



ISSN 2078-7138

АГРОПАНОРАМА

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ ДЛЯ РАБОТНИКОВ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

№ 6
декабрь
2016

В номере:

Снижение шума тракторов

*Результаты исследований машины для
внесения твердых органических удобрений*

*Расчет статических характеристик асинхронных
электродвигателей с короткозамкнутым ротором
в двигательном и генераторном режимах при
частотном регулировании скорости и стабилизации
потока возбуждения статора*

*Диагностика технического состояния дизельного
двигателя по дымности отработавших газов*



С НОВЫМ, 2017 ГОДОМ!

Уважаемые коллеги, друзья!



Приближается Новый год! По сложившейся традиции в это время мы говорим о наших достижениях, подводим итоги уходящего года и строим планы на будущее.

С уверенностью можно сказать, что прошедший год был для коллектива университета успешным и результативным.

В течение года мы плодотворно работали над реализацией программы развития университета, направленной на повышение качества оказываемых вузом образовательных и научных услуг, а также совершенствование практической подготовки инженерно-технических специалистов для АПК.

Уходящий год был отмечен и новыми научными достижениями. Учеными, аспирантами и студентами университета внедрено в производство и образовательный процесс более 110 новых научных разработок, получено 65 патентов Республики Беларусь на изобретения, издано 10 монографий, успешно защищено 4 кандидатских диссертации. Научные исследования проводились по приоритетным направлениям науки в рамках 9 государственных и региональных научно-технических программ, заданий Минсельхозпрода, Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований, а также прямым договорам с предприятиями и организациями республики.

Успешно развивалось и международное сотрудничество. В 2016 году БГАТУ сотрудничал в научно-образовательной деятельности более чем с 80 ведущими университетами и организациями стран СНГ, Европы и Азии.

В институте повышения квалификации и переподготовки кадров АПК повысили свою квалификацию и прошли переподготовку более 3 тысяч руководящих работников и специалистов.

Значительных успехов в прошедшем году достигли наши студенты, ими получены многочисленные дипломы и грамоты на международных научных конференциях и олимпиадах, а также республиканском конкурсе научных работ студентов. Лучшие студенты удостоены стипендий Президента Республики Беларусь, имени Франциска Скорины, Минского обкома профсоюза работников АПК, Республиканского комитета белорусского профсоюза работников АПК и персональных стипендий совета университета БГАТУ, награждены премией Специального фонда Президента Республики Беларусь по социальной поддержке одаренных учащихся и студентов.

Уважаемые коллеги! Примите слова искренней благодарности за добросовестный и безупречный труд на благо университета и нашей родной Беларуси!

От всей души поздравляю ученых, преподавателей, студентов, аспирантов и всех работников университета с Новым, 2017 годом и Рождеством!

Желаю всем в Новом году дальнейших творческих успехов в учебе и труде, новых научных достижений, оптимизма и осуществления всех намеченных планов!

Дорогие друзья! Счастья, крепкого здоровья, благополучия, стабильности и праздничного настроения Вам и Вашим близким!

*Ректор БГАТУ,
доктор технических наук,
профессор
И.Н. Шило*

АГРОПАНОРАМА 6 (118) декабрь 2016

Издается с апреля 1997 г.

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

Учредитель
Белорусский государственный
аграрный технический университет

Главный редактор
Иван Николаевич Шило

Заместитель главного редактора
Михаил Александрович Прищепов

Редакционная коллегия:

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

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

Компьютерная верстка
В.Г. Леван

Адрес редакции:

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

Прием статей и работа с авторами:

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

Факс (017) 267-25-71

E-mail: AgroP@batu.edu.by

БГАТУ, 2016.

Формат издания 60 x 84 1/8.

Подписано в печать с готового оригинала-макета 23.12.2016 г. Зак. № 995 от 19.12.2016 г.

Дата выхода в свет 30.12.2016 г.

Печать офсетная. Тираж 100 экз.

Статьи рецензируются.

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

ЛП № 02330/316 от 30.01.2015 г.

Выходит один раз в два месяца.

Подписной индекс в каталоге «Белпочта» - 74884.

Стоимость подписки на журнал на 1-е п/г 2017 г.:

для индивидуальных подписчиков - 17,61 руб.;

ведомственная - 19,29 руб.;

Цена журнала в киоске БГАТУ - 5,19 руб.

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

СОДЕРЖАНИЕ

Сельскохозяйственное машиностроение. Металлообработка

- Г.И. Гедроить, А.Ф. Безручко
Снижение шума тракторов.....2
- С.Н. Герук, С.М. Хоменко, И.С. Крук, А.В. Мучинский, А.В. Свистун
Результаты исследований машины для внесения твердых органических удобрений.....5
- Г.С. Горин, А.А. Сильченко, О.Л. Миранович, Д.В. Менделев
Статическая устойчивость одноосного мобильного энергетического средства с канатной тягой в продольной плоскости.....11

Технологии переработки продукции АПК

- А.Л. Зайцева, Е.П. Франко
Биоферментированные молочные продукты Республики Беларусь как источник здорового питания.....14
- Ф.Я. Рудик, М.С. Тулиева
Исследование изменения кислотного числа сырых и нерафинированных подсолнечных масел при хранении и обоснование режимов регенерации.....16

Энергетика. Транспорт

- М.А. Прищепов, Д.М. Иванов, Е.М. Прищепова
Расчет статических характеристик асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором в двигательном и генераторном режимах при частотном регулировании скорости и стабилизации потока возбуждения статора.....20
- Н.К. Толочко, В.С. Корко, А.Н. Челединов
Особенности развития кавитации и эффективность очистных процессов в ультразвуковой ванне.....30

Технический сервис в АПК. Экономика

- А.В. Новиков, Ю.И. Томкунас, В.Н. Кецо, А.А. Гончарко
Диагностика технического состояния дизельного двигателя по дымности отработавших газов.....35
- С.Н. Бондарев, А.В. Китун
Методика подбора сосковой резины для дойного стада.....39
- Л.П. Квачук
АПК Республики Беларусь в условиях государственного регулирования рыночной экономики.....42

Перечень статей, опубликованных в журнале в 2016 году

СНИЖЕНИЕ ШУМА ТРАКТОРОВ

Г.И. Гедроить,

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

А.Ф. Безручко,

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

В статье описана методика определения шумовых характеристик трактора и проведено математическое моделирование снижения шума выпуска тракторного дизеля.

Ключевые слова: трактор, шум, шум выпуска, проектирование выпускных систем.

This article describes a technique tractor noise reduction and given the mathematical model of the tractor diesel engine exhaust noise reduction.

Keywords: tractor, noise, methods of noise reduction, the noise exhaust, design exhaust systems.

Введение

Проблемами снижения шума тракторов занималась научная школа под руководством профессора М.А. Разумовского [1-3]. В Настоящее время ОАО «МТЗ» перешел от производства тракторов тягового класса 0,2 и 1,4 к производству линейки машин в тяговых классах от 0,2 до 6. Машины даже одного тягового класса имеют значительные конструктивные отличия, обусловленные требованиями рынка, на который они поставляются, и оборудуются различными системами питания, выпуска отработавших газов, охлаждения и т.д. При этом конструктивные разработки по снижению шума делаются под тяговый класс без учета конструктивных особенностей модели. В результате на некоторых моделях шум отдельных агрегатов и систем чрезмерно занижен и ухудшены характеристики, например, по расходу топлива или стоимости. И наоборот, на другой модели того же класса шум превышает нормы.

Цель настоящей работы – определить и систематизировать особенности проектирования тракторов с низким уровнем шума без ухудшения других технических характеристик трактора.

Основная часть

Внешний шум трактора и уровень шума на рабочем месте тракториста относятся к основным характеристикам. Производитель должен указывать эти характеристики в техническом паспорте, а их величина должна соответствовать национальным стандартам стран, в которых техника эксплуатируется. В СНГ установлены нормы уровня шума на рабочем месте (80 дБА) и внешнего шума (85 дБА) для тракторов с эксплуатационной массой, не превышающей 1500 кг, 89 дБА – с эксплуатационной массой, превышающей 1500 кг. В некоторых странах эти нормы значительно жестче (75 дБА на рабочем месте и 80 дБА – внешний шум). Следует также отметить, что низкий шум является важным конкурентным преимуществом. Некоторые производители снижают уровни шума на 5-7 дБА больше требуемого стандар-

тами. Косвенно можно утверждать, что низкий шум – это высокое качество производства машин.

Для эффективного снижения шума трактора важно определить степень влияния его источников на общий уровень. По мере снижения влияния на внешний шум трактора агрегаты и системы большинства моделей тракторов «БЕЛАРУС» можно расположить в следующей последовательности: выпускная система, двигатель, вентилятор системы охлаждения, трансмиссия, система впуска двигателя. В такой же последовательности надо проводить мероприятия по снижению общего шума. Например, для тракторов «БЕЛАРУС», снижение шума впуска, без предварительного снижения шума других источников, не приведет к снижению внешнего шума и шума в кабине. Если уровень шума источника ниже общего уровня на 10 дБА и более, то снижение его шума не повлияет на общий уровень шума. Неоправданно также чрезмерное снижение шума отдельных его источников. Снижение шума – это компромисс, улучшение акустических характеристик часто приводит к ухудшению других характеристик системы. Рассмотрим это на примере системы выпуска отработавших газов.

Специфической особенностью выпускных систем двигателей сельскохозяйственных тракторов является необходимость оборудовать их искрогасителями и производить выпуск отработавших газов вверх над двигателем. Это ограничивает длину выпускного тракта. Требования по обеспечению обзорности с места водителя и применения некоторых навесных орудий ограничивают габариты и объем глушителя. При этом глушитель должен снизить уровень шума до 104 дБА на расстоянии 0,25 м от среза выпускной трубы (такой уровень шума выпуска исключает его влияние на внешний шум и шум на рабочем месте), иметь простую и технологичную конструкцию и приемлемое аэродинамическое сопротивление. Последнее влияет на мощность и экономичность. Пути выполнения этих требований противоречивы, поэтому основная задача при создании тракторного глушителя – достижение оптимального соче-

тания перечисленных параметров, а сравнительная оценка глушителей может быть произведена только по всему комплексу характеристик.

