')} = \frac{v'-v_0}{\left(g + \frac{F'}{m'}\right)f' \sqrt{1 - \left(\frac{a^2+b^2-c^2}{2ab}\right)^2 + \left(\frac{a^2+b^2-c^2}{2ab}\right)^2}}$ $\alpha_2' = \frac{\pi n'}{30} \cdot t_2'$ </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-bottom: 20px;"> $v_3 = \frac{d}{A} = \frac{D}{A'}$ $Q = \frac{Lb_3 d}{A} = \frac{Lb_3 D}{A'}$ $K_Q = \frac{d}{Av} = \frac{D}{A'v'}$ </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-bottom: 20px;"> $a = \frac{D+d+2b_3}{2} \quad - OO'$ $\cos \alpha_1 = \frac{a^2 + c^2 - b^2}{2ac}$ $\sin \alpha_1 = \sqrt{1 - \cos^2 \alpha_1}$ </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-bottom: 20px;"> $b = \frac{D+d_H}{2} \quad - O'E$ $\cos \alpha_1' = \frac{a^2 + b^2 - c^2}{2ab}$ $\sin \alpha_1' = \sqrt{1 - \cos^2 \alpha_1'}$ </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> $c = \frac{d+d_H}{2} \quad - OE$ </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 20px;"> $A = \frac{d}{v} + \frac{v-v_0}{\alpha_1 \left(g + \frac{F-F'}{m-m'}\right)(f \sin \alpha_1 + \cos \alpha_1)} + \frac{v'-v_0}{\alpha_1 \left(g + \frac{F'}{m'}\right)(f' \sin \alpha_1' + \cos \alpha_1')}$ </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> $A' = \frac{D}{v'} + \frac{v-v_0}{\alpha_1' \left(g + \frac{F-F'}{m-m'}\right)(f \sin \alpha_1 + \cos \alpha_1)} + \frac{v'-v_0}{\alpha_1' \left(g + \frac{F'}{m'}\right)(f' \sin \alpha_1' + \cos \alpha_1')}$ </div>

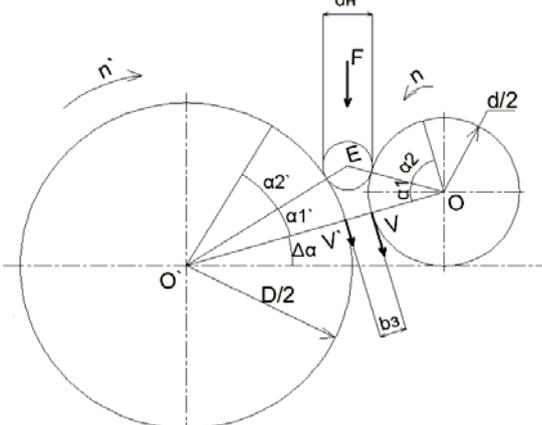
продолжение таблицы 1

<p>Расчетные схемы и соотношения их параметров</p>	<p>1</p>		<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%; text-align: center;"> $f=f'$ $n=n'$ $\alpha_1 \neq \alpha_1'$ $\alpha_2 \neq \alpha_2'$ $D \neq d$ $v \neq v'$ </td> <td style="width: 33%; text-align: center;"> $f=f'$ $n \neq n'$ $\alpha_1 \neq \alpha_1'$ $\alpha_2 \neq \alpha_2'$ $v \neq v'$ $D \neq d$ </td> <td style="width: 33%; text-align: center;"> $f \neq f'$ $n \neq n'$ $\alpha_1 \neq \alpha_1'$ $\alpha_2 = \alpha_2'$ $D \neq d$ $v \neq v'$ </td> </tr> </table>	$f=f'$ $n=n'$ $\alpha_1 \neq \alpha_1'$ $\alpha_2 \neq \alpha_2'$ $D \neq d$ $v \neq v'$	$f=f'$ $n \neq n'$ $\alpha_1 \neq \alpha_1'$ $\alpha_2 \neq \alpha_2'$ $v \neq v'$ $D \neq d$	$f \neq f'$ $n \neq n'$ $\alpha_1 \neq \alpha_1'$ $\alpha_2 = \alpha_2'$ $D \neq d$ $v \neq v'$
$f=f'$ $n=n'$ $\alpha_1 \neq \alpha_1'$ $\alpha_2 \neq \alpha_2'$ $D \neq d$ $v \neq v'$	$f=f'$ $n \neq n'$ $\alpha_1 \neq \alpha_1'$ $\alpha_2 \neq \alpha_2'$ $v \neq v'$ $D \neq d$	$f \neq f'$ $n \neq n'$ $\alpha_1 \neq \alpha_1'$ $\alpha_2 = \alpha_2'$ $D \neq d$ $v \neq v'$				
<p>Расчетные формулы</p>	<p>2</p>	$t_2 = \frac{v - v_0}{\left(g + \frac{F - F'}{m - m'}\right) (f \sin \alpha_1 + \cos \alpha_1)} \quad \alpha_2 = \frac{\pi n}{30} \cdot t_2$ $t_2' = \frac{v' - v_0}{\left(g + \frac{F'}{m'}\right) (f' \sin \alpha_1' + \cos \alpha_1')} \quad \alpha_2' = \frac{\pi n'}{30} \cdot t_2'$ $v_3 = \frac{\left(d + \frac{n'}{n} D\right)}{AA} = \frac{\left(d \frac{n}{n'} + D\right)}{AA'}$ $K_Q = \frac{\left(d + \frac{n'}{n} D\right)}{AA \cdot v} = \frac{\left(d \frac{n}{n'} + D\right)}{AA \cdot v'}$ $Q = \frac{Lb_3 \left(d + \frac{n'}{n} D\right)}{AA} = \frac{Lb_3 \left(d \frac{n}{n'} + D\right)}{AA'}$				
		$AA = 2A = \frac{2d}{v} + \frac{2(v - v_0)}{\alpha_1 \left(g + \frac{F - F'}{m - m'}\right) (f \sin \alpha_1 + \cos \alpha_1)} + \frac{2(v' - v_0)}{\alpha_1 \left(g + \frac{F'}{m'}\right) (f' \sin \alpha_1' + \cos \alpha_1')}$ $AA' = 2A' = \frac{2D}{v'} + \frac{2(v - v_0)}{\alpha_1' \left(g + \frac{F - F'}{m - m'}\right) (f \sin \alpha_1 + \cos \alpha_1)} + \frac{2(v' - v_0)}{\alpha_1' \left(g + \frac{F'}{m'}\right) (f' \sin \alpha_1' + \cos \alpha_1')}$				

продолжение таблицы 1

<p>Расчетные схемы и соотношения их параметров</p>	<p>1</p>	 <div style="float: right; margin-top: 20px;"> <table style="border: none;"> <tr> <td style="padding-right: 20px;">$f=f'$</td> <td>$f \neq f'$</td> </tr> <tr> <td>$n \neq n'$</td> <td>$n \neq n'$</td> </tr> <tr> <td>$\alpha_1 \neq \alpha_1'$</td> <td>$\alpha_1 \neq \alpha_1'$</td> </tr> <tr> <td>$\alpha_2 \neq \alpha_2'$</td> <td>$\alpha_2 \neq \alpha_2'$</td> </tr> <tr> <td>$v=v'$</td> <td>$v=v'$</td> </tr> <tr> <td>$D \neq d$</td> <td>$D \neq d$</td> </tr> </table> </div>	$f=f'$	$f \neq f'$	$n \neq n'$	$n \neq n'$	$\alpha_1 \neq \alpha_1'$	$\alpha_1 \neq \alpha_1'$	$\alpha_2 \neq \alpha_2'$	$\alpha_2 \neq \alpha_2'$	$v=v'$	$v=v'$	$D \neq d$	$D \neq d$
$f=f'$	$f \neq f'$													
$n \neq n'$	$n \neq n'$													
$\alpha_1 \neq \alpha_1'$	$\alpha_1 \neq \alpha_1'$													
$\alpha_2 \neq \alpha_2'$	$\alpha_2 \neq \alpha_2'$													
$v=v'$	$v=v'$													
$D \neq d$	$D \neq d$													
<p>Расчетные формулы</p>	<p>2</p>	$t_2 = \frac{v - v_0}{\left(g + \frac{F - F'}{m - m'}\right) \left(f \sin(\alpha_1 + \Delta\alpha) + \cos(\alpha_1 + \Delta\alpha)\right)} \quad \alpha_2 = \frac{\pi n}{30} \cdot t_2$ $t_2' = \frac{v' - v_0}{\left(g + \frac{F'}{m'}\right) \left(f' \sin(\Delta\alpha - \alpha_1') + \cos(\Delta\alpha - \alpha_1')\right)} \quad \alpha_2' = \frac{\pi n'}{30} \cdot t_2'$ $v_3 = \frac{d}{B} = \frac{D}{B'}$ $K_Q = \frac{d}{Bv} = \frac{D}{B'v'}$ $Q = \frac{Lb_3d}{B} = \frac{Lb_3D}{B'}$ <hr/> $B = \frac{d}{v} + \frac{v - v_0}{\alpha_1 \left(g + \frac{F - F'}{m - m'}\right) \left(f \sin(\alpha_1 + \Delta\alpha) + \cos(\alpha_1 + \Delta\alpha)\right)} + \frac{v' - v_0}{\alpha_1 \left(g + \frac{F'}{m'}\right) \left(f' \sin(\Delta\alpha - \alpha_1') + \cos(\Delta\alpha - \alpha_1')\right)}$ $B' = \frac{D}{v'} + \frac{v - v_0}{\alpha_1' \left(g + \frac{F - F'}{m - m'}\right) \left(f \sin(\alpha_1 + \Delta\alpha) + \cos(\alpha_1 + \Delta\alpha)\right)} + \frac{v' - v_0}{\alpha_1' \left(g + \frac{F'}{m'}\right) \left(f' \sin(\Delta\alpha - \alpha_1') + \cos(\Delta\alpha - \alpha_1')\right)}$												

продолжение таблицы 1

Расчетные схемы и соотношения их параметров	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: space-around;">  <div style="display: flex; gap: 20px;"> <div style="text-align: center;"> $f=f'$ $n=n'$ $\alpha_1 \neq \alpha_1'$ $\alpha_2 \neq \alpha_2'$ $v \neq v'$ $D \neq d$ </div> <div style="text-align: center;"> $f=f'$ $n \neq n'$ $\alpha_1 \neq \alpha_1'$ $\alpha_2 \neq \alpha_2'$ $v \neq v'$ $D \neq d$ </div> <div style="text-align: center;"> $f \neq f'$ $n \neq n'$ $\alpha_1 \neq \alpha_1'$ $\alpha_2 \neq \alpha_2'$ $v \neq v'$ $D = d$ </div> </div> </div>
Расчетные формулы	$t_2 = \frac{v-v_0}{\left(g + \frac{F-F'}{m-m'}\right) \left(f \sin(\Delta\alpha - \alpha_1) + \cos(\Delta\alpha - \alpha_1)\right)} \quad \alpha_2 = \frac{\pi n}{30} \cdot t_2$ $t_2' = \frac{v'-v_0}{\left(g + \frac{F'}{m'}\right) \left(f' \sin(\alpha_1' + \Delta\alpha) + \cos(\alpha_1' + \Delta\alpha)\right)} \quad \alpha_2' = \frac{\pi n'}{30} \cdot t_2'$ $v_3 = \frac{\left(d + \frac{n'}{n}D\right)}{BB} = \frac{\left(d \frac{n}{n'} + D\right)}{BB'}$ $Q = \frac{Lb_3 \left(d + \frac{n'}{n}D\right)}{BB} = \frac{Lb_3 \left(d \frac{n}{n'} + D\right)}{BB'}$ $K_Q = \frac{\left(d + \frac{n'}{n}D\right)}{BB \cdot v} = \frac{\left(d \frac{n}{n'} + D\right)}{BB' \cdot v'}$ $BB = 2B = \frac{2d}{v} + \frac{2(v-v_0)}{\alpha_1 \left(g + \frac{F-F'}{m-m'}\right) \left(f \sin(\Delta\alpha - \alpha_1) + \cos(\Delta\alpha - \alpha_1)\right)} + \frac{2(v'-v_0)}{\alpha_1 \left(g + \frac{F'}{m'}\right) \left(f' \sin(\alpha_1' + \Delta\alpha) + \cos(\alpha_1' + \Delta\alpha)\right)}$ $BB' = 2B' = \frac{2D}{v'} + \frac{2(v-v_0)}{\alpha_1' \left(g + \frac{F-F'}{m-m'}\right) \left(f \sin(\Delta\alpha - \alpha_1) + \cos(\Delta\alpha - \alpha_1)\right)} + \frac{2(v'-v_0)}{\alpha_1' \left(g + \frac{F'}{m'}\right) \left(f' \sin(\alpha_1' + \Delta\alpha) + \cos(\alpha_1' + \Delta\alpha)\right)}$

Выводы

1. При плющении и измельчении зерна на захватывание зерна вальцами влияют геометрические размеры зерна, величина зазора между образующими поверхностями вальцов, угол наклона плоскости, проходящей через оси вальцов к горизонтальной плоскости, а также соотношение размеров вальцов, их коэффициенты трения и начальная скорость зерновки. Условие захватывания зерна вальцами можно оценивать значением времени скольжения зерна по поверхности вальцов, при этом, чем лучше захватывание зерна, тем меньше время скольжения.

2. Уменьшения времени скольжения зерна по поверхности вальцов можно достичь увеличением диаметров вальцов, начальной скорости зерна, коэффици-

циентов трения зерна о поверхность вальцов и приложением дополнительной силы, совпадающей по направлению с силой тяжести.

3. Улучшая условия захвата зерна вальцами, т.е. уменьшая время скольжения зерна по поверхности вальцов, можно достичь максимально возможной производительности плющилки-измельчителя.