Ограниченные длина выпускного тракта и его объем не позволяют обеспечить требуемое уменьшение пульсации потока газов и генерируемого на выходе шума в широком диапазоне частот только за счет реактивных элементов – набора расширительных и резонансных камер. Последние просты по конструкции и имеют низкое сопротивление. Глушение низкочастотных составляющих реактивными элементами практически неосуществимо, так как для этого требуются большие размеры камер и глушителя в целом. Для малогабаритных глушителей применим, главным образом, метод активного глушения путем установки последовательных гасителей колебаний, лабиринтов, перфорированных перегородок без использования дорогостоящих и, как правило, недолговечных звукопоглощающих материалов. Снижение шума достигается за счет снижения пульсации скорости потока при сохранении средней скорости потока, а акустическая эффективность находится в прямой связи с аэродинамическим сопротивлением. При разработке схемы глушителя необходимо учитывать, что эффективность глушения зависит как от величины сопротивления, так и метода его достижения. В некоторых случаях сопротивление, снижая низкочастотный шум, генерирует шум на других частотах из-за возникновения интенсивных вихревых потоков. Интенсивность этого шума пропорциональна скорости потока в данном месте.

При проектировании глушителя важную роль играет организация потока газа для увеличения его пути движения. Увеличивающиеся при этом площадь и время контакта потока с элементами конструкции, а также возникающие различные виды трения и теплообмена способствуют уменьшению скорости пульсаций и шума во всем диапазоне частот. Организация вращательного движения потока газа дает возможность инерционного отделения раскаленных частиц нагара – искрогашения. Рациональная организация движения потока газа при активном способе глушения шума позволяет получить высокие заглушающие свойства в широком диапазоне частот при ограниченном объеме и приемлемом сопротивлении.

Приближенный расчет сопротивления глушителя может быть выполнен на основе уравнений гидравлики, а характеристики заглушения предлагаемого уравнения:

$$\Delta L = \Delta L_H + \Delta L_R + \Delta L_T, \quad (1)$$

где ΔL_H , ΔL_R , ΔL_T – глушение, обеспечиваемое соответственно активным, реактивным сопротивлениями и теплообменом в глушителе, дБ.

Расчет составляющих и общего глушения целесообразно вести для низкочастотного шума, обусловленного пульсациями газа при открытии выпускных клапанов и высокочастотного вихревого шума.

Расчет составляющих общего глушения низкочастотного шума при проектировании выполняется по формулам:

$$\Delta L_H = 20 \lg \frac{\sum H}{H_{mp}}, \quad \Delta L_R = 0, \quad \Delta L_T = 20 \lg \frac{T_1}{T_2} \quad (2)$$

где $\sum H$ – суммарное гидравлическое сопротивление глушителя, Па;

H_{mp} – сопротивление равновеликой по длине глушителя трубы, Па;

T_1 и T_2 – температура отработавших газов на выходе равновеликой по длине трубы и глушителя, К.

Используя известные гидравлические зависимости [4], можно рассчитать сопротивление выпускных систем:

$$\text{с глушителем} \quad \sum H = \xi_{\Sigma} \frac{\gamma u^2}{2}; \quad (3)$$

$$\text{без глушителя (равновеликая труба)}$$

$$H_{mp} = \frac{\lambda S_0 \gamma u^2}{4F_0} \quad (4)$$

Здесь ξ_{Σ} – суммарный коэффициент сопротивления выпускной системы с глушителем;

γ – плотность отработавших газов, кг/м³;

u – средняя скорость потока, м/с;

λ – коэффициент сопротивления трения относительно длины трубы;

S_0 – площадь поверхности трения, м²;

F_0 – площадь поперечного сечения трубы, м².

Средняя скорость потока газов рассчитывается по формуле:

$$u = \frac{\mu T V_h \xi_0}{F_0 T_0} \left(\frac{\text{ни}}{60\tau} \right), \quad (5)$$

где ξ_0 и μ – соответственно коэффициенты наполнения цилиндров и молекулярного изменения рабочей смеси;

V_h – рабочий объем цилиндра двигателя, м³;

T и T_0 – температура отработавших газов и свежего заряда, К;

n – частота вращения вала двигателя, мин⁻¹;

i – число цилиндров;

τ – коэффициент тактности.

Поскольку уменьшение переменной составляющей скорости пульсирующего потока активным сопротивлением приводит к уменьшению вихревого шума по закону шестой степени $p \sim u^6$, а гидравлическое сопротивление пропорционально квадрату скорости потока $H \sim u^2$, общее глушение низкочастотного и высокочастотного шума выпуска отработавших газов можно определить из выражений:

$$\Delta L_{нч} = 20 \left(\lg \frac{\sum H}{H_{mp}} + \lg \frac{T_1}{T_2} \right); \quad (6)$$

$$\Delta L_{вч} = 30 \lg \frac{\sum H}{H_{mp}} + 20 \lg \frac{T_1}{T_2} \quad (7)$$

По формулам (6) и (7) выполнен расчет и построены графики, иллюстрирующие вклад составляющих

от сопротивления и температуры на общее заглушение (рис. 1, 2).

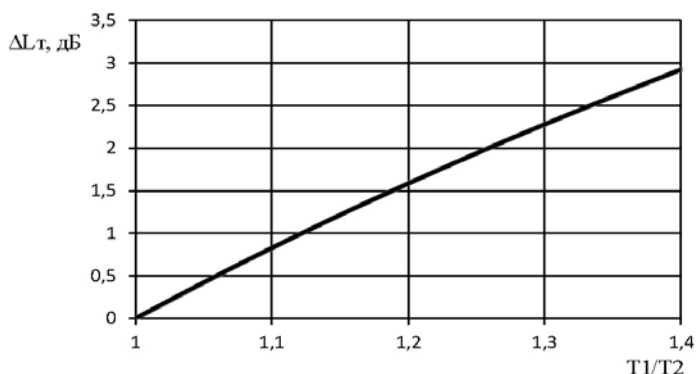


Рисунок 1. Расчетная зависимость глушения шума выпуска отработавших газов от снижения температуры

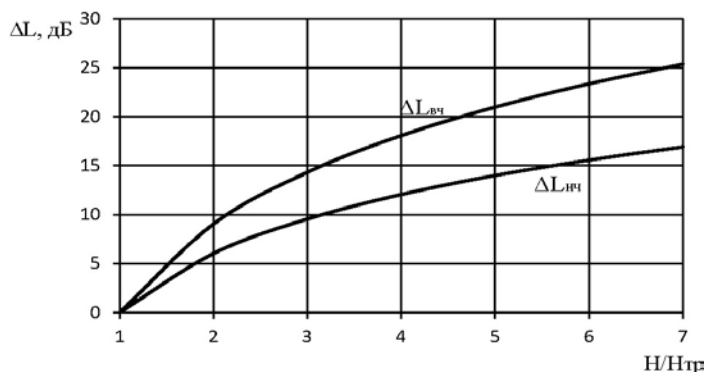


Рисунок 2. Расчетная зависимость глушения шума выпуска отработавших газов от сопротивления

Как видно из графиков, основной компонент шумоглушения – сопротивление. В то же время, сопротивление выпуску существенно влияет на экономичность двигателя. При $\Sigma N/N_{тр} = 3,8 \dots 3,9$ удельный расход топлива в сравнении $\Sigma N/N_{тр} = 1$ возрастает до 2 г/кВт·ч. Исходя из вышесказанного, глушитель должен проектироваться с оптимальной заглушающей характеристикой. Чрезмерное улучшение заглушающей характеристики не приведет к снижению

шума на рабочем месте и внешнего шума, а повышенное сопротивление ухудшит показатель расхода топлива. Это особенно актуально на тракторах, оборудованных катализаторами. Катализатор, с точки зрения акустики, является эффективным активным глушителем. Поэтому глушитель в данном случае необходимо оптимизировать по показателям требуемого заглушения и сопротивления.

Заключение

1. Работы по снижению шума должны проводиться последовательно от наиболее мощного источника шума и далее по нисходящей к источникам меньшей мощности.

2. Применение только реактивных глушителей на тракторах не позволит достичь требуемых норм шума системы выпуска.

3. Приведенные математические зависимости позволяют производить предварительный расчет характеристик глушителя и оптимизировать его конструкцию в процессе доработки.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Разумовский, М.А. Борьба с шумом на тракторах / М.А. Разумовский. – Минск: Наука и техника, 1973 – 208 с.

2. Разумовский, М.А. Прогнозирование шума поршневых двигателей / М.А. Разумовский. – Минск: Высшая школа, 1981. – 39 с.

3. Безручко, А.Ф. Улучшение характеристик глушителей шума сельскохозяйственных тракторов: дисс. ... канд. тех. наук: 05.05.03 / А.Ф. Безручко. – Минск, 1988. – 113 с.

4. Идельчик, И. Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям / И.Е. Идельчик; под общ. ред. М. О. Штейнберга. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1992. – 672 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 12.04.2016

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

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

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

Стоимость подписки на 1-е полугодие 2017 года: для индивидуальных подписчиков - 17,61 руб., ведомственная подписка - 19,29 руб.

УДК 631.333

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ МАШИНЫ ДЛЯ ВНЕСЕНИЯ ТВЕРДЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ

С.Н. Герук,

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

С.М. Хоменко,

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

И.С. Крук,

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

А.В. Мучинский,

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

А.В. Свистун,

инженер БГАТУ

Предложена модернизация измельчающе-распределяющих барабанов разбрасывателей твердых органических удобрений с горизонтально расположенными рабочими органами. Обоснованы кинематические и технологические параметры работы опытного разбрасывателя, обеспечивающие требуемое качество выполнения процесса поверхностного внесения твердых органических удобрений.