4. Полученные аналитические зависимости времени скольжения зерна, скорости зерновки, производительности и коэффициента использования максимальной пропускной способности плющилки-измельчителя показывают, что они зависят от диаметров и длины вальцов, их коэффициентов трения о зерновку, скорости вращения вальцов, межвальцового зазора, размера зерновки и её начальной скорости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воробьёв, Н.А. Теоретические исследования производительности вальцово-плющилки / Н.А. Воробьёв // Агропанорама. – 2008. – № 2. – С. 45-48.
2. Пилипенко, А.Н. Определение условий захвата зерна вальцами плющилки/А.Н. Пилипенко, А.Г. Акулинин // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – Киев, 1975. – № 33. – С. 95-104.
3. Андрианов, А.М. Исследование рабочего процесса валковой зерноплющилки: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01/ А.М. Андрианов; Воронежский инст. сельск. хозяйства им. К.Д. Глинки. – Воронеж, 1974. – 19 с.
4. Воробьёв, Н.А. К определению параметров машин для плющения зерна/ Н.А. Воробьёв // Инженерный вестник. – 2007. – №1. – С. 15- 17.
5. Одегов, В.А. Обоснование параметров и режимов работы плющилки влажного зерна: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01/ В.А. Одегов// – М.: РГБ, 2005. – 187 с.
6. Баранов, Л.Н. Повышение эффективности производства плющеного зерна путем совершенствования технологий и комплекса технических средств: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01/ Л.Н. Баранов; Сев. Западн. научн.-исслед. ин-т механиз. и электр. сельск. хоз-ва. – Санкт-Петербург – Павловск, 2005. – 18 с.
7. Ромалинский, В.С. Исследование процесса плющения влажного консервированного зерна и обоснование основных параметров и режимов работы

- плющилки: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01/ В.С. Ромалинский; Всесоюз. научн.-исслед. ин-т электриф. сельск. хоз-ва. – Москва, 1978 – 18 с.
8. Дешко, В.И. Исследование и обоснование режимов плющения зерна после влаготепловой обработки: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01/ В.И. Дешко; Укр. научн.-исслед. ин-т мех. и электр. сельск. хоз-ва. – Ленинград-Пушкин, 1978 – 19 с.
9. Шило, И.Н. К обоснованию мощности привода валцов плющилки/ И.Н. Шило, Н.А. Воробьёв, Е.М. Прищепова // Агропанорама. – 2008. – №3. – С.25-28.
10. Вальцовая плющилка зерна: пат. 14052 Респ. Беларусь, МПК В 02 С 4/00/ В.А. Дайнеко, Е.М. Прищепова, Н.А. Воробьёв; заявитель Белор. гос. агр. техн. унив-т. – № а 20080672; заявл. 26.05.2008; опубл. 28.02.2011// Афіцыйны бюл./ Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2011. – №1. – С.84.
11. Вальцовая плющилка для зерна: пат. 14696 Респ. Беларусь, МПК В 02 С 4/06; В 02 С 4/06/ В.А. Дайнеко, Е.М. Прищепова, Н.А. Воробьёв, М.К. Карпович; заявитель Белор. гос. агр. техн. унив-т. – № а 20090551; заявл. 17.04.2009; опубл. 30.08.2011// Афіцыйны бюл./ Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2011. – №4. – С. 74-75.
12. Вальцовая плющилка для зерна: пат. на пол. мод. 5756 Респ. Беларусь, МПК В 02 С 4/00/ И.Н. Шило, Н.А. Воробьёв, Е.М. Прищепова; заявитель Белор. гос. агр. техн. унив-т. – № и 20090412; заявл. 21.05.2009; опубл. 30.12.2009// Афіцыйны бюл./ Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2009. – № 6. – С. 162.

Пористые волокновые материалы

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



Основные технические данные

Тонкость очистки ППМ	
- при фильтрации газов	0,5...20 мкм
- при фильтрации жидкостей	1...100 мкм

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

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРСПЕКТИВНОЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СТРУКТУРЫ ПРЕДПРИЯТИЙ, СПЕЦИАЛИЗИРУЮЩИХСЯ НА ПРОИЗВОДСТВЕ МОЛОКА

М. В. Тимошенко, научн. сотр. (РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству»)

Аннотация

Разработана экономико-математическая модель расчета перспективной производственной структуры предприятий, специализирующихся на производстве молока, позволяющая проанализировать варианты их развития с учетом изменения численности поголовья и специфики применяемой технологии.

Economic and mathematic model of calculation of perspective production structure of enterprises for milk production was developed allowing to analyze variants of development taking into account the amount of animals in herd and peculiarities of the used technology.

Введение

Любая, в том числе и ведущая отрасль предприятия, развивается во взаимодействии с другими отраслями, поэтому резервы производства в отрасли необходимо рассматривать с позиции рационального построения всей производственной структуры. В связи с этим, целью исследования явилась адаптация экономико-математической модели оптимизационной производственной структуры сельскохозяйственной организации, на базе (примере) ГП «ЖодиноАгро-ПлемЭлита» Смолевичского района, предусматривающей рациональное сочетание молочного скотоводства с другими отраслями. Учитывая специфику главной отрасли, особое внимание уделено производству молока при различных способах содержания.

Основная часть

Обоснование перспективной производственной структуры предприятий, специализирующихся на производстве молока, проведено на базе системы экономико-математических моделей, которые включали информационные и оптимизационную модель верхнего уровня [1, с. 193-213; 2, с. 69-116], адаптированной к условиям рассматриваемого хозяйства. Адаптация предполагает достижение следующих целей:

1. Выбор модели экстенсивного, либо интенсивного развития молочного скотоводства предприятия, позволяющей обосновать различные варианты производства с учетом изменения численности поголовья (заданием границ) при привязном и беспривязном способе содержания коров:

– первый вариант – без изменения численности и способа их содержания (экстенсивный тип развития производства);

– второй вариант – предусматривает возможность роста поголовья коров в размере 12%. По пере-

менной X21 интервал вариации находится в пределах от 658 до 750 голов, по переменной X22 – от 833 до 930 голов (интенсивный тип развития производства);

– третий вариант – при численности поголовья, рассчитанной во втором варианте по переменной X21 (обозначающей поголовье коров при привязном способе содержания), вводится нулевая верхняя граница, а по переменной X22 (поголовье коров при беспривязном способе содержания) верхняя граница, равная 1680 голов;

– четвертый вариант – при общей численности поголовья, рассчитанной во втором варианте, верхняя граница по переменной X21 снижена до 355 голов, а по X22 возрастает до 1325 голов.

2. Принципиально новым в разработке и использовании экономико-математической модели данного класса являлась минимизация затрат времени на расчет технико-экономических коэффициентов и констант, анализ результатов решений. Это позволило провести многовариантные расчеты, изменения урожайности культур и продуктивности животных, а также определить производственные затраты и обосновать другие условия.

При разработке модельной программы развития использовались теоретические положения и методы, рекомендуемые в [1, 2], при расчете параметров модели – данные хозяйственной деятельности предприятия, нормативы возделывания сельскохозяйственных культур и технологии производства продукции животноводства, изложенные в [3, 4].

Экономико-математическая модель состояла из 79 ограничений и функции цели (максимум прибыли).

В процессе решения экономико-математической задачи с помощью пакета MS EXCEL (приложения MICROSOFT OFFICE 2010; надстройка «Поиск решения») были получены следующие результаты по обоснованию оптимальных показателей развития при каж-

дом варианте. В табл. 1 приведены расчетные варианты численности поголовья для отрасли скотоводства.

Таблица 1. Поголовье животных

Показатели	Факт	Варианты			
		1	2	3	4
Коровы, гол	1491	1491	1680	1680	1680
привязное содержание	658	658	750	0	355
беспривязное содержание	833	833	930	1680	1325
Молодняк, гол	3366	3366	3370	3370	3370

Во втором, третьем и четвертом вариантах расчета предполагается увеличение поголовья коров примерно на 12%. Поголовье крупного рогатого скота на откорме планируется не более 3370 голов.

Максимум денежной выручки для расчетных вариантов может быть достигнут при объемах реализации товарной продукции, представленной в табл. 2.

Таблица 2. Объем реализации товарной продукции, ц

Показатели	Факт	Варианты			
		1	2	3	4
Зерно	24040	35990	35990	35990	35990
Рапс	3180	6000	6000	6000	6000
Картофель	10610	51600	51600	51600	51600
Молоко	109480	115924	131892	128979	130312
Говядина	7600	9975	9975	9975	9975

Объем реализации зерна возрастает на 33, 2% и составит в планируемом периоде – 35990 ц. Наибольший объем реализации молока получен во втором варианте расчета – 131892 ц, что на 17 % больше по сравнению с фактическим показателем. Реализация мяса составит в прогнозном периоде 9975 ц. Производство картофеля увеличится относительно факта на 20,5% и составит 9975 ц.

Общая стоимость товарной продукции приведена в табл. 3. В качестве цены реализации использованы условно-сопоставимые цены 2010 г.

Таблица 3. Объем денежной выручки, тыс. рублей

Показатели	Факт	Варианты			
		1	2	3	4
Зерно	1572,2	2353,7	2353,7	2353,7	2353,7
Рапс	249,9	471,6	471,6	471,6	471,6
Картофель	941,1	4576,9	4576,9	4576,9	4576,9
Молоко	10663,4	11290,9	12846,3	12562,6	12692,4
Говядина	3492,9	4584,5	4584,5	4584,5	4584,5

Вышеприведенная таблица подтверждает выводы предыдущей таблицы, однако она позволяет при помощи универсального денежного измерителя определить изменение всей товарной продукции. Основные показатели уровня производства, позволяющие

обобщить результаты перспективного планирования, представлены в табл.4.

Как показывает анализ динамики данных таблицы, наибольший уровень производства молока получен во втором варианте расчета – 3026,1 ц на 100 га сельскохозяйственных угодий, что на 15 % превышает фактическое значение. Уровень производства мяса возрос на 27 % до 210,5 ц на 100 га сельхозугодий. Производство зерна на 100 га пашни возрастет до 2514,7 ц, а уровень производства рапса – до 184,6 ц на 100 га пашни или на 19,2 и 51,9 % соответственно. Эффективность проведенной оптимизации производственной структуры отражена в результативных экономических показателях (табл. 5).

Из данных таблицы видно, что наибольший экономический эффект (уровень рентабельности 28,1 %) может быть достигнут предприятием при третьем варианте развития производства.

Результативные показатели, отражающие влияние предлагаемых вариантов оптимизации на экономическую эффективность производства молока, отражены в табл. 6.

Приведенные в таблице данные показывают, что по соотношению статей затрат и выручки от реализации, вариант оптимизации производства молока, предусматривающий перевод всего поголовья коров на беспривязно-боксовое содержание, существенно превосходит как базовый, так и моделируемые варианты с интенсифицированным привязным (второй вариант) и беспривязным содержанием с частичным сохранением традиционного привязного содержания (третий вариант). Уровень рентабельности в третьем варианте организации производства молока на 3,2 процентных пункта превышает исходное значение, а в сравнении с привязной технологией различие достигает 6,8 процентных пункта.

Заключение

1. Рассчитаны различные варианты организации производства молока, предусматривающие сохранение численности и способа их содержания: экстенсивный тип развития производства; рост поголовья коров на 12% (интенсивный тип развития производства); рост поголовья коров на 12% и перевод всего поголовья коров на беспривязное содержание; рост поголовья коров на 12% и частичный перевод поголовья коров на беспривязное содержание.

2. Расчеты перспективных показателей проведены на основе обоснования средней урожайности зерновых с применением ограничений по использованию сельскохозяйственных угодий, затратам труда, балансу основных видов кормов, размерам отраслей и объемам производимой продукции.

3. Расчеты планирования продуктивности среднегодовой коровы проведены с учетом способа их содержания с применением ограничений по затратам труда, балансу основных видов кормов, содержанию

Таблица 4. Основные показатели уровня производства, ц

Показатели	Факт, ц	Варианты, ц			
		1	2	3	4
На 100 га пашни					
Зерно	2032,5	2514,7	2514,7	2514,7	2514,7
Рапс	88,7	184,6	184,6	184,6	184,6
Картофель	715,1	2141,6	2141,6	2141,6	2141,6
На 100 га сельскохозяйственных угодий					
Молоко	2570,0	2570,0	3026,1	2962,4	2992,6
привязный способ содержания	1163,0	1216,2	1386,2	-	656,2
беспривязный способ содержания	1407,0	1468,8	1639,9	2962,4	2336,4
Говядина	153,5	210,5	210,8	210,8	210,8

Таблица 5. Результативные экономические показатели

Показатели	Варианты			
	1	2	3	4
Выручка от реализации продукции, тыс. руб.	24257,9	26013,6	25688,4	25867,8
Затраты на производство и реализацию, тыс. руб.	19621,8	20539,1	20048,1	20277,7
Прибыль, тыс. руб.	4836,1	5474,4	5640,2	5560,0
Уровень рентабельности, %	24,6	26,6	28,1	27,4

Таблица 6. Результативные показатели эффективности производства молока

Показатели	Варианты			
	1	2	3	4
Расход кормов по дойному стаду, ц к.ед.	99989,4	114677,0	111552,0	112084,5
привязное содержание	44678,2	52925,0	-	24104,5
беспривязное содержание	55311,2	61752,0	111552,0	87980,0
Выручка от реализации молока, тыс. руб.	12317,6	13873,3	13539,6	13697,6
привязное содержание	5604,3	6378,2	-	3019,0
беспривязное содержание	6713,3	7495,1	13539,6	10678,6
Материально - денежные затраты на производство и реализацию молока, тыс. руб.:	8592,1	9679,3	9239,3	9447,5
привязное содержание	4010,9	4564,7	-	2160,6
беспривязное содержание	4581,2	5114,6	9239,3	7286,9
Прибыль, тыс. руб.	3725,6	4193,5	4300,3	4249,9
привязное содержание	1593,4	1813,4	-	858,3
беспривязное содержание	2132,2	2380,1	4300,3	3391,6
Уровень рентабельности, %	43,3	43,3	46,5	44,9
привязное содержание	39,7	39,7	-	39,7
беспривязное содержание	46,5	46,5	46,5	46,5

питательных веществ, величине поголовья и объемам товарной продукции.