Ключевые слова: органические удобрения, разбрасыватель, рабочие органы, исследования, равномерность.

Modernization of the grinding drums, distributing spreaders of solid organic fertilizers with horizontal working bodies is offered. Kinematic and technological parameters of the prototype spreader's operation ensuring the required quality of the process of surface application of solid organic fertilizers are grounded.

Keywords: organic fertilizers, spreader, working bodies, research, uniformity.

Введение

Известно, что внесение органических удобрений в почву обеспечивает высокую прибавку урожая сельскохозяйственных культур. Так, при внесении навоза в оптимальных дозах, нормативная прибавка урожая от 1 т для озимых зерновых составляет 25 кг зерна, картофеля – 105 кг клубней, сахарной свеклы – 125 кг корнеплодов, кормовых корнеплодов – 200 кг корней, кукурузы на силос – 190 кг зеленой массы, всех культур на пашне – 30 к.ед. [1]. Навоз обладает длительным последствием (5-6 лет и более). С учетом длительного последствия установлено, что каждая тонна навоза на дерново-подзолистых почвах дает в сумме прибавку урожая в 1 ц (в пересчете на зерно) [2]. Поэтому основное направление повышения плодородия почвы связано с систематическим внесением органических удобрений в соответствии с рекомендуемыми дозами и требуемым качеством. Некачественное распределение твердых удобрений по поверхности поля с последующей заделкой влечет за собой неравномерное содержание гумуса в почве, что приводит, к так называемой, пятнистости полей.

Качество внесения навоза определяется многими факторами, однако особое значение имеет техническое состояние, конструкция машины и ее рабочих органов. На протяжении последних десятилетий происходит интенсивное усовершенствование конструкций машин, позволившее существенно повысить равномерность внесения органических удобрений. Однако вопрос равномерного поверхностного внесения твердых органических удобрений (ТОУ) остается актуальным и важным для сельского хозяйства.

Наиболее широкое распространение до последнего времени имели разбрасыватели, включающие адаптер с двумя параллельно установленными измельчающе-распределяющими битерами (рис. 1,а), выполненными в виде шнековой поверхности, имеющей направление от центра к периферии. Первый барабан находится на сходе подающего транспортера, при вращении захватывает часть удобрений, измельчает и подает ее на второй, который доизмельчает и распределяет удобрения по полю. Битеры выполнены в виде прерывистой шнековой навивки с неровной кромкой для лучшего отрыва массы.

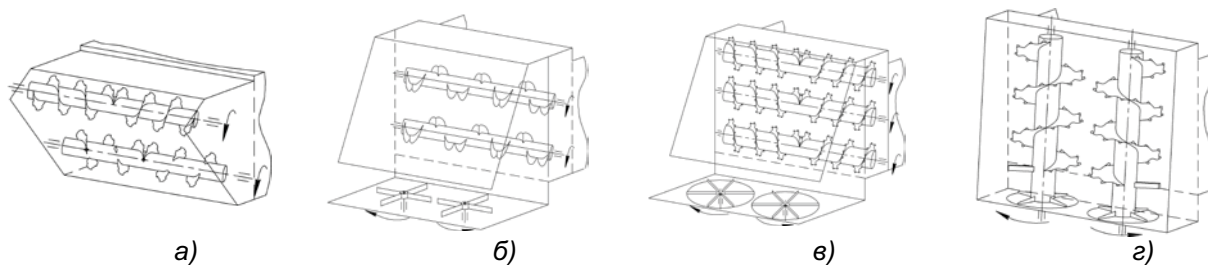


Рисунок 1. Схемы адаптеров разбрасывателей твердых органических удобрений

Одним из направлений усовершенствования машин для внесения твердых органических удобрений является установка дополнительных распределяющих рабочих органов, выполненных в виде вращающихся лопаток над неподвижной поверхностью (рис. 1,б) или дисков с лопатками (рис. 1,в). Принцип работы данных машин состоит в следующем: твердые органические удобрения измельчаются горизонтальными битерами и попадают на распределительные рабочие органы, где им передается кинетическая энергия вращающихся лопаток. После этого частицы навоза, имея неодинаковые скорости, распределяются по поверхности поля на различных расстояниях. При полевых испытаниях данной машины с вращающимися лопатками над неподвижной поверхностью, отмечено увеличение рабочей ширины захвата до 7,5-8,0 м. В настоящее время все большее распространение находят машины с вертикальным расположением измельчающих рабочих органов (рис. 1,г). В навозоразбрасывателе измельчающие битеры установлены под углом в направлении хода движения агрегата и имеют в нижней части диски с лопатками. Использование данных адаптеров в конструкциях навозоразбрасывателей не всегда обеспечивает требуемую равномерность распределения удобрений по ширине захвата машины и в направлении ее движения при различных дозах внесения и ширине рабочей полосы [3]. Важными элементами, определяющими качество разбрасывания удобрений, являются измельчающие и распределяющие рабочие органы, которые подразделяются на роторные, фрезерные (барабанные), роторно-фрезерные, цепные, дисковые и лопастные [4].

Для обеспечения требуемого качества внесения удобрений, предложены конструкции рабочих органов разбрасывателей ТОУ [5,10,11,15], оснащаемые четверть- и полуэллипсными рабочими элементами (рис. 2).

Для проверки аналитических предпосылок работы предложенной конструкции рабочих органов и машины в целом, необходимо провести ряд экспериментальных

исследований. Анализ публикаций по данному вопросу показал, что в своих работах при разработке машин и их рабочих органов М.М. Марченко, И. Личман, А.Е. Шебалкин, А.Д. Лашук [6,7,14] использовали положения теории подобия. В частности, при планировании лабораторных исследований на физических моделях, применили методы анализа размерностей.

Согласно исследованиям [13] и анализу известных источников [6,7], приняли геометрический масштаб сходства $K_L = 3$, а в качестве материала использовали торфокрошку с влажностью 49 ... 52 %, объемной массой 470 – 500 кг / м³ и размерами частиц 15 – 20 мм (не менее 70 % объема).

Цель исследований – установление экспериментальной зависимости неравномерности внесения ТОУ от параметров физической модели и обоснование ее рациональных параметров, а также проверка работоспособности опытного образца в полевых условиях.

Основная часть

Для исследования физической модели была использована методика планирования некомпозиционного симметричного плана Бокса-Бенкина второго порядка для трех факторов [9]. Для обработки результатов эксперимента использовались пакеты прикладных программ *Statistica 7* (для рандомизации порядка проведения опытов), *MatCad 14* (для обработки результатов планирования плана Бокса-Бенкина второго порядка), *Maple 11* (для исследования уравнения регрессии и построения поверхностей отклика).

Коэффициенты регрессии модели, после реализации плана эксперимента, определяли согласно методике [9]. Для исследования уравнения регрессии использовали методику двухмерных сечений [8, 9]. Для проведения исследований физической модели и опытного образца машины для внесения ТОУ использовали РД 10 7.2-89 «Испытания сельскохозяйственной техники. Машины для внесения твердых органических удобрений. Программа и методы испытаний» [12].

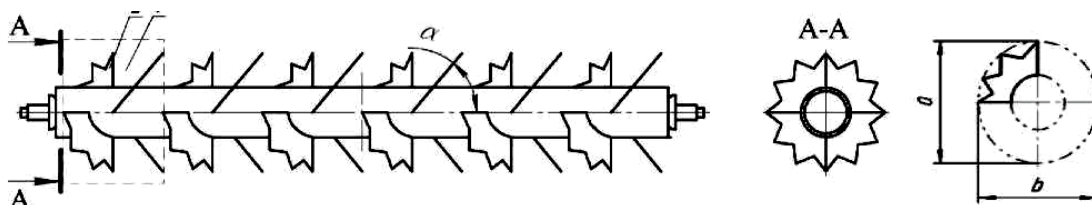


Рисунок 2. Дисковый рабочий орган разбрасывателя:

1 – четвертьэллипсный измельчитель; 2 – четвертьэллипсная зубчатая лопатка

Для проведения лабораторных исследований была разработана и изготовлена лабораторная установка для исследования физической модели (рис. 3а), схема работы которой представлена на рис. 3б.

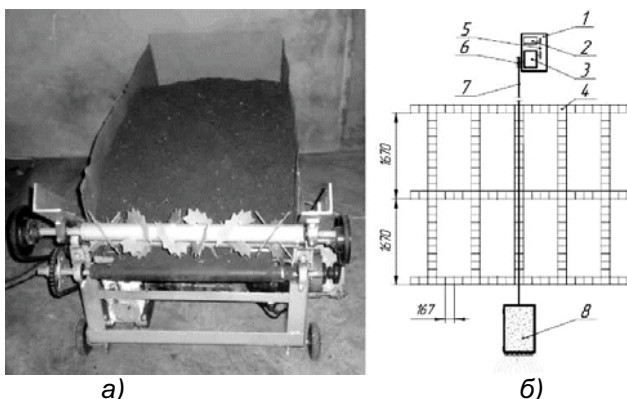


Рисунок 3. Лабораторная установка: конструкция (а) и схема работы (б): 1 – приводная станция; 2 – электродвигатель постоянного тока; 3 – редуктор; 4 – лента; 5 – ременная передача; 6 – приводной шкив ($B = 250$ мм); 7 – трос; 8 – физическая модель машины для внесения органических удобрений

Вдоль направления движения физической модели разложены ленты с размеченными краской квадратами размером 167×167 мм. Отрегулировав кинематические показатели работы установки в соответствии с номером опыта, запускали в работу транспортер и разбирающееся устройство. После определенного интервала времени, когда установка входила в устойчивый режим, включали электродвигатель приводной станции, начинали перемещать физическую модель.

После прохождения трех рядов лент установку выключали, удобрения собирали, взвешивали и обрабатывали результаты по методике [12]. В качестве целевой функции принята неравномерность внесения ТУ, критерий оптимизации – минимальная, допустимая агротехническими требованиями, неравномерность внесения. Принятые факторы и уровни их варьирования представлены в табл. 1.

В соответствии с выбранной схемой провели 15 опытов по представленной матрице планирования (табл. 2) в трехкратной повторности.

В результате было получено уравнение регрессии в кодированном

$$y = 16,9614 + 6,1833x_1 + 4,4333x_3 + 28,1864x_1^2 + 6,7697x_2^2 + 3,6864x_3^2. \quad (1)$$

и раскодированном виде

$$v = 266,7504 - 0,4073n_{pb} - 15,7841v_m - 612,8947v_t + 0,00018n_{pb}^2 + 9286,2826v_t^2 + 10,5901v_m^2 \quad (2)$$

Данная модель адекватна, так как $F_{расч} < F_{табл}$ ($3,07 < 19,33$).

Для анализа уравнения регрессии были построены соответствующие поверхности отклика и их двумерные сечения (рис. 4, 5, 6).

На основании анализа приведенных рисунков можно сделать следующие выводы:

– из рисунка 4: неравномерность $v=15,29\%$ обеспечивается при $n_{pb}=1156$ об/мин, $v_t = 0,033$ м/с; неравномерность $v \leq 25\%$ обеспечивается при $n_{pb}=940 \dots 1390$ об/мин и $v_t = 0,006 \dots 0,060$ м/с;

Таблица 1. Факторы и уровни их варьирования

Факторы	x_1	x_2	x_3
	Количество оборотов раскидного барабана n_{pb} , об/мин	Скорость транспортера v_t , м/с	Рабочая скорость машины v_m , м/с
Основной уровень (X_{i0})	1200	0,033	1,1
Интервалы варьирования (ΔX_i)	400	0,027	0,59
Верхний уровень ($x_i = 1$)	1600	0,060	1,69

Таблица 2. Матрица планирования плана Бокса-Бенкен и результаты исследования неравномерности внесения удобрений физической моделью

№ реализации	x_1	x_2	x_3	x_1x_2	x_1x_3	x_2x_3	x_1^2	x_2^2	x_3^2	Результаты опытов			у
										y_1	y_2	y_3	
11	+	+	0	+	0	0	+	+	0	55,7	59,6	61,2	58,8
7	-	-	0	+	0	0	+	+	0	41,6	39,8	47,4	42,9
5	+	-	0	-	0	0	+	+	0	52,8	59,1	60,2	57,4
13	-	+	0	-	0	0	+	+	0	48,1	45,8	51,9	48,6
3	+	0	+	0	+	0	+	0	+	62,8	54,6	59,1	58,8
6	-	0	-	0	+	0	+	0	+	35,7	41,5	32,4	36,5
15	+	0	-	0	-	0	+	0	+	50,5	55,8	47,5	51,3
14	-	0	+	0	-	0	+	0	+	43,3	48,9	54,1	48,8
1	0	+	+	0	0	+	0	+	+	31,4	32,8	41,5	35,2
8	0	-	-	0	0	+	0	+	+	21,5	29,1	25,4	25,3
9	0	+	-	0	0	-	0	+	+	23,4	21,2	20,5	21,7
2	0	-	+	0	0	-	0	+	+	25,6	25,3	31,5	27,5
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17,4	12,5	25,1	18,3
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15,6	17,2	12,9	15,2
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14,2	15,7	22,1	17,3

– из рисунка 5: неравномерность $\nu = 15,29\%$ обеспечивается при $n_{pb} = 1156$ об/мин, $v_m = 0,75$ м/с; неравномерность $\nu \leq 25\%$ обеспечивается при $n_{pb} = 920 \dots 1405$ об/мин и $v_m = 0,510 \dots 1,690$ м/с;

– из рисунка 6: неравномерность $\nu = 15,29\%$ обеспечивается при $v_t = 0,033$ м/с, $v_m = 0,75$ м/с; неравномерность $\nu \leq 25\%$ обеспечивается при всех значениях v_t и для $v_m \leq 1,2$ м/с.

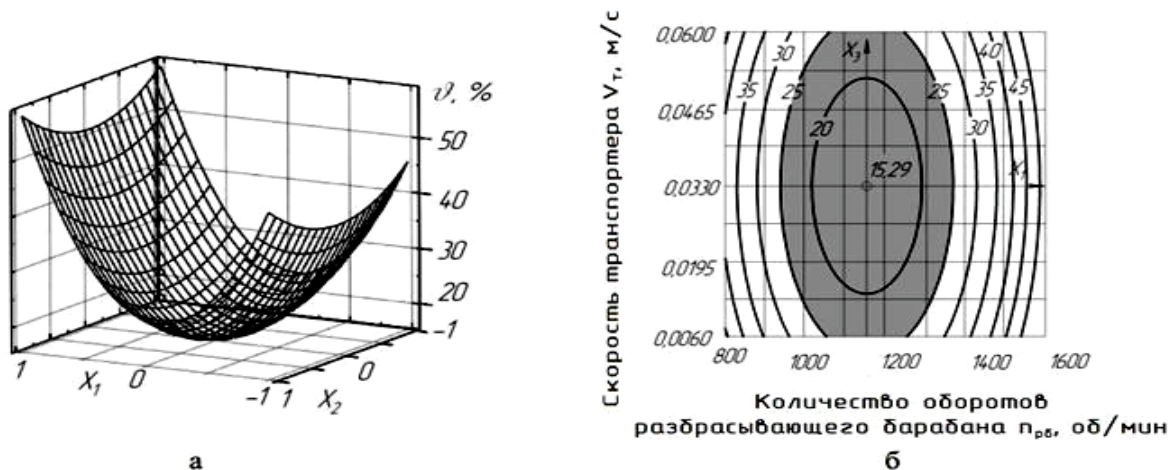


Рисунок 4. Поверхность отклика (а) и ее двухмерное сечение (б), определяющие неравномерности распределения удобрений в зависимости от факторов v_m и n_{pb}

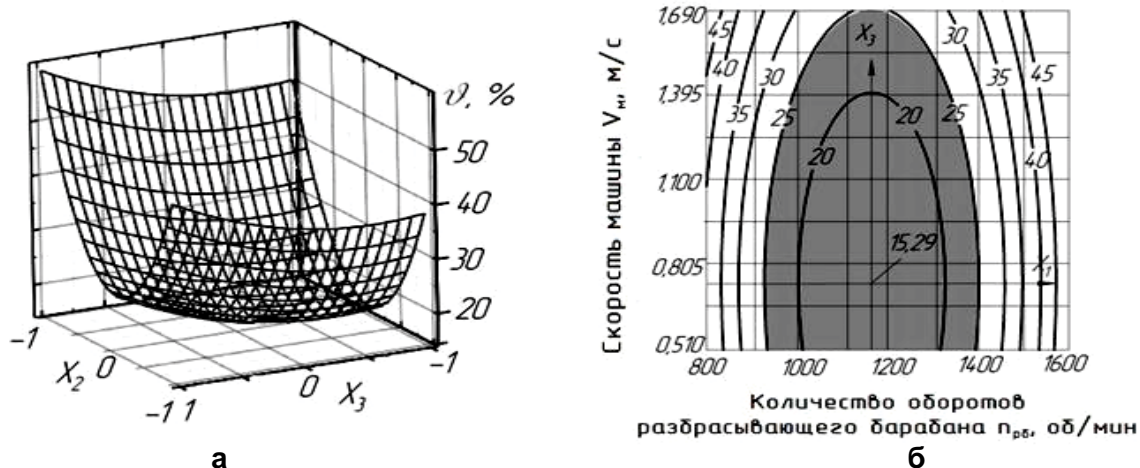


Рисунок 5. Поверхность отклика (а) и ее двухмерное сечение (б), определяющие неравномерности распределения удобрений в зависимости от факторов v_m и n_{pb}

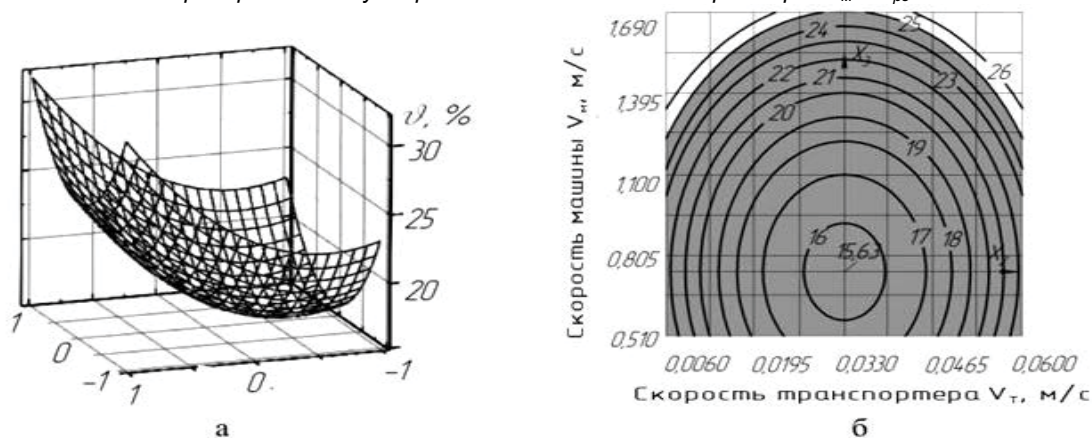


Рисунок 6. Поверхность отклика (а) и ее двухмерное сечение (б), определяющие неравномерности распределения удобрений в зависимости от факторов v_m и v_m

Для проведения полевых исследований разработанное разбрасывающее устройство было установлено на опытном образце разбрасывателя (рис. 7). В процессе испытаний проверяли обеспечение машиной агротехнических требований при внесении удобрений, а также сравнивали с работой серийных разбрасывателей, работавших в таких же условиях.



а



б

Рисунок 7. Загрузка (а) и внесение (б) твердых органических удобрений опытным агрегатом

Результаты испытаний экспериментального образца и серийных разбрасывателей приведены в таблице 3.