4. Наиболее значимое увеличение выручки от реализации продукции (рост 9% по отношению к базовому варианту) установлено во втором варианте оптимизации производства, предусматривающем увеличение поголовья коров на 12% при сохранении существующей технологии содержания животных. Однако суммарные затраты на производство и реализацию продукции во втором варианте также оказались максимальными. Наибольший экономический эффект (уровень рентабельности 28,1%) может быть достигнут предприятием при третьем варианте развития производства, предусматривающем рост численности коров на 12% и перевод всего поголовья на беспривязное содержание.

ЛИТЕРАТУРА

1. Леньков, И.И. Экономико-математическое моделирование экономических систем и процессов в сельском хозяйстве / И.И. Леньков. – Минск: Дизайн ПРО, 1997. – 304 с.
2. Леньков, И.И. Моделирование и прогнозирование экономики агропромышленного комплекса / И.И. Леньков. – Минск: БГАТУ, 2011. – 227 с.
3. Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур: сб. отраслевых регламентов / Ин-т аграр. экономики НАН Беларуси. – Минск: Бел. наука, 2005. – 460 с.
4. Технология производства и переработки продукции животноводства. Производственное обучение: учеб. пособ./ М.В. Шалак [и др.]. – Гродно, 2007. – 368 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ «ОПЕРАТОР-МАШИНА-СРЕДА» В АГРОПРОИЗВОДСТВЕ

Л.В. Мисун, докт. техн. наук, профессор (БГАТУ); В.В. Азаренко, докт. техн. наук, доцент (НАН Беларуси); В.А. Агейчик, канд. техн. наук, доцент, А.Н. Гурина, аспирантка, Ал-й Л. Мисун, Ал-р Л. Мисун, студенты (БГАТУ)

Аннотация

Сделан анализ состояния и причинно-следственной связи травматизма на объектах агропромышленного комплекса Республики Беларусь. Предложены инженерно-технические решения для повышения эффективности и безопасности функционирования системы «оператор-машина-среда».

An analysis of state and causation of injury on the objects of agriculture in Belarus is made. Engineering solutions to improve the effectiveness and safety of the system "operator-machine-environment" are proposed.

Введение

Общеизвестно, что абсолютно безопасных производств не существует, всегда присутствует определенный риск травмирования. Следовательно, там, где есть опасные производственные факторы и нарушения правил безопасности труда, всегда присутствует вероятность несчастного случая. Чем более опасными являются условия труда, тем больше риск травмирования. Снижение производственного травматизма зависит от надежности безопасности функционирования технологической системы «оператор-машина-среда» («О-М-С»), профессиональной подготовки операторов мобильной сельскохозяйственной техники и должно базироваться на организационно-технических трудовоохранных мероприятиях.

Для решения этих задач каждый специалист обязан знать не только круг реальных производственных опасностей, но и средства защиты от них. Ему необходимы также знания в области анатомофизиологических свойств человека и его реакций на воздействие негативных факторов; комплексного представления об источниках опасностей, травмирующих и вредных производственных факторах, методах качественного и количественного анализа опасностей. Все это позволяет сформулировать общую стратегию и принципы обеспечения безопасности жизнедеятельности, разработать и применять технические средства защиты работников в штатных и чрезвычайных ситуациях.

Основная часть

Проведенный анализ статистических данных Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, Министерства труда и социальной защиты, литературных источников позволил выявить причинно-следственную связь производственного травматизма в агропромышленном комплексе Республики Беларусь.

Полученные результаты показали, что наиболее травмоопасной отраслью сельскохозяйственного производства является растениеводство (плюс переработ-

ка сельскохозяйственной продукции). На их долю приходится почти 25% от всех несчастных случаев в АПК с тяжелым исходом и около 30% – со смертельным.

Основными факторами производственного травматизма, как со смертельным, так и с тяжелым исходом, является «воздействие движущихся и вращающихся элементов конструкций технического средства», что составляет от всех видов происшествий, соответственно, с тяжелым исходом – 40,6 % и 27,0 % – со смертельным (рис. 1).

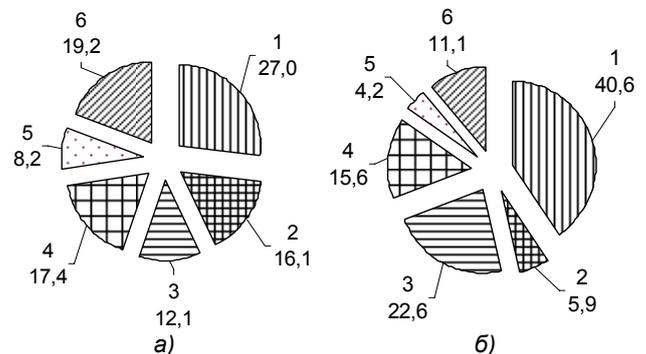


Рисунок 1. Распределение несчастных случаев (%) по видам происшествий в АПК Республики Беларусь: а – со смертельным исходом; б – с тяжелым исходом; 1 – воздействие движущихся и вращающихся предметов; 2 – дорожно-транспортные происшествия; 3 – падение потерпевшего с высоты; во время передвижения; в ямы, колодцы, траншеи и т.д.; 4 – падение, обрушение предметов, материала, земли и т.д.; 5 – поражение электрическим током; 6 – воздействие экстремальных температур (пожары); 7 – повреждение в результате контакта с представителями флоры и фауны (животными, птицами, насекомыми, ядовитыми растениями); 8 – стихийные бедствия; 9 – прочие.

Также установлено, что наибольшее число пострадавших, как с тяжелым, так и со смертельным исходом, относится к таким профессиям, как тракторист-машинист, механизатор, комбайнер, или, в об-

щем, к «оператору мобильной сельскохозяйственной техники». 23,3 % от всех несчастных случаев в АПК с тяжелым исходом приходится на «оператора мобильной сельскохозяйственной техники» (рис. 2).

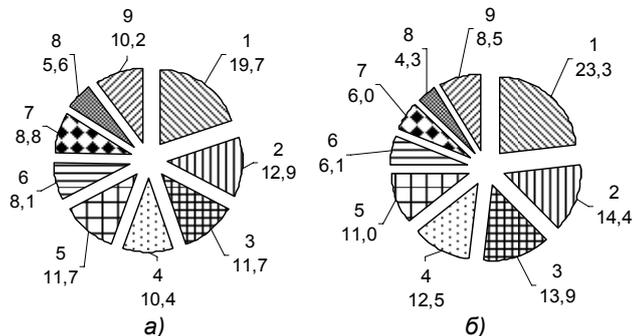


Рисунок 2. Распределение несчастных случаев (%) по профессиям пострадавших в АПК Республики Беларусь: а – со смертельным исходом; б – с тяжелым исходом;

1 – трактористы-машинисты, механизаторы, комбайнеры; 2 – рабочие полеводы, агрономы, операторы ЗСК; 3 – доярки, скотники, пастухи, зоотехники, животноводы; 4 – маляры, каменщики, строители, бетонщики; 5 – слесари, газосварщики, станочники, токари, плотники, столяры; 6 – водители; 7 – сторожа, грузчики, кочегары; 8 – инженеры, электрики; 9 – прочие (бухгалтеры, кассиры, кладовщики и др.).

Основными причинами несчастных случаев в АПК с тяжелыми последствиями являются: невыполнение руководителями и специалистами обязанностей по охране труда (27,5 %); нарушение пострадавшим трудовой и производственной дисциплины, инструкций по охране труда (15,2 %); недостатки в обучении и инструктировании пострадавшего по охране труда (13,2 %); алкогольное опьянение пострадавшего (10,9 %); эксплуатация неисправных, несоответствующих требованиям безопасности машин и механизмов, оборудования, оснастки, инструмента (6,3 %).

Таким образом, наиболее травмоопасная отрасль сельскохозяйственного производства – растениеводство (плюс переработка сельскохозяйственной продукции), основным фактором сложившейся ситуации является воздействие движущихся и вращающихся элементов конструкций технических средств, и при этом наибольшее количество несчастных случаев приходится на операторов мобильной сельскохозяйственной техники. То есть, одна из основных причин травматизма связана с организацией безопасной эксплуатации мобильной сельскохозяйственной техники (МСХТ), рассматриваемой во взаимодействии «оператор-машина-среда» («О-М-С»), а в качестве метода исследований целесообразно использовать «эргономический», основанный на комплексном изучении системы «О-М-С», с учетом антропометрических данных оператора МСХТ.

В результате проведенных исследований установлены основные факторы, влияющие на безопасность функционирования системы «О-М-С». Это – профессиональные особенности оператора МСХТ (профессио-

нальная пригодность, квалификация, антропометрические параметры и социально-личностные особенности), эксплуатационная надежность МСХТ, а также производственная и окружающая среда (микроклимат, акустический, вибрационный фон и запыленность воздуха в кабине МСХТ; пашня, стерня, грунты и т.д.). Также определены возможные последствия для системы «О-М-С» от воздействия опасных и вредных факторов производственной среды. Для МСХТ – это опрокидывание, потеря управляемости, буксование, увеличение тормозного пути; на оператора МСХТ – ухудшение термокомфортности, повышение утомляемости, снижение работоспособности, внимания, времени реакции.

В результате проведенных теоретических исследований, получено выражение для определения вероятности безопасного функционирования «человеко-машинной системы» ($P_{чм}$) с учетом эксплуатационной надежности технического средства:

$$P_{чм} = 1 - P_{отк}, \quad (1)$$

где $P_{отк} = \frac{K}{1000}$ – вероятность отказа «человеко-

машинной системы» («Ч-М-С»);

$Kч$ – интегральный показатель опасности функционирования «человеко-машинной системы» (отражает, с одной стороны, уровень профессиональной подготовки оператора МСХТ, организацию его труда, с другой – уровень эксплуатационной надежности технического средства, характеризующийся плотностью потока отказов ρ).

Следует отметить, что вероятность отказа ($P_{отк}$) функционирования «Ч-М-С», при независимом виде связи между ее элементами, определяется по формуле:

$$P_{отк} = P_{оп} \cdot P_{м}; \quad (2)$$

– при зависимом виде связи элементов «Ч-М-С»:

$$P_{отк} = P_{оп} + P_{м} - P_{оп} \cdot P_{м}, \quad (3)$$

где $P_{м}$ – вероятность отказа технического средства;

$P_{оп}$ – вероятность опасного действия оператора МСХТ;

$$P_{оп} = 1 - P_{п}, \quad (4)$$

где $P_{п}$ – вероятность безопасной (надежной) работы оператора МСХТ

$$P_{п} = P_{пр} \cdot \prod_{i=1}^n P_i, \quad (5)$$

где $P_{пр}$ – вероятность принятия оператором МСХТ правильного решения

$$P_{пр} \geq \frac{P_{п}}{\prod_{i=1}^n P_i}, \quad (6)$$

где P_i – вероятность безотказной работы в течение рабочего времени суток i -го узла (элемента) технического средства.

Проведенными исследованиями также установлены и профессионально значимые качества оператора МСХТ, подобраны методики для оценки у него психофизиологических и личностных качеств.

Наряду с вышеизложенными организационными мероприятиями для повышения безопасности функционирования системы «О-М-С», авторами предлагаются инженерно-технические решения, направленные на снижение запыленности в кабине трактора, повышение ее герметичности, звукоизоляционных свойств, шумовой защиты и нормализации теплового режима; улучшение условий труда оператора МСХТ при низких температурах в осенне-зимний период [1]. Кроме этого, для повышения эффективности виброизоляции, увеличения возможности противодействия резонансным явлениям рассматривается конструкция сиденья МСХТ (рис. 3), содержащая механизм стаби-

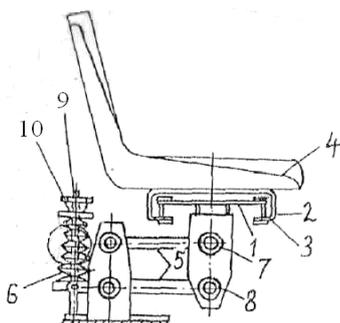


Рисунок 3. Сиденье мобильного технического средства [2]:

- 1 – механизм стабилизации крена; 2 – каретка; 3 – трос; 4 – подушка; 5 – параллелограммный механизм; 6 – упругий элемент; 7 – горизонтальная ось; 8 – опора качения; 9 – регулировочный винт; 10 – прижимная гайка.

лизации крена, состоящий из кареток и тросов, на которых крепится подушка сиденья.

Вертикальные вибрации, передаваемые на сиденье оператора, гасятся упругим элементом, а горизонтальные – тросовыми элементами в механизме стабилизации крена. Демпфирование колебаний в системе осуществляется за счет упругих деформаций и внутреннего трения резиновых колец вследствие увеличения горизонтальных размеров тарельчатых пружин. Жесткость упругого элемента изменяется в зависимости от веса оператора с помощью регулировочного винта и прижимной гайки.

Для исключения травмоопасной ситуации при перевозке грузов транспортным средством с самосвальной платформой (рис. 4) предлагается следующее техническое решение. Когда оператор транспортного средства находится в кабине на сиденье и своим весом замыкает контакт, электромагнит включается в дополнительную цепь электропитания, а колодки колодочного тормоза разомкнуты и не взаимодействуют с тормозным шкивом колодочного тормоза. В таком случае, при подъеме или опускании грузовой платформы, рейка перемещается вверх или вниз по направляющей, вращая зубчатое колесо вместе с валом и не мешая подъему-опусканию грузовой

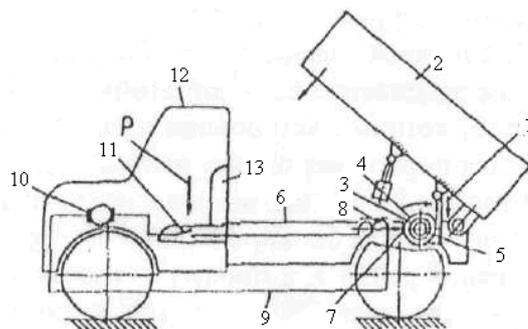


Рисунок 4. Транспортное средство с самосвальной платформой [3]:

- 1 – рейка; 2 – грузовая платформа; 3 – направляющая; 4 – зубчатое колесо; 5 – вал; 6 – рама; 7 – колодки тормоза; 8 – электромагнит; 9 – цепь электропитания; 10 – источник тока; 11 – замыкающий контакт; 12 – кабина; 13 – сиденье оператора.