Таблица 3. Результаты полевых испытаний

Показатель	Значения показателя	
	Опытный образец	МТО-6
Грузоподъемность, т	6	6
Агрегатируется с трактором класса	1,4	
Число оборотов вала отбора мощности трактора, об/мин	540	540
Доза внесения, т/га	20	20
Рабочая ширина внесения удобрений, м	8	6
Неравномерность внесения дозы удобрений, %		
- по ширине захвата	20,7	35,2
- в направлении движения	12,8	26,4

Из табл. 3 видно, что опытный образец обеспечивал требуемые показатели качества внесения удобрений в сравнении с серийными машинами (рис. 8, 9).

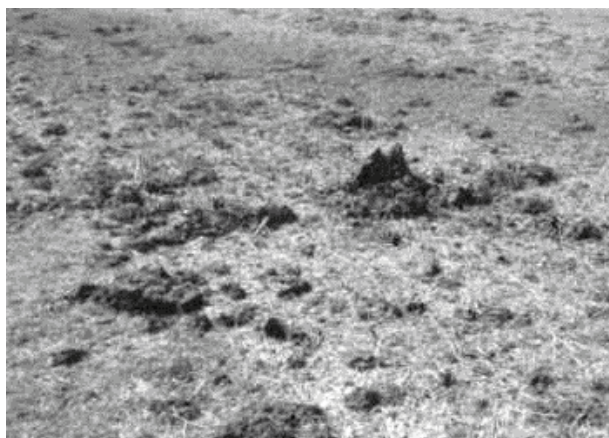


Рисунок 8. Определение неравномерности внесения твердых органических удобрений базовым разбрасывателем



Рисунок 9. Определение ширины захвата и неравномерности внесения твердых органических удобрений опытным образцом разбрасывателя

Заключение

Предложена модернизация измельчающих рабочих органов разбрасывателя твердых органических удобрений с двумя горизонтально расположенными

бонерами.

В результате проведенных лабораторных исследований определены рациональные кинематические и технологические параметры работы опытного разбрасывателя, при которых обеспечиваются агротехнические требования выполнения процесса ($v \leq 25\%$): число оборотов разбрасывающего рабочего органа $n_{рб} = 920...1405$ об/мин, рабочая скорость агрегата – $v_m = 0,510...1,2$ м/с, скорость движения транспортера – $v_t = 0,006...0,060$ м/с. Для обеспечения неравномерности внесения удобрений $v = 15,29...15,63\%$ рациональные значения кинематических и технологических параметров физической модели составляют: $n_{рб} = 1156$ об/мин, $v_t = 0,033$ м/с, $v_m = 0,75$ м/с (при коэффициенте геометрического подобия физической модели $K_L = 3$).

Производственные испытания опытного образца подтвердили достоверность полученных в лабораторных условиях результатов. Применение опытного образца разбрасывателя в сравнении с машиной МТО-6 позволяет увеличить рабочую ширину захвата с 6 до 8 м и при этом уменьшить неравномерность внесения удобрений по ширине захвата с 35,2 до 20,7 %.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Справочник агрохимика / В. В. Лапа [и др.]; под ред. В. В. Лапа. – Минск: Бел. наука, 2007. – 390 с.
2. Авдонин, Н. С. Научные основы применения удобрений / Н. С. Авдонин. – М.: Колос, 1972. – 320 с.
3. Результаты сравнительных испытаний машин для внесения твердых органических удобрений с различными адапторами / В. Романюк [и др.] // Problemy intensyfikacji produkcji zwierzecego z uwzględnieniem struktury obszarowej gospodarstw rodzinnych, ochrony środowiska i standardów UE»: доклады Междунар. науч.-практ. конф., Warszawa, сентябрь 2011 / Instytut Technologiczno-Przyrodniczy. – Warszawa, 2011. – С. 163 – 167.
4. Рабочие органы машин для внесения твердых органических удобрений / В. Романюк [и др.] // Problemy intensyfikacji produkcji zwierzecego z uwzględnieniem struktury obszarowej gospodarstw rodzinnych, ochrony środowiska i standardów UE»: доклады Междунар. науч.-практ. конф., Warszawa, сентябрь 2009 / IBMER. – Warszawa, 2009. – С. 227 – 230.
5. Герук, С.М. Удосконалення машин для внесення твердих органічних добрив / С.М. Герук, С.М. Хоменко // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. – Вип. 59: механізація сільськогосподарського виробництва. – Харків: ХНТУСГ, 2007. – Т. 2. – С. 103-108.
6. Лашук, А.Д. Внесение органических удобрений машиной с эллипсо-дисковыми рабочими органами: дис. ...канд. техн. наук: 05.20.01 / А.Д. Лашук. – Минск, 1990. – 203 с.
7. Марченко, Н.М. Механизация внесения органических удобрений / Н.М. Марченко, Г.И. Личман, А.Е. Шебалкин. – М.: Агропромиздат, 1990. – 207 с.
8. Мельников, С.В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / С.В. Мельников, В.Р. Алешкин, П.М. Рошин. – 2-е изд., пер. и доп. – Л.: Колос; Ленингр. отд-ние, 1980. – 168 с.
9. Новик, Ф.С. Оптимизация процессов технологии металлов методами планирования экспериментов / Ф.С. Новик, Я.Б. Арсов. – М.: Машиностроение; София: Техника, 1980. – 304 с.
10. Розкидач органічних добрив: пат. 83293 України, МПК А01С 3/06. / А.С. Малиновський, С.М. Герук, С.М. Хоменко [та ін.]; заявник Державний агрологічний університет. – № а 2006 10636; заявл. 07.11.2006; опубл. 25.06.2008 // Бюл. №7.
11. Розкидач органічних добрив: пат. 88754 України, МПК А01С 3/06. / С.М. Герук, С.М. Хоменко, С.С. Герук. – № а200901541; заявл. 23.02.2009; опубл. 10.11.2009 // Бюл., 2009. – № 21.
12. Испытания сельскохозяйственной техники. Машины для внесения твердых органических удобрений. Программа и методы испытаний: РД 10 7.2-89. – 76 с.
13. Хоменко, С.М. Обґрунтування швидкості руху фізичної моделі машини для внесення органічних добрив / С.М. Хоменко // Вісник ЖНАЕУ. – Житомир, 2009. – Вип. 1. – С. 278-282.
14. Шебалкин, А.Е. Выбор типа и обоснование параметров дозирующих и распределяющих устройств большегрузных машин для внесения твердых органических удобрений: автореф. ... дис. канд. техн. наук: 05.20.01 / А.Е. Шебалкин. – М.: ВИМ, 1986. – 15 с.
15. Комбинированная машина для выгрузки и разбрасывания навоза: пат. 7746 Респ. Беларусь, МПК А 01С 3/06, А 01С 3/02 / И.С. Крук, А.В. Свистун, Ю.С. Биза, И.С. Назаров, Н.Г. Бакач, А.С. Назаров, А.А. Новиков; заяв. Белорус. гос. аграр. техн. ун-т. – № u20110261; заявл. 07.04.2011; опубл. // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2012. – Бюл. № 6.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 23.11.2016

СТАТИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ ОДНООСНОГО МОБИЛЬНОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СРЕДСТВА С КАНАТНОЙ ТЯГОЙ В ПРОДОЛЬНОЙ ПЛОСКОСТИ

Г.С. Горин,

член научно-технической секции ГЭС-2 Государственного комитета по науке и технологиям
Республики Беларусь, докт. техн. наук, профессор

А.А. Сильченко,

заместитель Председателя Государственного комитета по науке и технологиям
Республики Беларусь, канд. техн. наук, доцент

О.Л. Миранович,

член бюро ГЭС-3 Государственного комитета по науке и технологиям
Республики Беларусь, канд. техн. наук, доцент

Д.В. Менделев,

начальник управления научно-технической политики и экспертизы Государственного комитета
по науке и технологиям Республики Беларусь, канд. техн. наук

В статье выполнены исследования статической устойчивости одноосных мобильных энергетических средств для механизации приусадебных участков. Получены зависимости усилия на рукоятках управления от высоты подвеса каната, а также усилия на рукоятках от длины рукояток и выноса колеса.

Ключевые слова: одноосное мобильное энергетическое средство, средство малой механизации, устойчивость, вынос колеса, высота подвеса каната, длина рукояток.

The studies of the static stability of uniaxial mobile power tools for mechanization of gardens are described in the article. The dependence of efforts at handles' control from the height of the rope suspension, as well as efforts at handles' length from the length of the handles and removal of the wheels are given.

Keywords: uniaxial mobile energy means, means of mechanization, stability, removal of the wheels, the height of the rope suspension, the length of the handles.

Введение

В настоящей работе рассматривается статическая устойчивость одноосного мобильного энергетического средства (ОМЭС) с канатной тягой сельскохозяйственного орудия при условии соблюдения требований ГОСТ 21753-76 «Система «Человек-машина». Рычаги управления. Общие эргономические требования». Ранее теория статической устойчивости одноосного мобильного энергосредства не рассматривалась.

ОМЭС относится к средствам малой механизации (СММ), которые используют для выполнения следующих операций [1, 2]:

- обработка малоконтурных земельных участков (личных подсобных хозяйств, опытных участков научных и учебных сельскохозяйственных учреждений, сортовых и селекционно-семеноводческих участков, производственных участков защищенного грунта и т.д.);
- обработка «неудобных» земель, принадлежащих подсобным хозяйствам предприятий, сельхозорганizations;

– загрузка и разгрузка, подъем, перемещение и транспортировка различных грузов (навоза, сена, почвы, кормов и т.д.) в стесненных тепличных и животноводческих помещениях;

- опрыскивание и опыление посевов и посадок, внесение удобрений, уборка и расчистка дорог от снега;
- кошение травы и заготовка сена, уход за газонами и подрезка насаждений, уборка листьев;
- транспортировка на короткие расстояния различных грузов.