платформы. В том случае, когда оператор не находится в кабине и замыкающий контакт разомкнут, размыкается и дополнительная цепь электропитания. Электромагнит оказывается обесточенным, колодки тормоза прижаты к тормозному шкиву, исключая его вращение во время опускания платформы. Таким образом, тормозной шкив, поворотный вал и венцы зубчатого колеса не могут вращаться, а рейка не имеет возможности перемещаться по направляющей, благодаря зацеплению с венцом зубчатого колеса. При этом грузовая платформа опирается на рейку и фиксируется неподвижно, исключая возможность травмирования, если оператор находится даже в опасной зоне при обслуживании транспортного средства.

Кроме опрокидывания, травматическая ситуация в опасной зоне машинно-тракторного агрегата может сопровождаться «наматыванием» рабочей одежды при травмировании карданным валом. Для устранения подобных случаев травматизма предлагается предохранительное устройство для карданной передачи (рис. 5). Использование предлагаемого предохранительного устройства обеспечивает безопасные условия эксплуатации технических средств, так как при снятии или отсутствии защитного кожуха карданного вала прекращается передача вращательного движения.

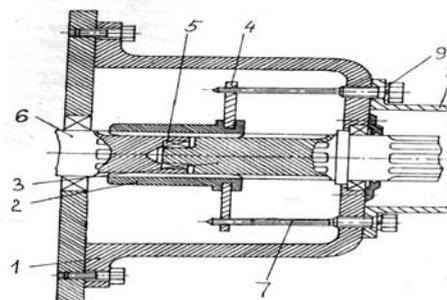


Рисунок 5. Предохранительное устройство для карданного вала МСХТ [4]:

- 1 – корпус; 2 – шлицевая втулка; 3 – вал; 4 – вилка; 5 – подшипник; 6 – шлицевой вал; 7 – болт; 8 – защитный кожух; 9 – шайба.

Заключение

Приведенные теоретические зависимости (1) ... (6) позволяют спрогнозировать функциональное состояние системы «оператор–машина–среда» с учетом уровня профессиональной подготовки оператора мобильной сельскохозяйственной техники, организации его труда, показателя эксплуатационной надежности технического средства.

Предложенные конструкции предохранительных устройств позволяют исключить травмоопасную ситуацию при перевозке грузов транспортным средством с самосвальной платформой, а также защитить от травмирования карданным валом.

Полученные результаты исследований заслушаны и одобрены на заседании (08.12.2011г.) секции аграрного образования, науки и кадров научно-технического совета Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агейчик, В.А. Улучшение условий и повышение безопасности труда операторов мобильной сельскохо-

зяйственной техники / В.А. Агейчик, Ал-р Л. Мисун, Ал-й Л. Мисун // Агропанорама, №1. – 2011. – С. 44-48.

2. Вибрационная система сиденья: пат. 7727 Респ. Беларусь, МПК В60N 2/54 (2006.01) / Л.В. Мисун, А.Л. Мисун, В.А. Агейчик, А.В. Агейчик; заявитель Белорус. гос. аграрн. технич. ун-т. – № у 20110292; заявл. 14.04.2011, опубл. 30.08.2011//Афіцыйны бюл./ Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці.

3. Устройство для блокирования самосвальной платформы транспортного типа: пат. № 6992 Респ. Беларусь, МПК (2009) В 60P1/04 / Л.В. Мисун, А.Л. Мисун, А.В. Агейчик, В.А. Агейчик; заявитель Белорус. гос. аграрн. технич. ун-т. – № у 20100583; заявл. 25.06.2010; опубл. 28.02.2011 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2011. – № 1. – С. 186.

4. Предохранительное устройство для карданного вала: пат. 6532 Респ. Беларусь, МПК (2009) F 16P 1/02 / Л.В. Мисун, А.Л. Мисун, В.А. Агейчик, А.В. Агейчик; заявитель Белорус. гос. аграрн. технич. ун-т. – №20100113; заявл. 08.02.2010, опубл. 30.08.2010. // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2010. – № 4. – С. 220.

УДК 631.1:33

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 6.02.2012

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ РЫНКОВ ОВОЩНОГО И ПЛОДОВО-ЯГОДНОГО СЫРЬЯ ПРЕДПРИЯТИЙ КОНСЕРВНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

С.Л. Белявская, аспирантка (БГАТУ)

Аннотация

Проанализирован уровень обеспеченности предприятий по переработке плодов и овощей в республике овощным и плодово-ягодным сырьем. Представлена методика оценки рынка овощного и плодово-ягодного сырья для перерабатывающих предприятий республики, дается анализ плодовоовощного рынка сырья.

The level of security of enterprises for the processing of fruit and vegetables and fruit-berry raw materials in the republic is analyzed. The method of estimating the market of vegetable and fruit-berry raw material for processing enterprises of the republic is presented; the analysis of the fruit and vegetable markets of raw materials is given.

Введение

Приоритетными направлениями устойчивого развития агропромышленного комплекса Республики Беларусь являются повышение уровня продовольственной безопасности, наращивание экспорта и ориентация производства на достижение сбалансированности продуктовых рынков по спросу и предложению, что позволит обеспечить достаточный уровень высококачественного и сбалансированного питания населения, а также проводить активную политику на мировом рынке продовольствия [1].

Выпуск конкурентоспособной продукции перерабатывающими предприятиями непосредственно зависит от сырьевой базы предприятия, наличия плодовоовощного сырья в требуемом объеме и ассортименте. Для адекватного анализа рынка плодовоовощного

сырья необходимо проводить всестороннее изучение всех влияющих факторов, оценивая их значимость для предприятия и отрасли. Отправной точкой для подобного обзора может служить методика оценки рынка овощного и плодово-ягодного сырья для перерабатывающих предприятий республики.

Основная часть

Анализ производства овощной и плодово-ягодной продукции

Основным сырьем для организаций, осуществляющих производство плодовоовощных консервов, являются овощи, плоды и ягоды, выращиваемые сельскохозяйственными организациями, а также закупаемые у лесхозов и населения, организаций потребительской кооперации.

Валовое производство овощей в целом по республике в 2010 году составило 2334,3 тыс. тонн, причем, 1891,5 из них (81%) получено населением, 142,1 т. тонн (6,1%) фермерскими хозяйствами и только 300,7 тыс. тонн (12,9%) сельскохозяйственными организациями. Аналогичная ситуация и в производстве плодов и ягод: из 799,2 тыс. тонн только 58,8 тыс. тонн (7,4%) получено сельскохозяйственными организациями в 2010 году (табл. 1).

Характерной особенностью развития овощеводства и плодородства в последние годы является быстрое расширение производства овощей на приусадебных и дачных участках при одновременном существенном сокращении его в колхозах и совхозах. Если в 1990 году на долю населения приходилось 37,1% посевных площадей и 32,8% валового сбора овощей, а в 2005 году в хозяйствах населения и фермерских хозяйствах эти показатели составили 83,7 и 83,3%, то в 2010 году – 81,8 и 87,1% соответственно. Многолетние насаждения плодово-ягодных культур в сельскохозяйственных организациях уменьшились с 50,2% в 1990 году до 43,7% в 2005 и 40,7% в 2010 году [2].

Перемещение основного объема производства овощей и плодов из общественного сектора в частный не может иметь однозначной оценки. С одной стороны, оно способствовало сокращению государственных инвестиций в развитие отрасли, а с другой – повлекло превращение промышленного овощеводства, по существу, в огородничество, замену крупного механизированного высокопроизводительного производства мелким, с характерными для него большими затратами мало производительного ручного труда. Увеличение объемов производства плодово-ягодной продукции в ЛПХ (личные подсобные хозяйства) частично объясняется напряженной экономической ситуацией, желанием населения обеспечить себя овощами и продуктами их переработки собственными силами. Однако главной задачей приусадебного и дачного овощеводства и садоводства является обеспечение овощами, плодами и ягодами, в первую очередь, и преимущественно, определенной семьи.

Низкая доля сельскохозяйственных предприятий в производстве овощей, плодов и ягод не обеспечивает возможности создания стабильной сырьевой базы перерабатывающей промышленности.

С целью решения данной проблемы, в Программе обеспечения потребностей республики овощной

продукцией на 2006-2010 гг. предусматривалось довести объемы производства овощей в сельскохозяйственных организациях до 340 тыс. тонн в год, в том числе в защищенном грунте – 76,5 тыс. тонн. Поставленные задачи были достигнуты в 2008 году, когда сбор овощных культур в сельскохозяйственных организациях составил 382 тыс. тонн или 16,6% от валового сбора, однако к 2010 году производство овощей в сельскохозяйственных организациях снизилось до 300,7 тыс. тонн, или 12,9% валового сбора [3].

Организациями республики, осуществляющими производство плодово-овощных консервов, в 2010 году переработано 49,12 тыс. тонн овощей и 41,58 тыс. тонн плодов и ягод, что превышает уровень 2007 года на 32,3% по овощному сырью и 24,7% по плодово-ягодному сырью, а уровень 2004 года – в 1,8 раза по овощному сырью. Однако, несмотря на положительную динамику, рынок плодово-овощного сырья не обеспечивает удовлетворение потребностей перерабатывающих предприятий республики.

Анализ сырьевой базы предприятий по переработке плодов и овощей на основе разработанной методики оценки рынка плодово-овощного сырья

Потребность перерабатывающих организаций, осуществляющих производство плодово-овощных консервов или, иными словами, спрос на плодово-овощное сырье, ежегодно растет, расширяется ассортимент сырья, используемого для производства плодово-овощных консервов, ужесточаются требования к его качеству. Спрос на овощное сырье увеличился с 31,6 тыс. тонн в 2006 году до 45,8 тыс. тонн в 2010 году, на плодово-ягодное сырье, соответственно, с 54,4 тыс. тонн до 76,5 тыс. тонн. Согласно Государственной комплексной программе развития картофелеводства, овощеводства и плодородства, к 2015 году для обеспечения населения и перерабатывающих предприятий республики плодово-овощной продукцией производство овощей в сельскохозяйственных организациях планируется стабилизировать на уровне 537 тыс. тонн, плодов и ягод – 160 тыс. тонн, расширить ассортимент овощных культур до 25-30 видов, увеличить площади плодово-ягодных культур, что в совокупности позволит обеспечить растущий спрос на плодово-овощное сырье [4].

Таблица 1. Валовой сбор овощных культур, плодов и ягод по категориям хозяйств и структура валового сбора, тыс. тонн, %

Показатель	2000	%	2005	%	2009	%	2010	%
Овощные культуры								
Хозяйства всех категорий	1379	100	2007	100	2208	100	2334,3	100
сельскохозяйственные организации	262	19,0	220	11,0	332,8	15,1	300,7	12,9
хозяйства населения	1085	78,7	1727	86,0	1846,7	83,6	1891,5	81,0
фермерские хозяйства	32	2,3	60	3,0	128,6	5,8	142,1	6,1
Плоды и ягоды								
Хозяйства всех категорий	299	100	381,6	100	691,7	100	799,2	100
сельскохозяйственные организации	56	18,7	36,8	9,7	58,9	8,5	58,8	7,4
хозяйства населения и фермерские хозяйства	243	81,3	344,8	90,3	632,8	91,5	740,4	92,7

В последние годы сырьевая база предприятий консервной отрасли обеспечивает загрузку только около 70% имеющихся мощностей, ежегодно на 40-45% не удовлетворяется спрос на плодово-ягодное сырье. Для изменения сложившейся ситуации в отрасли и для обеспечения выполнения поставленных Программой задач требуется проведение комплексного исследования рынка плодовоовощного сырья для перерабатывающих предприятий республики. В этих целях автором предлагается методика оценки рынка плодовоовощного сырья для перерабатывающих предприятий консервной отрасли, которая представлена на рис. 1.

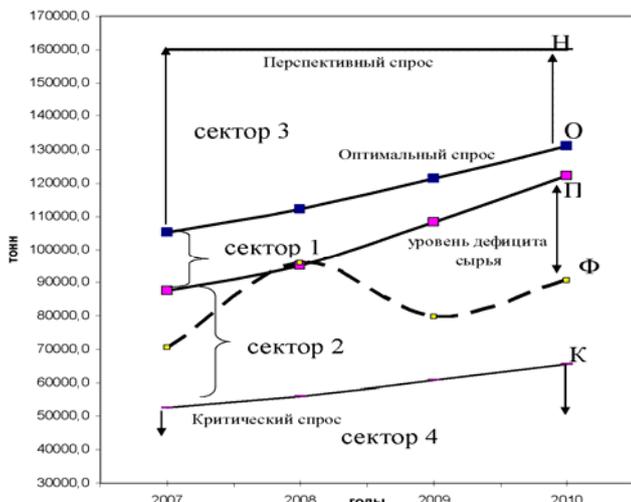


Рисунок 1. Оценка рынка плодовоовощного сырья для перерабатывающих предприятий Республики Беларусь

Сущность и практическое применение данной методики заключается в следующем. Для того чтобы понять, как функционирует рынок сырья, необходимо проанализировать взаимодействие спроса и предложения. Предложение на рынке плодовоовощного сырья формируется производителями овощей, плодов и ягод (сельскохозяйственными организациями, населением, фермерскими хозяйствами), путем реализации произведенной ими продукции непосредственно перерабатывающим предприятиям консервной промышленности или заготовительным организациям, которые в дальнейшем поставляют ее на переработку (величину предложения плодовоовощного сырья на рис. 1 характеризует кривая Ф – фактический уровень заготовок). Объем спроса на рынке плодовоовощного сырья представляет собой количество тонн сырья, требующегося для выпуска в необходимом объеме и ассортименте плодовоовощных консервов. Для более точной оценки рынка сырья построено несколько кривых спроса, отражающих плановый (кривая П), оптимальный (кривая О), перспективный (кривая Н) и критический (кривая К) уровни потребностей предприятий консервной отрасли промышленности.

Оценка рынка плодовоовощного сырья для перерабатывающих предприятий консервной отрасли, представ-

ленная на рис. 1, позволяет определить перспективы развития рынка с позиций сбалансированности по спросу и предложению в различных вариантах.