СММ создают:

- тяговые (по типу мотоблока);
- толкающие (с фронтальной схемой агрегатирования сельхозорудия);
- тягово-приводные (например, по типу ротационного копателя «Ротаспы», который работает по принципу лопаты);
- сельскохозяйственные лебедки.

ГОСТ 28523-90 «Мобильные средства малой механизации сельскохозяйственных работ. Малогабаритные тракторы. Типы и основные параметры» устанавливает типы малогабаритных тракторов (од-

ноосные – мотоблоки и двухосные – тракторы), а также их основные параметры.

Основная часть

Статическая устойчивость ОМЭС с канатной тягой в продольной плоскости рассматривается при постоянных значениях $P_{кр.л.}$ [3].

Как правило, сельскохозяйственное орудие, работающее в агрегате с лебедкой, имеет опорное колесо, вынесенное вперед на продольном расстоянии a_v от рабочего органа (рис. 1).

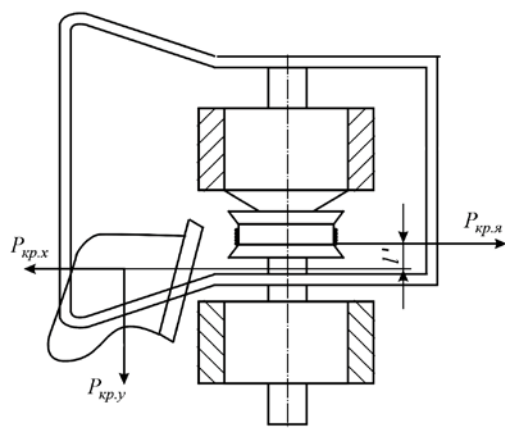
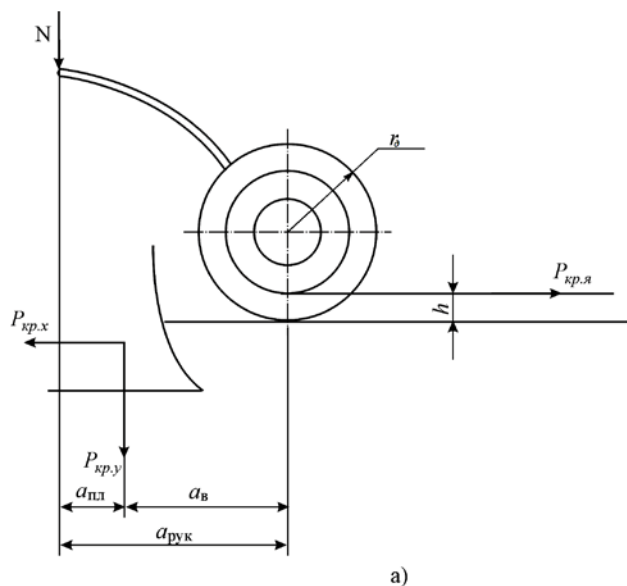


Рисунок 1. Силы и реакции, действующие на ОМЭС при намотке каната:
а – вид сбоку; б – вид сверху

Примем в качестве критерия устойчивости нормальное усилие N , прилагаемое к рукояткам управления ОМЭС ($N=0,045$ кН) [4].

При работе к канатному барабану и корпусу ОМЭС приложены четыре внешних момента:

– опрокидывающий в вертикальной плоскости относительно опорной поверхности

$$M_{опр} = P_{кр.я} h, \quad (1)$$

– дестабилизирующий

$$M_{дест} = P_{кр.я} l', \quad (2)$$

где $P_{кр.я}$ – тяговое усилие в канате, передаваемое якорным устройством;

h – расстояние от натяжной ветви каната до результирующего сопротивления опорного колеса и орудия;

l' – горизонтальное расстояние от каната до результирующего сопротивления опорного колеса и орудия;

– стабилизирующий в вертикальной плоскости, противодействующий опрокидыванию (со стороны оператора)

$$M_{прот} = N a_{рук}, \quad (3)$$

где $a_{рук}$ – длина рукоятки;

– ведущий (при работе без канатной тяги)

$$M_{кр} = P_k r_d, \quad (4)$$

где P_k – касательная сила тяги колес;

r_d – динамический радиус колес;

при $P_{кр.я}=1,65$ кН, $P_k=0,88$ кН, $r_d=0,225$ м, $h=0,038$ м, $l'=0,150$ м получаем $M_{опр}=0,0627$ кН·м, $M_{дест}=0,25$ кН·м, $M_{кр}=0,2$ кН·м.

Из условия равновесия $M_{опр}$ и противодействующего $M_{прот}$ моментов найдем плечо действия нормального усилия на рукоятках управления ОМЭС

$$a_{рук} = \frac{M_{опр}}{N}. \quad (5)$$

При $N=0,045$ кН, $a_{рук}=1,39$ м.

Вынос колеса

$$a_v = a_{рук} - a_{пл}. \quad (6)$$

Расстояние $a_{пл}$ принимаем из нестесненного движения ($a_{пл}=0,59$ м).

Тогда $a_v=0,8$ м.

Результаты расчетов приведены в табл. 1.

Таблица 1. Анализ параметров длины рукояток и выноса колеса при $P_{кр.я}=1,65$ кН, $h=0,038$ м

Нормальное усилие N , кН	Длина рукояток $a_{рук}$, м	Вынос колеса a_v , м
0	—	—
0,020	3,10	2,51
0,025	2,50	1,91
0,030	2,08	1,49
0,035	1,79	1,20
0,040	1,56	0,97
0,045	1,39	0,80

По результатам расчетов построены графические зависимости усилия на рукоятках от высоты подвеса каната, длины рукояток и выноса колеса (рис. 2, 3).

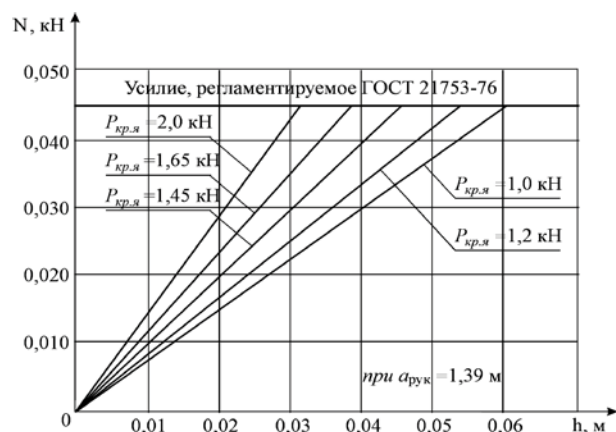


Рисунок 2. Зависимость нормального усилия на рукоятке управления от высоты подвеса каната

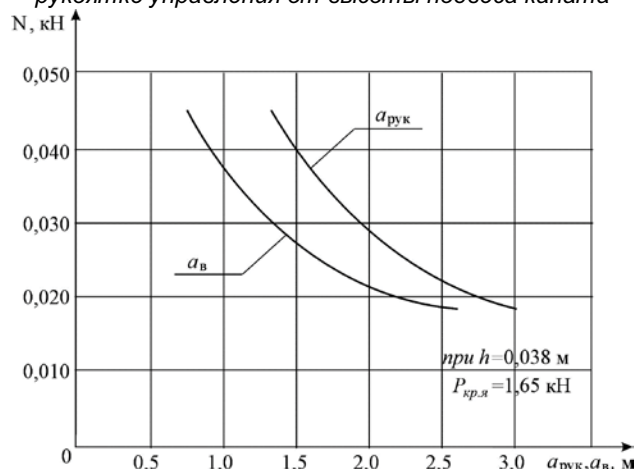


Рисунок 3. Зависимость нормального усилия от длины рукоятки и выноса колеса

Заключение

В ходе проведенного анализа установлено, что предлагаемая авторами методика для исследования статической устойчивости одноосных мобильных энергетических средств предложена впервые на территории СНГ.

Аналитические исследования одноосных мобильных энергетических средств являются неотъемлемой задачей по оптимизации выбора их тягово-

энергетических параметров, повышению качества создаваемой продукции, снижению затрат на производство продукции растениеводства и животноводства, обеспечения процессов коммунально-бытовой сферы.

Получены зависимости нормального усилия на рукоятках управления от высоты подвеса каната, а также нормального усилия от длины рукоятки и выноса колеса.

В соответствии с ГОСТ 21753-76 «Система «Человек машина». Рычаги управления. Общие эргономические требования» при значении нормального усилия, не превышающем $N=0,045$ кН, действующего на рукоятки ОМЭС, установлено:

при $P_{кр.я}=1,65$ кН следует выбирать длину рукояток, наименьшую по компоновочным соображениям ($a_{рук}=1,39$ м), высоту подвеса каната $h=0,038$ м, вынос колеса $a_в=0,8$ м.

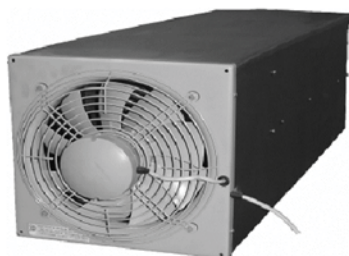
При длине рукоятки более 2,5 м и выносе колеса на 1,91 м использовать ОМЭС нецелесообразно из-за его больших габаритов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мини-тракторы / В.В. Бурков [и др.]; под общ. ред. В.В. Буркова. – Л.: Машиностроение; Ленинградское отделение, 1987. – 272 с.: ил.
2. Гурияков, М.В. Малогабаритная сельскохозяйственная техника: справоч. / М.В. Гурияков, Н.Н. Поляков. – М.: Машиностроение, 1994. – 160 с.: ил.
3. Александров, М.П. Подъемно-транспортные машины / М.П. Александров. – М.: Высшая школа, 1985. – 520 с.
4. Система «Человек машина». Рычаги управления. Общие эргономические требования: ГОСТ 21753-76. – М.: Изд-во стандартов, 1976.
5. Чудаков, Д.А. Основы теории трактора и автомобиля / Д.А. Чудаков. – М.: Изд-во сельскохозяйственной литературы, журналов и плакатов, 1962. – 312 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 15.11.2016

Установка для очистки и обеззараживания воздуха БСУ-900



Установка предназначена для очистки воздуха от газовых примесей органического и неорганического происхождения в помещениях предприятий АПК, медицинских, общественных и других помещениях, в которых необходимо обеспечивать требования СНиП (аммиак, сероводород, углекислый газ и др.). Фильтр производит непрерывную очистку и обеззараживание помещений в присутствии обслуживающего персонала со степенью очистки по уровню общей загрязненности до 60%, по индексу Колли – до 70%, по вирусам – до 80%, позволяет экономить до 50% энергии на отопление помещений. Наиболее эффективен при использовании в помещениях для содержания молодняка птицы, свиней и крупного рогатого скота.