Кривая предложения Ф построена исходя из уровня фактических заготовок плодовоовощного сырья, пригодного для консервирования перерабатывающими предприятиями республики. Кривая оптимального спроса О рассчитана путем суммирования объемов сырья, обеспечивающих 100% загрузку производственных мощностей и сложившейся структуры ассортимента выпуска продукции предприятиями консервной отрасли. Кривая планового спроса отражает уровень потребности в сырье, рассчитанный согласно Программе развития производства плодовоовощных консервов в Республике Беларусь на 2006-2010 годы [3]. Критический уровень спроса (кривая К) определен исходя из загрузки производственных мощностей менее чем на 50% от возможного уровня. Уровень перспективного спроса рассчитан на основе норм потребления овощных и плодово-ягодных консервов в республике (при выпуске, равном примерно 840 муб. консервов).

Как видно из рис. 1, рынок плодовоовощного сырья при помощи кривых спроса условно можно разделить на 4 сектора, а дать оценку функционирования рынка возможно при помощи анализа расположения кривой предложения относительно спроса.

Сектор 1 – стабильно функционирующий рынок. Система плодовоовощного рынка устойчиво функционирует: состояние спроса и предложения находится в границах адаптивности, опасность нехватки сырья и незагруженности предприятий отсутствует (значения кривой Ф – динамика предложения сырья, находится в области между кривыми О и П – оптимальным и плановым спросом на сырье перерабатывающими предприятиями республики).

Сектор 2 – рынок нестабилен. Равновесие спроса и предложения находится за пределами адаптивности (при дефиците сырья значения кривой Ф находятся ниже планового – кривая П уровня потребности), что приводит к структурной несбалансированности и угрозе оптимальной обеспеченности сырьем перерабатывающих предприятий, нерациональному использованию мощностей и сбою выпуска консервированной продукции. Нахождение предложения ниже уровня планового спроса говорит о необходимости устранения дефицита сырья для стабилизации функционирования рынка.

Сектор 3 – рынок устойчиво развивается. Уровень предложения превышает оптимальный уровень спроса и стремится к перспективному удовлетворению потребности предприятий. Наблюдается положительная динамика основных параметров (значения кривой Ф – динамика фактического предложения, характеризуют тенденцию наращивания объемов заготовок плодовоовощного сырья). Нахождение кривой Ф выше уровня оптимального спроса говорит о необходимости наращивания и ввода дополнительных мощностей, расширении объемов и усовершенствовании ассортимента выпуска плодовоовощных консервов. Однако при отсутствии инвестиций в модернизацию консервного производства, обновления и ввода дополнительных мощностей для переработки сырья

сложится ситуация избытка или перенасыщения рынка, которая приведет к порче и потере части сырья, вывода из строя имеющихся мощностей оборудования по причине его перегрузок.

Сектор 4 – фиаско рынка. Предложение находится ниже кривой критического спроса, имеет место дисбаланс рынка плодовоовощного сырья, который приведет к несомненной угрозе кризиса консервной промышленности. В данной ситуации производственные мощности перерабатывающих предприятий будут загружены менее чем на половину, добиться выпуска требуемого ассортимента и качества консервной продукции будет крайне сложно, производственная себестоимость существенно возрастет, все это повлечет за собой снижение конкурентоспособности, как перерабатывающих предприятий, так и выпускаемой ими продукции, а значит и потерю прибыли. Во избежание ситуации фиаско рынка плодовоовощного сырья, несомненно, требуется вмешательство государства, в виде регулирующей и настраивающей системы.

Методика оценки рынка плодовоовощного сырья для перерабатывающих предприятий республики предполагает анализ вида кривой предложения Ф, учитывая влияние секторов спроса, которые она пересекает. Если предложение имеет не линейный вид и существуют точки перегиба, при этом оно не ограничено оптимальным и плановым спросом в пределах сектора 1, то это свидетельствует о неритмичности поставок плодовоовощного сырья и стихийности рынка под действием факторов, определяющих значения, принадлежащие кривой предложения (объемов производства и реализации овощей, плодов и ягод, качества и ассортимента сырьевой базы предприятий, структуры закупок и других).

Из анализа рынка плодовоовощного сырья для перерабатывающих предприятий республики на основе представленной методики оценки, видно, что предприятия консервной отрасли вынуждены работать в условиях нестабильного рынка (кривая фактического предложения лежит в пределах планового и критического спроса – сектор 2), а уровень потенциального дефицита плодовоовощного сырья составил в 2007 году – 17042 тонны, в 2009 году – 28563 тонны, в 2010 году – 31585 тонн. Лишь в 2008 году рынок находился в пределах планового и оптимального уровня спроса на плодовоовощное сырье (сектор 1) – предложение плодовоовощного сырья составило 95938 тонн, что лишь на 0,87% выше планового значения спроса, то есть фактически находилось в пороговой точке.

В 2010 году рынок плодовоовощного сырья не удовлетворял потребностей предприятий в плодовоовощном сырье даже на уровне планового объема спроса, что не позволило использовать имеющиеся производственные мощности перерабатывающих предприятий на 93,3%, а обеспечило загрузку лишь на 69,2%. Известно, что для обеспечения эффективности производства, снижения себестоимости и повышения конкурентоспособности выпускаемой продукции, следует стремиться к удовлетворению потребностей в плодовоовощном сырье на уровне 100% загрузки производственных мощностей, то есть к уровню оптимального

объема спроса. Дальнейшее же развитие предприятий плодовоовощной промышленной переработки напрямую связано с увеличением выпуска и существенным расширением ассортимента продукции, а, соответственно, с наращиванием и вводом новых производственных мощностей, что дает необходимость стремиться к формированию сырьевой базы на перспективу (или стремиться к удовлетворению перспективного спроса на плодово-ягодное сырье).

Для более точного представления ситуации на рынке плодовоовощного сырья требуется более детализированный анализ по рынкам овощного (рис. 2) и плодово-ягодного сырья в отдельности.

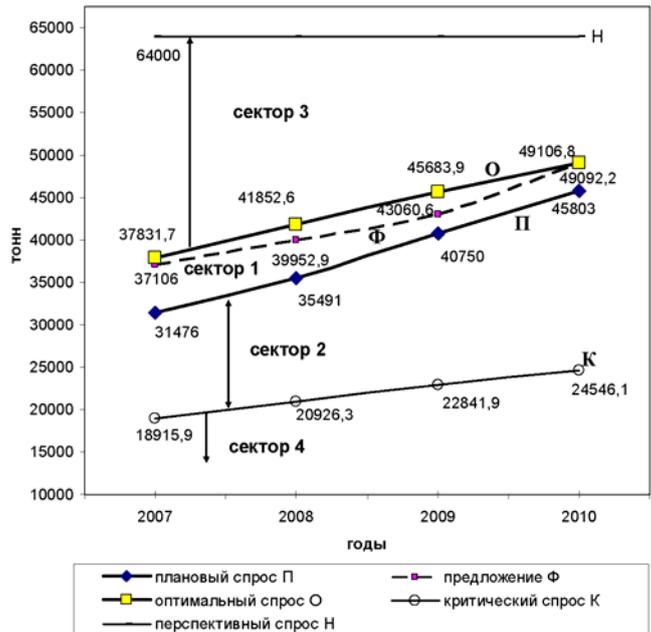


Рисунок 2. Оценка рынка овощного сырья для перерабатывающих предприятий Республики Беларусь

Данные комплексного анализа в отдельности по рынку овощного и плодово-ягодного сырья показывают, что на рынке овощного сырья, представленного на рис. 2, сложилась ситуация устойчивого развития, наблюдается положительная динамика основных параметров, предложение овощного сырья находится в пределах заданного сектора 1. Исследование динамики фактической обеспеченности характеризует увеличение из года в год объемов овощного сырья, пригодного для переработки, при этом предложение находится в пределах заданными кривыми планового и оптимального спроса. Следует отметить, что предложение овощного сырья на рынке приближено в большей степени к кривой оптимального спроса, в 2007 и 2010 годах значения почти совпали с пороговыми точками оптимума – 37,83 тыс. тонн и 49,01 тыс. тонн, а в 2008 и 2009 годах опустились ниже и составляли 95,5% (39,95 тыс. тонн) и 94,3% (43,06 тыс. тонн) от оптимального уровня спроса соответственно. Превышение пороговых значений планового спроса на рынке овощного сырья характеризуют показатели ряда лет анализируемого периода, фактически за последние годы заготовлено овощного сырья на 106-118% больше предусмотренно-

го Программой уровня [3]. Данные свидетельствуют, что в республике рынок овощного сырья стабильно функционирует и имеет тенденцию устойчиво развиваться (фактическое предложение овощного сырья находится в области сектора 1, а в 2010 году пересекает кривую оптимального спроса). В дальнейшем можно прогнозировать увеличение объема заготовок овощного сырья до уровня перспективного спроса, что даст возможность перерабатывающим предприятиям повысить объем и конкурентоспособность выпускаемой продукции, гибко изменять ее ассортимент и наиболее эффективно организовать производство, обеспечивая полную загрузку уже имеющихся и ввод новых мощностей.

Данные оценки и анализа рынка плодово-ягодного сырья, представленные на рис. 3, показывают, что ситуация на рынке характеризуется нестабильностью из-за постоянного дефицита сырья (уровень предложения плодово-ягодного сырья находится ниже кривой планового спроса в секторе 2 – рынок нестабилен). Фактическое предложение в 2010 году удовлетворило лишь наполовину уровень планового (только на 54,4%) и оптимального (на 50,7%) спроса, уровень дефицита составил 34,89 тыс. тонн плодово-ягодного сырья. Существенное сокращение разрыва между плановым спросом и предложением до уровня дефицита сырья в 3635 тонн наблюдалось в 2008 году, однако уровень планового спроса – 59,62 тыс. тонн так и не был достигнут.

Из рис. 3 видно, что на рынке плодово-ягодного сырья существует дисбаланс спроса и предложения (кривая предложения меньше критического уровня спроса – сектор 4), что говорит об угрозе фиаско рынка, так как в данной ситуации производственные

мощности перерабатывающих предприятий загружены менее чем на половину, добиться выпуска требуемого ассортимента и качества консервной продукции крайне сложно, поэтому требуется вмешательство государства, выполняющего роль настраивающего механизма на рынке плодово-ягодного сырья.

Кривая предложения плодово-ягодного сырья имеет нелинейный вид, существуют точки резких перегибов, при этом предложение выходит за пределы оптимального и планового объемов спроса в границах сектора 1, что свидетельствует о неритмичности поставок плодово-ягодного сырья и стихийности рынка под действием факторов, определяющих значения, принадлежащие кривой предложения. Данная нестабильная ситуация на рынке плодово-ягодного сырья объясняется нестабильностью поставок и заготовок плодов и ягод на предприятиях консервной отрасли, что вызвано устойчивой зависимостью сырьевой базы перерабатывающих предприятий не от поставок сырья сельскохозяйственными организациями, а от закупок у населения произведенной ими продукции (табл. 2).

Так, ежегодные поставки плодово-ягодного сырья сельскохозяйственными организациями республики колеблются на уровне 9,2 – 13,8 тыс. тонн, доля закупок у населения составляет 62-84% от всего объема плодово-ягодного сырья и 41-59% от общего объема плодово-ягодного сырья, закупленного перерабатывающими предприятиями для консервирования (табл. 2). Только в 2008 году за счет увеличения закупок плодово-ягодного сырья у населения, уровень дефицита сырья существенно сократился, достигнув максимального за анализируемый период объема заготовки плодово-ягодного сырья – 46,83 тыс. тонн.

Следует отметить, что в структуре закупок овощного сырья доля сырья, поступившего от сельскохозяйственных предприятий ежегодно возрастает и составляет 76-81% от всего объема овощного сырья. Так, в 2010 году закуплено 9,4 тыс. тонн овощей у населения, что дало возможность достичь уровня оптимального спроса, но даже если бы у населения было закуплено лишь половина этого объема, то рынок овощного сырья устойчиво бы функционировал, так как значение предложения продолжали бы находиться в пределах потребностей перерабатывающих предприятий, в рамках планового спроса на овощное сырье, что свидетельствует о невысокой зависимости рынка от поставок овощей населением.

Для обеспечения устойчивого развития рынка плодово-ягодного сырья необходимо ориентировать сырьевую базу перерабатывающих предприятий на закупку произведенной плодово-ягодной продукции специализированными хозяйствами общественного сектора, что позволит существенно снизить уровень зависимости промышленных предприятий от закупок у населения, которые нестабильны и не могут гарантировать устойчивого функционирования рынка плодово-ягодного сырья.

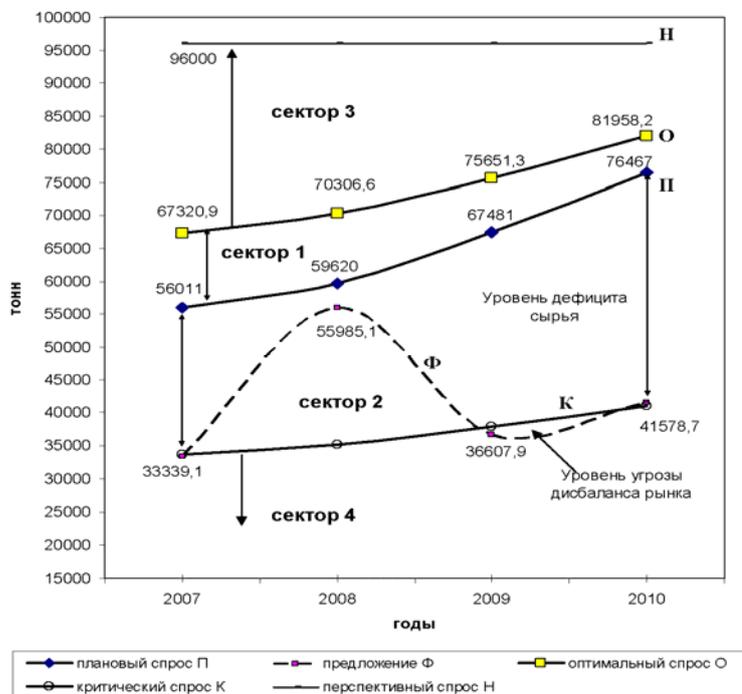


Рисунок 3. Оценка рынка плодово-ягодного сырья для перерабатывающих предприятий Республики Беларусь

Таблица 2. Динамика объемов и структура закупок плодоовощного сырья перерабатывающими предприятиями консервной отрасли, тонн, %

Показатель	2008	%	2009	%	2010	%
Всего плодоовощное сырье	95938	100	79668,5	100	90685,5	100
Население	56623	59,0	32588,4	40,9	39771,3	43,9
сельскохозяйственные организации	39315	41,0	47080,1	59,1	50914,2	56,1
в т. ч. плодово-ягодное сырье	55985	100	36607,9	100	41578,7	100
население	46834	83,7	22769,4	62,2	30397,7	73,1
сельскохозяйственные организации	9151,2	16,3	13838,5	37,8	11181	26,9
овощное сырье	39953	100	43060,6	100	49106,8	100
население	9789,1	24,5	9819	22,8	9373,6	19,1
сельскохозяйственные организации	30164	75,5	33241,6	77,2	39733,2	80,9

Анализ рынка плодово-ягодного сырья для перерабатывающих предприятий промышленности показал, что нестабильность рынка и, как следствие, недостаточный выпуск плодово-ягодных консервов в республике, объясним еще одним фактором – высокими альтернативными издержками. Альтернативными (вмененными) издержками работы консервной отрасли выступает производство вина, которое потребляет 77,7-81,2% объема плодов и ягод, пригодных для промышленной переработки. Несмотря на положительную динамику валового производства плодов и ягод в последние годы (табл. 1), на предприятия консервной отрасли поступает лишь менее 20% от их объема, реализуемого для перерабатывающей промышленности. Альтернативность выбора использования сырьевой базы в виноделии объяснимо не приоритетностью выпуска плодово-ягодного вина в республике, а тем, что консервной отраслью предъявляются более высокие требования к сырью по качеству и ассортименту, чем в вино-водочном производстве.

Теоретически, если бы плодово-ягодное сырье имелось в неограниченном количестве, то альтернативные издержки его использования равнялись бы нулю. Для минимизации альтернативных издержек отрасли необходимо увеличить производство и существенно повысить качество перерабатываемых плодов и ягод, что даст возможность стабилизировать внутренний рынок плодово-ягодного сырья как сырьевой базы перерабатывающих предприятий [5-7].

Заключение

В результате проведенного исследования рынка плодоовощного сырья, можно говорить о довольно динамичных изменениях объемов сырьевой базы предприятий по переработке плодов и овощей в последние годы. Главной проблемой остается то, что предприятия сталкиваются с недостатком сырья для переработки в требуемом объеме и ассортименте. Причиной этого в республике является утрата роли промышленного производства овощей в общественном секторе, кроме базовых сельскохозяйственных организаций, расположенных вокруг крупных городов. На долю частного сектора сегодня приходится до 80% посевных площадей под овощами, до 90% плодов и ягод выращивает население. Как следствие, перерабатывающие предприятия ориентируются не на

выпуск конкурентоспособной продукции, а на производство, исходя из наличия плодоовощного сырья.

Для обеспечения конкурентоспособности производимой в республике плодоовощной продукции, как на внутреннем, так и на внешнем рынках, снижения импорта плодоовощных консервов, необходима реализация комплекса мер по обеспечению сырьем с технологическими и биохимическими показателями под вырабатываемый ассортимент и в необходимом количестве, согласно утвержденной Государственной комплексной программе развития картофелеводства, овощеводства и плодородства в 2011-2015 годах.

Анализ рынка плодоовощного сырья с помощью методики оценки рынков овощного и плодово-ягодного сырья для перерабатывающих предприятий республики дает возможность определить перспективный уровень спроса на сырье и рассчитать уровень его дефицита. На основе рассчитанных показателей и произведенного анализа, в дальнейшем определяются меры по стабилизации ситуации на рынке плодоовощного сырья и формированию устойчивой сырьевой базы для перерабатывающих предприятий Республики Беларусь.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гусаков, В. Г. Сельское хозяйство Беларуси: факторы и перспективы устойчивого развития/В. Г. Гусаков// Развитие АПК в контексте обеспечения продовольственной безопасности: матер. VIII Междунар. научно-практич. конф., 9-10 сентября 2010г./ под. ред. В.Г. Гусакова.– Минск: Ин-т системных исследований, 2011. – С. 7-14.
2. Сельское хозяйство Респ. Беларусь: стат. сб. – Минск: Информац.-выч. центр Нац. стат. Комитета Респ. Беларусь, 2010. – 270 с.
3. Программа развития производства плодоовощных консервов в Респ. Беларусь на 2006-2010 гг.: пост. Совета Министров Респ. Беларусь от 27.01.2006. № 106. – Минск, 2006. – 49 с.
4. Государственная комплексная Программа развития картофелеводства, овощеводства и плодородства в 2011-2015 гг.: пост. Совета Министров Респ. Беларусь от 31.12.2010. № 1926. – Минск, 2011. – 260 с.

5. Виноделие. Перечень нормативных документов [Электронный ресурс]. – 2012. – Режим доступа: <http://www.belproduct.com>. – Дата доступа: 04.02.2012.

6. Консервы плодовые и ягодные для детского питания. Технические условия: ГОСТ 15849-89 [Электронный ресурс]. – 2012. – Режим доступа: <http://www.belproduct.com>. – Дата доступа: 04.02.2012.

7. Об утверждении, введении в действие, изменении и отмене технических нормативных правовых актов в области технического нормирования и стандартизации: пост. Гос. Комитета по стандартизации Респ. Беларусь от 23.10.2008. № 52 [Электронный ресурс]. – 2012. – Режим доступа: <http://www.pravoby.info>. – Дата доступа: 04.02.2012.

УДК 621.723

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 13.06.2011

МЕТОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОДНОРОДНОСТИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ В УСТРОЙСТВАХ ДЛЯ УПРОЧНЕНИЯ И ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН В МАГНИТНОМ ПОЛЕ

Л.М. Акулович, докт. техн. наук, профессор, А.М. Ефимов, магистрант, А.В. Линник, аспирант (БГАТУ)

Аннотация

Предложена и проанализирована методика расчета магнитной системы станков для магнитно-абразивной обработки и магнитно-электрического упрочнения.

The method of calculation of magnetic system of machine tools for magneto-abrasive processing and magneto-electric hardening is offered and analyzed.

Введение

Одним из прогрессивных процессов финишной обработки поверхностей деталей машин является магнитно-абразивная обработка (МАО). Она позволяет при минимальном съеме металла активно воздействовать на обрабатываемую поверхность и формировать микрогеометрию и физическо-механические свойства поверхности, обеспечивающие требуемые эксплуатационные свойства обработанных поверхностей [1].

При МАО роль связки магнитно-абразивного порошка выполняет энергия магнитного поля, способная удерживать зерна порошка в подвижно-координированном состоянии и формировать абразивную «щетку», которая обуславливает условия абразивного резания.

Производительность процесса МАО и качество обрабатываемых поверхностей определяются геометрическими параметрами рабочей зоны и градиентом магнитной индукции. Указанные параметры формируют магнитную систему, которая составляет основу станков для МАО. Магнитная система должна удовлетворять основному требованию – создавать максимальную магнитную индукцию при минимальной магнитодвижущей силе.

Основная часть

Для процесса МАО важна однородность магнитного поля в рабочей зоне. В станках для МАО магнитное поле создают с использованием двух и более электромагнитных катушек.

Для получения однородного магнитного поля с учетом принципа суперпозиции требуется, чтобы векторная сумма напряженностей полей источников

была постоянной в заданном объеме. Установлено [2, 3], что однородность магнитного поля в зазоре δ лучше всего обеспечивается системой из двух электромагнитных катушек (рис. 1), в которой:

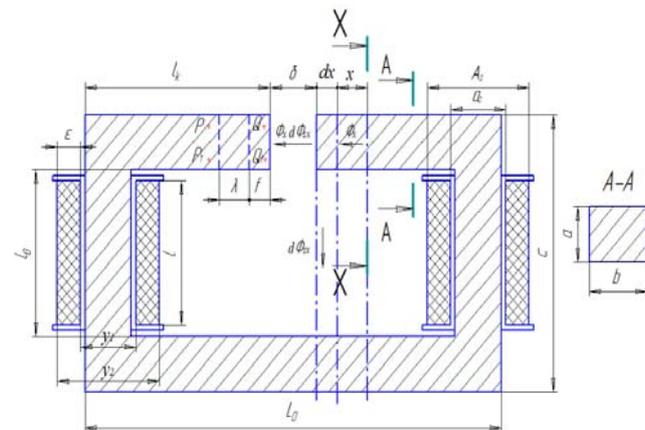


Рисунок 1. Схема магнитной системы с двумя электромагнитными катушками

а) расстояние A между геометрическими центрами катушек равно их среднему радиусу

$$A = \frac{y_1 + y_2}{2},$$

где $y_1 + y_2$ – внутренний и внешний радиусы катушки;

б) толщина обмотки – $\epsilon = y_1 + y_2$;

в) длина катушки l мала по сравнению с расстоянием между геометрическими центрами катушек A .

Неоднородность магнитного поля, зависящая от конструкции магнитной системы, объясняется неодинаковым падением магнитного потенциала по длине магнитопровода в верхней и нижней точках его поперечного сечения [3, 4]. Магнитный поток Φ от электромагнитов проходит до точки P более короткий путь, чем до точки P_1 . Поэтому между точками P и P_1 возникает разность магнитных потенциалов, которая создает неоднородность магнитного поля по высоте зазора.

В реальных конструкциях электромагнитов потоки рассеяния, как правило, имеют сложную форму и образуемые ими поля не всегда поддаются математическому описанию. Поскольку потоки рассеяния всегда существенно меньше рабочего магнитного потока, то в расчетах магнитных систем для МАО их, как правило, не учитывают.

Более точный расчет магнитных цепей с учетом рассеяния можно получить, используя общее дифференциальное уравнение, характеризующее магнитную цепь. Участку магнитной цепи $x + dx$ (рис. 1) соответствует магнитный поток $\Phi_x - d\Phi_x$ и разность магнитных потенциалов:

$$U_{mx} - (-dU_{mx}) = U_{mx} + dU_{mx}.$$

Наличие зазора δ обуславливает появление магнитного потока рассеяния $d\Phi_{sx}$ от полюсного наконечника до основания магнитной системы.

Величину приращения разности магнитных потенциалов на участке dx можно определить используя методические подходы [3, 4]:

$$dU_{mx} = -(\theta - \Phi_x r_{mx}) dx, \quad (1)$$

где r_{mx} – суммарное магнитное сопротивление единицы длины магнитной цепи (сердечника и полюсного наконечника) в рассматриваемом месте (в общем случае магнитное сопротивление по длине магнитопровода является переменным из-за нелинейности кривой намагничивания); θ – удельная намагничивающая сила обмотки, приходящаяся на единицу длины сердечника.

Определим приращение потока в сердечнике при переходе от сечения X к участку $x + dx$, которое равно потоку рассеяния на участке dx :

$$d\Phi_x = d\Phi_{sx}.$$

Определим величину элементарного потока рассеяния

$$d\Phi_{sx} = U_{ms} \mu_r dx, \quad (2)$$

где μ_r – магнитная проницаемость потока рассеяния между сердечником и корпусом на единицу длины сердечника.

Так как $d\Phi_x = d\Phi_{sx}$, уравнение (2) примет вид:

$$\frac{d\Phi_x}{dx} = U_{ms} \mu_r,$$

а уравнение (1) примет вид:

$$\frac{dU_{mx}}{dx} = -(\theta - \Phi_x r_{mx}).$$

Таким образом, получаем систему уравнений:

$$\frac{d\Phi_x}{dx} = U_{ms} \mu_r$$

$$\frac{dU_{mx}}{dx} = -(\theta - \Phi_x r_{mx}).$$

Эти уравнения являются исходными для расчета магнитных цепей. Продифференцировав полученные уравнения по x ,

$$\frac{d^2\Phi_x}{dx^2} = \mu_r \frac{dU_{mx}}{dx},$$

$$\frac{d^2U_{mx}}{dx^2} = r_{mx} \frac{d\Phi_x}{dx},$$

получаем

$$\frac{d^2\Phi_x}{dx^2} = \Phi_x r_{mx} \mu_r. \quad (3)$$

Это уравнение является уравнением магнитной цепи, которое определяет закон изменения величины магнитного потока по длине магнитопровода.

Рассмотрим пример расчета магнитной цепи

Дано: $a = 0,04$ м, $b = 0,05$ м, $l_k = 0,114$ м, $\delta = 0,002$ м. Определить намагничивающую силу катушек IW , которая обеспечит индукцию в зазоре $B = 1,4$ Тл и данные обмотки катушек. Рабочий поток Φ в воздушном зазоре при индукции $B = 1,4$ Тл на заданном сечении

$$S = ab = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

равен

$$\Phi_\delta = BS = 2,8 \cdot 10^{-3} \text{ Вб}.$$

Находим значение потоков в других точках магнитной системы с помощью коэффициента рассеяния.

Поток рассеяния $\Phi_0 = \Phi_\delta G_x$. У торцов сердечника ($x = 0$) $\Phi_0 = \Phi_\delta G_0$. Здесь G_x – коэффициент рассеяния, представляющий собой отношение полной величины проходящего через данное сечение потока $\Phi_x = \Phi_\delta + \Phi_{sx}$ к потоку в рабочем воздушном зазоре Φ_δ .