Производительность составляет 900 м³/ч.

БИОФЕРМЕНТИРОВАННЫЕ МОЛОЧНЫЕ ПРОДУКТЫ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ КАК ИСТОЧНИК ЗДОРОВОГО ПИТАНИЯ

А.Л. Зайцева

науч. сотр. РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию»

Е.П. Франко,

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

В статье представлены результаты исследований новых биоферментированных молочных продуктов и их влияние на организм животных.

Ключевые слова: биопродукты, йогурт, молочные продукты, наполнители, здоровое питание.

The results of the studies of new biofermented dairy products and their influence on animals' organism are presented in the article.

Key words: bioproducts, yoghurt, dairy products, fillers, healthy nutrition.

Введение

В настоящее время очень актуален вопрос здорового полноценного питания, как во всем мире, так и в Республике Беларусь. От качества питания и его состава зависит вся деятельность организма в целом, а, следовательно, и качество жизни человека.

К сожалению, в питании населения Республики Беларусь наблюдается дефицит необходимых питательных веществ (как принято их называть в настоящее время, нутриентов). В первую очередь это связано с отсутствием сбалансированного рациона питания, на фоне экологии.

Улучшение структуры питания и здоровья населения является одной из основных концепций государственной политики Республики Беларусь и ведущих стран мира.

Одним из решений коррекции дисбалансов нутриентного состава в организме человека является приведение питания к сбалансированному путем введения потребления биоферментированных пищевых продуктов, обладающих функциональными свойствами и содержащими пре- и (или) пробиотики. Научный подход к оздоровлению организма человека, основанный на массовом использовании продуктов, обогащенных незаменимыми нутриентами, а также бифидо- и лактобактериями, является новым, перспективным направлением в нутрициологии. Продукты, содержащие бактериальные препараты, эффективны для восстановления баланса нарушенной микрофлоры желудочно-кишечного тракта. Они служат важным и необходимым инструментом защиты организма при воздействии неблагоприятных экологических условий, нарушениях обмена веществ, при острых и хронических заболеваниях и дисфункциях пищеварительной системы, вызванных стрессами, несбалансированным питанием. Учитывая небольшой ассортимент биоферментированных кисломолочных продуктов, особую значимость приобретает разра-

ботка новых видов пробиотических продуктов питания с добавлением лакто- и бифидобактерий. Целью данной работы является разработка новых биоферментированных продуктов с фруктовыми и растительными наполнителями.

Основная часть

В соответствии с рекомендациями органов охраны здоровья, в настоящее время в Республике Беларусь в структуре питания населения отмечается рост пищевых продуктов с пониженной калорийностью, повышенным содержанием белка, витаминов, микроэлементов, пищевых волокон. Биоферментированные молочные продукты представлены в основном йогуртами, в том числе обогащенными бифидо- и лактобактериями, как с фруктовыми наполнителями, так и без них, бионапитками, биотворожками, кисломолочными продуктами типа «Смусси» с повышенным содержанием фруктовых наполнителей и др.

Однако основным недостатком представленных на отечественном рынке биоферментированных продуктов по-прежнему остается как их малый ассортимент, так и несбалансированность состава по основным питательным веществам, недостаточному содержанию витаминов и минеральных элементов. Часто в состав продукта вводятся наполнители с высоким содержанием рафинированных сахаров, в ряде случаев консервантов, стабилизаторов консистенции, в том числе модифицированных крахмалов.

Мировой рынок йогуртов отмечает рост потребности в натуральных продуктах, обогащенных полезными ингредиентами, оказывающими положительное влияние на состояние здоровья человека.

Все чаще люди употребляют йогурты с наполнителями и без них. По данным журнала «Продукт.ВУ» [1], из 126 опрошенных человек 54 используют йогурты для перекуса, для 43 опрошенных это обязательный продукт питания, а 22 человека покупают их нерегулярно.

В Республике Беларусь не производится биопродукты с использованием технологии совместного биоферментирования молочного и растительного сырья, что позволяет сократить продолжительность процесса биоферментирования и повышает потребительские и функциональные свойства продукта. Поэтому необходимо начать производство таких молочных продуктов.

На основе анализа маркетинговых исследований компании «EuromonitorInternational», авторами было предложено разработать проектные рецептуры биоферментированных продуктов на основе использования новых питательных сред с растительными и фруктовыми наполнителями. При их подборе учитывались следующие требования [2]:

- производственная пригодность, регламентируемая временем, затраченным на процесс ферментации растительного сырья;
- температурные режимы производства;
- соотношение между микроорганизмами;
- количество жизнеспособных клеток микроорганизмов, КОЕ.

В результате проведенных исследований, с учетом требований, были отобраны следующие микроорганизмы [3]:

- *L. acidophilus*;
- *L. bulgaricus*;
- *L. casei*;
- *B. bifidum*, *B. lactis*, *B. longum*.

Исследования проводились в институте физиологии НАН Беларуси по изучению популяции лакто- и бифидобактерий, согласно методике определения роста лактобактерий (на элективной плотной среде с леяной уксусной кислотой) и МУК 4.2.999-00.

Для проведения сравнительного анализа, подопытным животным (крысам) вводили в рацион ферментированные биопродукты – биойогурты, фитнесбиоккоктейли и бионапитки, изготовленные по разработанной авторами рецептуре. Сравнивали с биопродуктами компании «Савушкин продукт» («Оптималь»). В результате было установлено, что показатели у животных, употреблявших биойогурт и фитнесбиоккоктейль, статистически не отличались от группы сравнения. Употребление бионапитка способствовало увеличению титра лактофлоры на 5,4 % ($P < 0,05$). Данные представлены на рис. 1.

При употреблении молочных продуктов в организме животных присутствовали антагонистически активные бифидобактерии ($pH < 0,05$). Биойогурт и бионапиток вызывали повышение водородного показателя ($P < 0,05$), в то время как употребление фитнесбиоккоктейля приближало значения к показателям интактной группы ($P < 0,05$). Данные представлены на рис. 2.

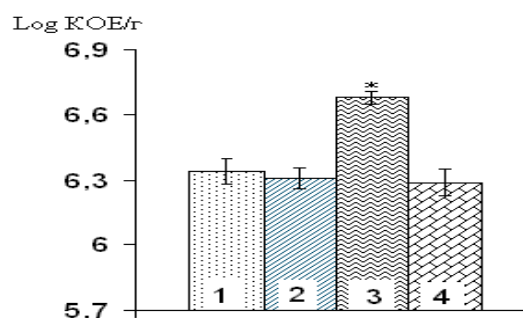


Рисунок 1. Изменение популяции лактобактерий при употреблении биойогурта (2), бионапитка (3), фитнесбиоккоктейля (4) по сравнению с интактной группой животных (1).

* – различия достоверны относительно интактных животных ($P < 0,05$).

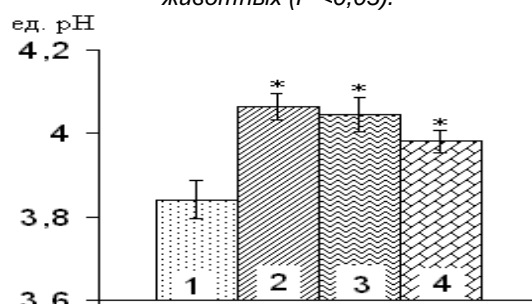


Рисунок 2. Изменение водородного показателя среды культивирования бифидобактерий при употреблении биойогурта (2), бионапитка (3), фитнесбиоккоктейля (4) относительно интактной группы животных (1).

* – различия достоверны относительно интактных животных ($P < 0,05$).

Таким образом, по результатам проведенного исследования можно заключить, что употребление биоферментированных молочных продуктов сохраняет баланс кишечной микрофлоры на оптимальном уровне. Бионапиток вызывает достоверное увеличение пула лактобактерий, что может указывать на повышение колонизационной резистентности и микробного антагонизма по отношению к патогенным и условно-патогенным микроорганизмам (рис. 1, табл.1).

Потребление фитнесбиоккоктейля способствует сохранению оптимального уровня pH кишечного содержимого, препятствующего размножению грамм-отрицательных бактерий. Незначительные сдвиги pH при употреблении биойогурта и бионапитка остаются в пределах нормы, что указывает на преобладание антагонистически активных бифидобактерий в полости кишечника (рис. 2).

Таблица 1. Количественные изменения нормофлоры кишечника подопытных животных при употреблении молочных продуктов

Анализируемые организмы	Интактная группа	Биойогурт	Бионапиток	Фитнесбиоккоктейль
<i>Lactobacillus</i> ssp., log КОЕ/г	6,34±0,06	6,31±0,049	6,68±0,031*	6,23±0,066
<i>Bifidobacterium</i> ssp., log КОЕ/г	3,84±0,044	4,065±0,03*	4,045±0,04*	3,98±0,027*

Примечание: * – различия достоверны относительно показателей у интактных животных ($P < 0,05$).

Заключение

С целью получения новых видов биоферментированных молочных продуктов с фруктовыми и растительными наполнителями, были разработаны рецептуры биоогурта, фитнесбиококтейля и био-напитка.