Таким образом,

$$\Lambda_x = \frac{\Phi_x}{\Phi_\delta} = \frac{\Phi_\delta + \Phi_{sx}}{\Phi_\delta} = \frac{\Phi_\delta}{\Phi_\delta} + \frac{\Phi_{sx}}{\Phi_\delta} = 1 + \frac{\Phi_{sx}}{\Phi_\delta},$$

но для $x = 0$ $\Lambda_0 = \frac{\Phi_x}{\Phi_\delta} = 1$ и, следовательно,

$$\Phi_0 = \Phi_\delta = 2,8 \cdot 10^{-3} \text{ Вб}.$$

Поток на расстоянии $x = 0,5l_k$, $l_k = 0,114$ м.

$$\Phi_{0,5} = \Phi_{\delta} \Lambda_{0,5},$$

где

$$\Lambda_{0,5} = \Lambda_x = 1 + \frac{\mu_r}{\Lambda_n} \cdot \frac{x}{2} \left(2 - \frac{x}{l_k}\right) = 1 + \frac{\mu_r}{\Lambda_n} \cdot \frac{0,5l_k}{2} \cdot$$

$$\left(2 - \frac{0,5l_k}{l_k}\right) = 1 + \frac{\mu_r}{\Lambda_n} \cdot \frac{0,5 \cdot 1,5l_k}{2} =$$

$$= 1 + \frac{\mu_r}{\Lambda_n} 0,375l_k$$

Из последнего выражения неизвестными остаются значения μ_r – удельной проводимости рассеяния, рассчитанной для данного магнитопровода, и Λ_n – суммарной начальной проводимости рабочих зазоров. Определим

$$\mu_r = \frac{\Lambda_s}{h},$$

где Λ_s – полная проводимость рассеяния, за исключением параллельных граней, обращенных в разные стороны.

Так как в нашем случае поле близко к плоскопараллельному [3], в направлении $l_k = h$, и $c = l_0 + 2a$, то

$$\mu_r = \frac{\Lambda_s}{h} = \mu_0 \left(\frac{b}{c} + 0,52 + \frac{1,28a}{c+a} \right) = 1,36 \cdot 10^{-6} \frac{\text{Гн}}{\text{м}}$$

Суммарная начальная проводимость (поскольку в нашем примере имеем один воздушный зазор) $\Lambda_n = \Lambda_{\delta}$.

Проводимость рабочего зазора можно определить с учетом выпучивания с торца полюса (Λ_{δ}') и без учета (Λ_{δ}).

Для определения проводимости без учета выпучивания с торца полюса воспользуемся формулой

$$\Lambda_{\delta} = \mu_0 \frac{S}{\delta},$$

где μ_0 – магнитная постоянная, равная $1,256 \cdot 10^{-6} \text{ Гн/м}$; S – площадь сечения магнитопроводов; δ – длина рабочего зазора.

Для более точного расчета целесообразнее учесть выпучивание в процентах от величины полной проводимости для различных значений $\frac{a}{\delta}$.

Получаем,

$$\Lambda_{\delta}' = \mu_0 \left[\frac{a^2}{\delta_1} + 0,58a + \frac{0,14a}{\ln(1,05 + \frac{\delta_1}{a})} \right] = 1,1 \cdot 10^{-6} \text{ Гн}.$$

Это выражение является уравнением проводимости для торцовых поверхностей прямоугольных полюсов. При необходимости можно сделать сравнение проводимостей с учетом выпучивания и без него. Найдя μ_r и $\Lambda_n = \Lambda_{\delta}'$, определяем

$$\Phi_{0,5} = \Phi_{\delta} \Lambda_{0,5} = \Phi_{\delta} \left(1 + \frac{\mu_r}{\Lambda_n} 0,375l_k \right) = 2,88 \cdot 10^{-3} \text{ Вб}.$$

На расстоянии $x = l_k$ поток

$$\Phi_1 = \Phi_{\delta} \Lambda_1 = \Phi_{\delta} \left(1 + \frac{\mu_r}{\Lambda_n} 0,5l_k \right) = 2,91 \cdot 10^{-3} \text{ Вб},$$

где

$$\Lambda_1 = 1 + \frac{\mu_r}{\Lambda_n} \frac{x}{2} \left(2 - \frac{x}{l_k} \right) = 1 + \frac{\mu_r}{\Lambda_n} \frac{l_k}{2} \left(2 - \frac{l_k}{l_k} \right) = 1 + \frac{\mu_r}{\Lambda_n} \frac{l_k}{2}$$

Определим индукцию, соответствующую магнитным потокам. В рабочем воздушном зазоре протекает поток Φ_{δ} , которому соответствует индукция $B_0 = 1,4 \text{ Тл}$ (по заданию). Зная величины потоков в остальных частях магнитопровода, можно определить индукцию в этих частях:

$$B_0 = \frac{\Phi_{0,5}}{S} = 1,44 \text{ Тл};$$

$$B_1 = \frac{\Phi_1}{S} = 1,46 \text{ Тл}.$$

По кривой намагничивания находим соответствующие этим значениям индукции величины напряженности поля, принимая во внимание, что магнитопровод выполнен из стали 3: $H_0 = 1700 \text{ А/м}$; $H_{0,5} = 1900 \text{ А/м}$; $H_1 = 2050 \text{ А/м}$.

Так как напряженность поля в магнитопроводе по его длине изменяется, находим ее среднее расчетное значение:

$$H_{\text{ср.расч}} = \frac{H_0 + 4H_{0,5} + H_1}{6} = 1891 \text{ А/м}.$$

Определим намагничивающую силу обмотки как сумму намагничивающих сил на всех участках магнитопровода для того, чтобы видеть падение намагничивающих сил в воздушном зазоре:

$$\begin{aligned} IW &= (IW)_{\delta} + (IW)_{\text{см}} + \frac{\Phi_{\delta}}{\Lambda_n} + (2Hl_k + 2Hl_c + 2Hl_0) = \\ &= \frac{\Phi_{\delta}}{\Lambda_n} + (2H_0l_k + 2H_{\text{ср.расч}}l_c + H_1l_0 + H_1l_0) = \\ &= 2545 + 3960 = 6505 \text{ А}. \end{aligned}$$

Таким образом, $(IW)_{\delta}$ составляет 64% $(IW)_{\text{см}}$.

Теперь считаем обмоточные данные катушек намагничивания магнитной системой. Полученную расчетным путем намагничивающую силу $IW = 6505A$ нужно обеспечить двумя катушками. Принимаем напряжение питания катушек $220V$ и намагничивающую силу каждой обмотки $IW_1 = IW_2 = 3252 A$.

Дано: $l_0 = 82 мм$ – длина окна обмотки;
 $D_0 = B_0 = 110 мм$ – внешний размер катушки;
 $a_0 = 40 мм$, $b_0 = 50 мм$ – внутренний размер катушки. Определяем обмоточные данные катушек. Длина среднего витка катушки

$$l_{cp} \frac{\pi(D_0 + d_0)}{2} = 0,24 м.$$

Диаметр провода, необходимый для соединения заданной намагничивающей силы

$$d = \sqrt{\frac{4\rho_g l_{cp} IW_1}{\pi U}} \approx 1,0 мм.$$

Берем провод диаметром $d = 1,0 мм$ и с изоляцией $d_1 = 1,1 мм$. Число витков

$$W = \frac{(B_0 - b_0) l_0 f_y}{2d_1^2} = 9446,$$

где теоретический коэффициент укладки $f_y = 0,90 - 0,95$.

Сопротивление обмотки

$$R = \frac{4\rho_g l_{cp} W}{\pi d^2} = 146 Ом.$$

Ток, протекающий по обмотке

$$I = \frac{U}{R} = 1,5 А.$$

Мощность электромагнитной катушки

$$P = \frac{U^2}{R} = 331 Вт.$$

Плотность тока

$$j = \frac{I}{\frac{\pi d^2}{4}} = 2 А/мм^2.$$

Сделаем ориентировочную проверку катушки по полученной плотности тока j , которую сравниваем с допустимой j_0 . Известно, что для нормального срока службы и продолжительного режима включения обмотки $j_0 = 2-4 А/мм^2$. Для повторно-кратковременного режима

$$j_0 = 5-12 А/мм^2$$

Для кратковременного режима

$$j_0 = 13-30 А/мм^2$$

В нашем случае плотность тока $j = 4 А/мм^2$, значит, обмотка может включаться на продолжительный режим работы.

Определим число витков в ряду

$$W_p = \frac{l_0 f_y}{d_1} = 67.$$

Число рядов

$$n_p = \frac{W}{W_p} \approx 140.$$

Проверим, обеспечивает ли катушка заданную намагничивающую силу:

$$IW = 1,5 \cdot 9446 = 14169 A.$$

По заданию требовалась намагничивающая сила одной катушки $IW = 3252 A$. Следовательно, рассчитанные катушки обеспечивают заданную намагничивающую силу.

Для проверки данного расчета были проведены измерения магнитной индукции в рабочем зазоре (рис. 2).

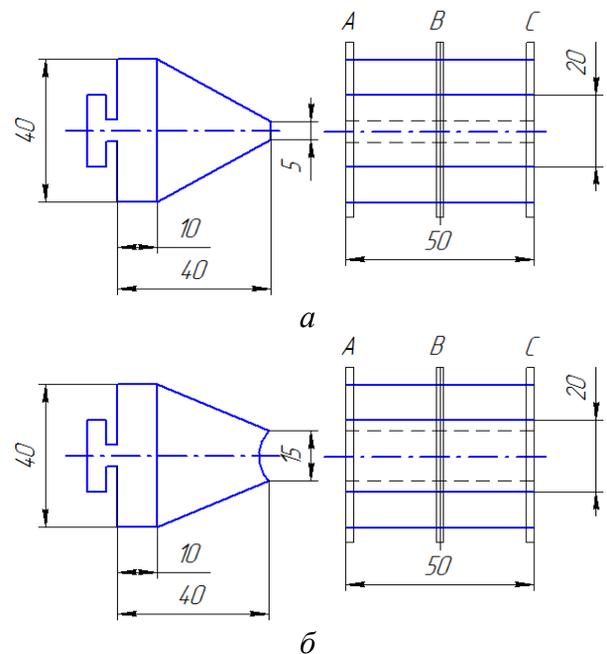


Рисунок 2. Схема расположения датчика Холла при измерении магнитной индукции в рабочем зазоре при МЭУ (а) и МАО (б).

Параметры магнитной системы приведены выше. Измерения проводились на полюсных наконечниках двух видов: для МАО наконечников серповидной формы поперечного рабочего зазора угол охвата наконечника – 90° ; для магнитно-электрического упрочнения (МЭУ) ширина рабочей поверхности – 5 мм.

Измерения проводились с помощью оттарированного датчика на основе элемента Холла, на который подавалось постоянное напряжение $30V$ от источника тока Б5-44А, силой тока $25mA$. Выходное напряжение от датчика, равное $153mV$, соответствовало магнитной индукции $625mTл$. Диаметр обрабатываемой детали 20

мм. Величина рабочего зазора 2 мм. Магнитная индукция в рабочем зазоре измерялась по длине зазора в трех точках, по краям и по центру. Результаты эксперимента приведены в табл. 1.

Таблица 1. Величина магнитной индукции на полюсных наконечниках для МЭУ и МАО

Ток в катушках электромагнита, I, А	Магнитная индукция В, мТл в точках			Средняя магнитная индукция В _{ср} , мТл
	А	В	С	
Полюсные наконечники для МЭУ				
1,0	810	890	930	880
1,5	1280	1340	1400	1340
2,0	1635	1740	1780	1720
Полюсные наконечники для МАО				
1,0	870	710	700	760
1,5	1060	1010	960	1010
2,0	1130	1120	1020	1090

Из таблицы видно несоответствие полученных экспериментальных данных расчетному значению магнитной индукции 1440 – 1460 мТл. Величина несоответствия магнитной индукции у полюсных наконечников для МЭУ составляет 4%, а у полюсных наконечников для МАО – 28%. Это является следствием того, что при расчете не были учтены подвижные части электромагнитной цепи и, следовательно, соответствующие воздушные зазоры, а также геометрия полюсных наконечников.

Компенсировать неоднородность магнитного поля можно выбором соответствующего отношения

диаметра полюсных наконечников к длине зазора, приданием нужной конфигурации поверхности наконечников, подбором материала для них, размещением на концах катушек дополнительных витков, компенсирующих убывание магнитного поля от центра к периферии.

Выводы

На основе приведенной методики произведен расчет и экспериментальные исследования магнитной системы для МЭУ и МАО. Определена величина несоответствия расчетных и экспериментальных значений магнитной индукции у полюсных наконечников: для МЭУ она составляет 4%, а для МАО – 28%. Установлено, что наибольшее влияние на магнитную индукцию в рабочем зазоре оказывают потери в воздушном зазоре и конфигурация полюсного наконечника.

ЛИТЕРАТУРА

1. Технологические основы обработки изделий в магнитном поле / П.И. Ящерицын [и др.]. – Минск: ФТИ НАН Беларуси, 1997. – 416 с.

2. Барон, Ю.М. Технология абразивной обработки в магнитном поле / Ю.М. Барон. – Ленинград: Машиностроение, 1975.– 128 с.

3. Сливинская, А.Г. Электромагниты и постоянные магниты/ А.Г. Славинская. – Москва: Энергия. – 1972. – 248 с.

4. Буль, Б.К. Основы теории и расчета магнитных цепей/ Б.К. Буль. – Москва: Энергия, 1964. – 464 с.

Вакуумная станция для доильных установок

Предназначена для создания вакуумметрического давления в системах машинного доения коров. Может применяться в отраслях промышленности, технологические процессы которых требуют создания вакуума.



Основные технические данные

Станция вакуумная водокольцевая
Тип
Быстрота действия при вакууме 50%, м³/ч
Предельное вакуумметрическое давление, кПа
Потребляемая мощность, кВт
Расход рециркуляционной воды, литров в минуту
Габаритные размеры, мм
Масса, кг, не более

ВВН-75
передвижная
75
90
3,9
8
1500x600x1500
35

Применение установки обеспечивает снижение энергоемкости процесса доения коров до 0,052 кВт/ч/м³ при стабильном вакуумном режиме.

РОЛЬ НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ТГАТУ В ИННОВАЦИОННОМ РАЗВИТИИ АПК ЮГА УКРАИНЫ

В.Н. Кюрчев, профессор, ректор, В.Т. Надыкто, докт. техн. наук, профессор, член-корр. НААН Украины, проректор по научн. работе (ТГАТУ, г. Мелитополь, Украина)

Аннотация

Изложены направления научной деятельности ученых Таврического государственного агротехнологического университета, направленные на решение задач механизации и электрификации с.-х. производства юга Украины.

The research directions of scientists of Tauride Agrotechnological State University to solve the problem of mechanization and electrification of agricultural production in the south of Ukraine are given here.

Введение

Научный кадровый потенциал Таврического государственного агротехнологического университета представляют 30 докторов/профессоров и 225 кандидатов наук. В последнее время их деятельность регламентируется программой «Наука в ТГАТУ на 2007-2015 гг.». Согласно одному из ее организационных положений, все ученые университета распределены между тремя научно-исследовательскими институтами.

Основная часть

Решением проблем механизации и электрификации сельскохозяйственного производства занимаются ученые научно-исследовательского института механизации земледелия юга Украины (НИИ МЗЮУ), созданного при ТГАТУ приказом Министерства аграрной политики Украины. В настоящее время это научное заведение, сформированное за структурой научно-исследовательских институтов Национальной академии аграрных наук (НААН) Украины, включает 4 отдела и 16 лабораторий. Возглавляет его проректор по научной работе, доктор технических наук, профессор, член-корреспондент НААН Украины В.Т. Надыкто.

Одним из актуальных вопросов, который активно решают ученые НИИ МЗЮУ, является создание типажа тракторов в Украине [1]. По нашему глубокому убеждению, эту задачу можно решить на базе отечественных энергетических средств Южного машиностроительного (ЮМЗ) и Харьковского тракторного (ХТЗ) заводов. Тем более, если внедрить модульный принцип построения мобильной техники, который позволяет на отечественной элементной базе получить модульные энергетические средства (МЭС) переменного тягового класса, как общего (рис. 1), так и универсально пропашного назначения. Проблемы их агрегатирования вышли за рамки научных исследований, осуществленных сотрудниками НИИ МЗЮУ в содружестве с учеными России и Беларуси [2, 3].

На основе тракторов серии ХТЗ-160 научными работниками университета под руководством профессоров В.Н. Кюрчева и В.Т. Надыкто разработано семейство комбинированных (рис. 2) и широкозахватных МТА,

которые практически реализовывают технологические свойства новых энергетических средств, обусловленных наличием у них переднего навесного механизма, переднего вала отбора мощности, реверсивного поста управления, реверсивной трансмиссии и т.д.

Внедрение этих универсальных энергетических средств позволяет получить высокие показатели работы, как на операциях общего назначения, так и в технологиях выращивания пропашных культур. На юге Украины – это реализация, по крайней мере, 12-рядной системы выращивания подсолнечника, кукурузы, сои с междурядьями 70 см. Учеными НИИ МЗЮУ завершаются исследования по созданию на базе тракторов серии ХТЗ-160 18-ти и даже 24-х рядных систем по посеву и уходу за посевами этих культур.

Для уменьшения уплотняющего воздействия мобильных энергетических средств на почву ученые НИИ МЗЮУ продолжают работу по разработке основ колесной системы земледелия. Актуальность этого направления деятельности подчеркивается распространением системы «точного» земледелия. Дело в



Рисунок 1. МЭС общего назначения переменного тягового класса 3-5



Рисунок 2. Комбинированный МТА на основе трактора серии ХТЗ-160

том, что внедрение постоянной технологической колеи позволяет разрешать проблему определения положения МТА на поле без применения GPS-систем. Как показали результаты полевых испытаний, эффективное использование последних ограничено рядом проблем, которые еще нуждаются в решении (недостаточная точность, низкая надежность).

Компромиссным вариантом по отношению к технологии no-till является разработанная сотрудниками НИИ полосовая технология подготовки почвы и посева с.-х. культур. Суть ее заключается в том, что с осени основную подготовку почвы проводят полосами заданной ширины и глубиной до 25 см, а весной высевают в них (полосы) пропашную культуру. Применение этой технологии позволяет уменьшить затраты энергии на 30...40%.

На современном этапе развития цивилизации существенную роль в решении энергетической и продовольственной безопасности любой страны (Украины в том числе) играет биоэнергетика. Перспективным направлением ее приложения является производство биодизеля. В то же время, из всех вопросов, связанных с его использованием, наименее изученными являются те, которые определяют надежность двигателей энергетических средств и технико-эксплуатационные показатели работы машинно-тракторных агрегатов. Частичное решение этих проблем заключается в исследовании химмотологических свойств метиловых эфиров и определения такого количественного соотношения составляющих биодизеля, при которых обеспечиваются наилучшие эксплуатационные характеристики МТА.

Лабораторно-полевыми исследованиями ученых НИИ МЗЮУ установлено, что при работе на биодизеле в виде смеси дизельного горючего (ДГ) и подсолнечного метилового эфира (ПМЭ) приемистость двигателя в целом ухудшается. Рациональным соотношением ПМЭ и ДГ является 45:55 [4].

В то же время, учеными НИИ МЗЮУ во время проведения металлографических исследований обнаружено, что в среде биодизеля имеет место водородный износ пар трения. Интенсивность этого процесса можно регулировать путем изменения концентрации метанола в биодизеле.

В качестве сырья для его производства в настоящее время рассматривают ряд масличных культур, большинство из которых являются продовольственными. В этом контексте актуальным является вопрос возобновления выращивания на юге нашей страны такой высокомасличной технической культуры, как клещевина.

Одним из способов сбора этой технической масличной культуры является отдельный способ, созданный на основе воздушно-солнечной сушки. Ученые НДИ МЗЮУ впервые поднимают вопрос о его реализации путем очеса растений клещевины на корню. Теоретической основой для проведения исследований в этом направлении являются достижения широко известной в прошлом Мелитопольской школы под руководством профессора П.А. Шабанова.

Учениками профессора В.А. Дидура разработаны первые опытные образцы машин для сбора клещевины методом очеса (рис. 3). Полевые испытания подтвердили

техническую осуществимость и технико-экономическую целесообразность этого научного направления.

Что касается сбора методом очеса на корню зерновых колосовых культур, то лишь ученые ТГАТУ имеют разработки, которые позволяют разрешать проблему сбора незерновой части урожая. Кроме того, в настоящее время они проводят исследования в направлении реализации этого способа агрегатом на основе тракторов семейства ХТЗ-160. Указанное энергетическое средство настраивается на реверсивное движение. Спереди на него навешивается очесывающая жатка типа ЖОН, а сзади присоединяется прицепной зерноуборочный комбайн. С помощью специального зернопровода он загружается ворохом, который формирует фронтально навешенная очесывающая жатка. При этом рассматривается вариант установки на таком тракторе сепаратора для отбора зерна без его пропускания через молотильно сепарирующую систему прицепного комбайна.

В отрасли малой механизации учеными нашего университета разработан трактор тягового класса 0,2. Использование автоматической бесступенчатой трансмиссии позволяет управлять этим энергетическим средством с помощью только двух педалей: дроссельной заслонки карбюратора и тормозов. В сравнении с аналогичными тракторами, которые имеют ступенчатую трансмиссию, это сокращает расходы горючего в среднем на 20% и повышает производительность труда до 30%.

Во многих случаях в системе агрегатирования сельскохозяйственных машин и орудий более рациональным является использование не механического, а гидравлического привода их рабочих органов. С учетом этого, профессором А.И. Панченко разработано семейство планетарно-роторных гидромоторов. Их применение в силовых приводах мобильной техники позволит уменьшить ее металлоемкость на 10...20%, снизить расходы топлива самоходными энергосредствами на 25...35%, увеличить надежность в сравнении с существующими отечественными аналогами. Динамические свойства мобильной техники с гидрообъемным приводом ходовой части способствуют увеличению эксплуатационной производительности машин на 10...25% в связи с повышением степени использования мощности двигателя в установившемся режиме работы, а также снижению величины максимальных нагрузок на привод



Рисунок 3. Опытный образец машины для сбора клещевины очесом

ходовой части в 1,1...1,5 раза.

Далеко за пределами Украины известны разработки фирмы «РОСТА», которую возглавляет профессор ТГАТУ В.В. Тарасенко. Созданные им и его соотрудниками технологии и машины для выращивания овощей в условиях орошения пользуются спросом у агропроизводителей разных форм ведения хозяйства.

Малогабаритная зерновая молотковая кормодробилка, лушцильное устройство ударного действия, малогабаритная крупорушка и другие машины, разработанные под руководством профессора Ф.Е. Ялпачика, широко используются в малых хозяйственных формированиях животноводческого направления. При заданном качестве конечного продукта данные машины позволяют снизить расходы энергии до 20%.

Одновременно с этим, профессором В.Т. Диордиевым предложена многоуровневая универсальная система автоматизированного управления малогабаритными комбикормовыми установками. Ее применение гарантирует повышение надежности работы оператора, обеспечивает гибкость и высокое качество технологического процесса. Им же разработана и внедрена в производство установка, предназначенная для транспортировки комбикорма в псевдосжиженном слое и обеззараживании его электромагнитным полем сверхвысокой частоты, – 2,45 ГГц. Кроме того, создан прибор, предназначенный для управления периодическим энергосберегающим облучением рассады растений в сооружениях закрытого грунта в зависимости от стадии их развития и условий окружающей среды. Применение адаптивного периодического облучения рассады позволяет достичь экономии электроэнергии – 30...35%, которая потребляется облучателями, и получить рассаду растений на 3-7 дней раньше.

Для улучшения качества посевного материала профессором В.О. Мунтяном и доцентом И.П. Назаренко разработана установка, стимулирующий эффект которой связан с возникновением на поверхности семян слабых электрических токов. Благодаря переполаризации в переменном электрическом поле и образованию в слое зерна озона еще к высеву в почву, в семенах активизируются химико-биологические процессы, которые стимулируют процесс их прорастания.

Кроме того, предложено устройство, предназначенное для автоматического управления центробежными погружными насосными агрегатами в режиме водоподъема и дренажа с погружными электродвигателями мощностью от 1 до 65 кВт. Указанную разработку можно использовать для защиты электродвигателей от аварийных режимов. Параметры сети питания: номинальное напряжение – 380 В при допустимой асимметрии до 15%, номинальная частота – 50 Гц. Диапазон рабочих температур от -40 к +40⁰С.

Под руководством профессора В.А. Дидура разработан фильтр, предназначенный для одновременной очистки топлива от воды и механических примесей, что значительно повышает эффективность и надежность работы топливной системы мобильной сельскохозяйственной техники. Ведь при номинальной пропускной способности 3,5 л/мин гидравлические потери на фильтрующем коагулирующем и водоталкивающем элементах фильтра достигают

лишь 11,9 кПа, эффективность обезвоживания – 98,2...99,7 %, полнота отсева механических примесей размером до 20...25 мкм – 81%.

Доцентом В.Я. Жарковым и его коллегами создано устройство, которое позволяет получать ионно-озонную смесь с высоким содержанием ионов негативной полярности, которые осуществляют высокое бактерицидное действие на патогенную микрофлору воздушной среды и поверхность плодов. В результате, в них замедляются обменные процессы. Это обеспечивает хранение свежих плодов черешни и других фруктов до 90 суток.

В направлении электрификации технологических процессов сельскохозяйственного производства большую работу проводит профессор В.В. Овчаров. Им предложены устройства функционального диагностирования и защиты мощных асинхронных электрических двигателей, режима работы силовых трансформаторов сельских потребительских подстанций. Значительный интерес представляют его разработки относительно обеспечения безаварийной работы бытовой техники при отклонении напряжения, установки резервного электроснабжения, накопления энергии в ночное время и отопление индивидуального дома или квартиры и др.

Заключение

Для обеспечения внедрения научных разработок ученых НИИ МЗЮУ в производство на базе ТГАТУ под эгидой НАН Украины создан национальный инновационный кластер «Сельскохозяйственное машиностроение». Кроме того, университет входит в состав Мелитопольского инновационного кластера «АгроБум», который объединяет промышленников малого и среднего бизнеса. Вместе с тем, ученые ТГАТУ осознают, что более высокой эффективности научной работы можно достичь только на основе консолидации своих усилий с учеными университетов других стран. В первую очередь, родственного ТГАТУ по роду деятельности, Белорусского государственного аграрного технического университета.

ЛИТЕРАТУРА

1. Надькто, В.Т. Роль модульных энергетических средств в формировании типажа тракторов на Украине / В.Т. Надькто// Тракторы и сельскохозяйственные машины, 2010. – № 6.
2. Надькто, В.Т. Основы агрегатирования модульных энергетических средств /В.Т. Надькто. – Мелитополь: КП «ММД», 2003. – 240 с.
3. Надькто, В.Т. Новые мобильные энергетические средства Украины. Теоретические основы использования в земледелии (на укр. языке) / В.Т. Надькто, Н.Л. Крижачковский, В.Н. Кюрчев, С.Л. Абдула. – ООО «Издательский дом «ММД». – Мелитополь, 2005. – 337 с.
4. Дидур, В.А. Особенности эксплуатации мобильной сельскохозяйственной техники при использовании биодизеля /В.А. Дидур, В.Т. Надькто, Д.П. Журавель, В.Б. Юдовинский// Тракторы и сельскохозяйственные машины, 2009. – № 3.

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.

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), экономика (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, передаваемая в издательство, 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 форматировать 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 строчку;

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, использованные 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 должны иметь контрастное изображение и быть отпечатаны на глянцевой бумаге размером не менее 9x12 см. В электронном виде фотографии представляются отдельно в файлах формата «tif» с разрешением 300 dpi.

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

аннотацию на русском и английском языках;

фамилию и инициалы автора (авторов) статьи, ее название;

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

Дополнительно в структуру статьи могут быть включены:

индекс УДК;

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, организации, предприятия, колхоза и т. д., 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 аспирантам, докторантам, соискателям в год завершения обучения.

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

220023, Минск, пр. Независимости, 99, корп. 5, к. 602, 608. БГАТУ.

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА И
ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**
**БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

Уважаемые коллеги!

***Приглашаем Вас принять участие в работе
Международной научной конференции***

***«Зарубежное научное сотрудничество:
опыт и возможности аграрных вузов»***,
которая состоится в Белорусском государственном
аграрном техническом университете

17-18 мая 2012 г.

Основные направления работы конференции:

- Современные направления международного сотрудничества при подготовке специалистов для АПК***
- Зарубежное партнерство при создании и внедрении научных разработок***

г. Минск, пр-т Независимости, 99, корпус 1
Контактные телефоны: (8017) 267-06-90, 385-91-02, 285-07-84
E-mail: bsatu.conference@tut.by
www.batu.edu.by