Научные исследования показали положительную динамику при употреблении полученных новых ферментированных биопродуктов. Медико-биологическое изучение биопродуктов на подопытных животных показало, что баланс кишечной микрофлоры сохраняется на оптимальном уровне.

Биопродукты, полученные по новым рецептурам, представляют интерес для дальнейших научных исследований, с целью внедрения их в производство.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Продукт.ВУ №16 (163), декабрь 2015 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://produkt.by/>. – Дата доступа 25.09.2016.
2. Тамим, А.Й. Йогурт и аналогичные кисломолочные продукты: научные основы и технологии /А.Й. Тамим, Р.К. Робинсон; под. науч. ред. Л.А. Забодаловой; пер. с англ. – СПб: Профессия, 2003. – 664 с.
3. Лактофлора и колонизационная резистентность / А.А. Ленцнер [и др.] // Антибиотики и медицинские биотехнологии, 1987. – Т. 32. – № 3. – С. 173 – 179.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 04.10.2016

УДК 665.347.8

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КИСЛОТНОГО ЧИСЛА СЫРЫХ И НЕРАФИНИРОВАННЫХ ПОДСОЛНЕЧНЫХ МАСЕЛ ПРИ ХРАНЕНИИ И ОБОСНОВАНИЕ РЕЖИМОВ РЕГЕНЕРАЦИИ

Ф.Я. Рудик,

*профессор Саратовского государственного аграрного университета им. Н.И. Вавилова,
докт. техн. наук, профессор (Российская Федерация)*

М.С. Тулиева,

*аспирант Западно-Казахстанского аграрно-технического университета
им. Жангир хана (г. Уральск, Республика Казахстан)*

Актуальность статьи обуславливается исследованием вопроса, связанного с повышением качества очистки нерафинированных подсолнечных масел. Изложена информация о факторах, приводящих к процессу порчи масла при хранении. Описана эффективность использования адсорбционно-ультразвуковой установки. Исследованы закономерности распределения акустических ультразвуковых колебаний в жидких средах, при этом установлено, что вследствие того, что показатели амплитуды звуковой скорости частиц значительно меньше, чем скорость звуковой волны, интенсивность ультразвуковых волн на разных площадках объема различна и несет затухающий характер в периферийных зонах. На основании проведенного исследования, в целях обеспечения в маслах рационального содержания свободных жирных кислот, авторами предлагаются конкретные технологические мероприятия.

Ключевые слова: перекисное число, кислотное число, нерафинированное подсолнечное масло, очистка масла.

Relevance of this article is determined by the research related to the issue of improving the quality of defecation of unrefined sunflower oil. This article provides information on the factors causing the deterioration process of oil in storage. Described efficiency of using adsorptive-ultrasonic device. Investigated common factors of ultrasonic-acoustic vibrations in liquid media, and established that due to the fact that the amplitude of the sound performance of the particle velocity is significantly less than the speed of sound wave, intensity ultrasonic waves at different sites are dissimilar and damped in the peripheral zones. As based on the study, in order to ensure a refined sunflower oil rational content of free fatty acids authors offer specific technological measures.

Keywords: peroxide value, acidic value, crude sunflower oil, oil purification.

Введение

Пищевые жиры используются человечеством с давних времен. С тех пор эволюция развития сырья,

технологий и технических средств для производства жиров претерпевала значительные изменения в соответствии с потребностями человека. Причиной активного использования жиров стали их уникальные

свойства, имеющие большое значение в качестве функциональных ингредиентов в пищевых продуктах. Простота извлечения жиров из сырья животного и растительного происхождения стала следующим фактором предпочтительности этого продукта, и уже в последующем потребители жиров поняли их особо важное значение в физиологическом обеспечении организма человека углеводами, белками и жирами, являющимися основными поставщиками энергии. Жиры обладают и такими достоинствами, как достаточно высокое содержание незаменимых кислот, поступающих в организм человека только извне и являющихся носителями вкуса и аромата [1, 2].

Цель данной работы – повышение эффективности очистки сырых и нерафинированных подсолнечных масел от первичных и вторичных продуктов окисления интенсификацией процесса системой виброакустических движущих сил.

Основная часть

Исследованиями процесса порчи нерафинированного подсолнечного масла [3] установлены пороговые значения показателей состояния масла:

- кислотного числа, характеризующего степень свежести масла, дающего возможность следить за процессом его порчи при хранении;
- перекисного числа, отражающего степень окисления масла, обусловленного накоплением гидроокислов и гидропероксидов, свидетельствующего об окончании индукционного периода радикальной реакции и начальной стадии порчи;
- цветного числа, характеризующего содержание в масле таких пигментов, как каротиноиды или хлорофилл, сдерживающих процесс автоокисления;
- анизидинового числа, свидетельствующего об образовании в масле α - и β - ненасыщенных альдегидов и обуславливающего меру содержания вторичных продуктов окисления, что воздействует на процесс его порчи в период хранения;

– суммарного числа продуктов окисления, дающего общую картину содержания первичных продуктов окисления, нерастворимых в петролейном эфире.

С целью повышения эффективности очистки нерафинированного подсолнечного масла использовалась адсорбционно-ультразвуковая установка [4]. В качестве сорбента была использована опоко-доломитная смесь, обладающая высокой активностью, низкой маслосемкостью и химической индифферентностью по отношению к маслу. Для интенсификации процесса адсорбции и улучшения качества очистки использовались упругие механические колебания высокой

частоты в обрабатываемой среде. Высокая результативность обработки ультразвуком наблюдается у поверхности раздела двух фаз, где активируется процесс диспергирования твердых включений в жидкой фазе и эмульгирование жировых включений [5, 6].

В процессе очистки масла в месте соприкосновения жидкости и выносимого вещества образуются кумулятивные акустические течения. Схема течений вблизи плоской и цилиндрической границ сопровождается омыванием диспергированного объекта с последующим направленным выносом измельченных веществ из приграничной зоны в слой адсорбента.

Данные анализа процесса окисления и порчи масла в период его хранения и после очистки разработанным способом представлены на рис. 1.

Наличие в достаточном количестве в сырых и нерафинированных подсолнечных маслах свободных жирных кислот ведет сразу после производства масла (рис. 1а) к инициированию цепной свободно-радикальной реакции с образованием свободного радикала R_i



В данном случае наличие свободных жирных кислот ускоряет процесс катализации окисления с образованием гидроокисей гидроперекисей и гидропероксидов [7]. Все они, являясь высокоактивными и неустойчивыми соединениями, распадаясь, превращаются в свободные радикалы.

Фактор внутреннего окислительного процесса свободных жирных кислот усугубляется при хранении и протекании вторичных реакций, образующих спирты, кетоны, альдегиды, эфиры, эпоксисоединения, оксикислоты, кетозфиры и другие вещества. Этим обстоятельством обуславливается на начальный период производства сырых и нерафинированных подсолнечных масел вначале незначительный рост кислотного числа от 1,25 к 1,62 мг КОН/г ко второму месяцу хранения. Уже даже это ведет к снижению пищевой ценности масла и его переходу из категории

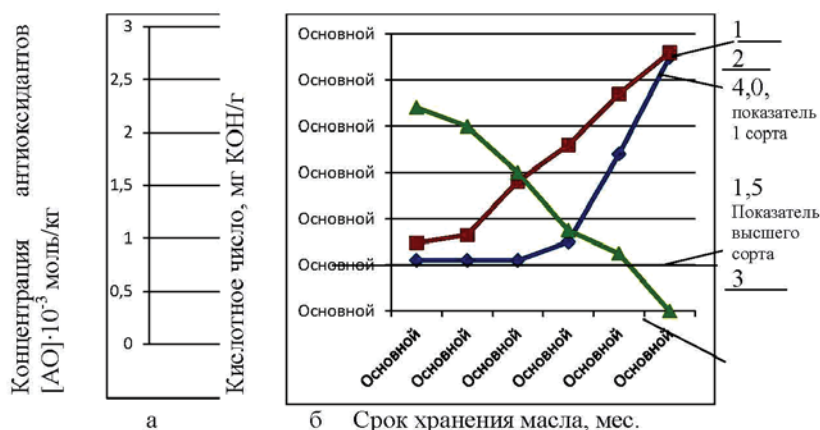


Рисунок 1. Показатели кислотного числа масла после производства (а) и хранения в течение 6 месяцев (б): 1 - 2 после очистки; 3 - концентрация антиоксидантов в период хранения

высшего сорта к первому. Дальнейшее повышение интенсивности окисления объясняется разветвлением цепной свободно-радикальной реакции и присоединением свободного радикала к молекулярному кислороду, протекающее по схеме:



Наличие в свободных жирных кислотах протона гидроксильной группы и координационно-насыщенного карбонильного атома кислорода, входящих в электронодонорный атом кислорода с двойной связью с фосфатидами примесей при атоме кислорода и аминогруппы, ведут к снижению действия антиоксидантов [8].

Интенсивность окисления к 3 месяцам хранения достигает 52,6 % и уже к четырехмесячному хранения находится на рубеже выхода из показателей 1 сорта масла, после чего его употребление в пищевых целях (ГОСТ Р 52463-2005) не допускается.

Аналогично повышению кислотного числа при хранении снижается концентрация антиоксидантов, призванных препятствовать окислительному процессу (рис. 1б, кривая 3). Если на момент производства масла окислительная стойкость свободных жирных кислот была на достаточном для высшего сорта уровне, составляющем $2,21[AO] \cdot 10^{-3}$ моль/кг, и интенсивность снижения в период инициирования свободно-радикальной реакции не превышала к двухмесячному сроку хранения 6 %, то уже к третьему месяцу концентрация антиоксидантов снизилась до $1,52[AO] \cdot 10^{-3}$ моль/кг. Это находится на уровне 32 % и говорит об активизации процесса окисления в условиях разветвления цепной свободно-радикальной реакции.

В дальнейшем, по мере повышения срока хранения, концентрация антиоксидантов к четырем месяцам снижается на 62 %, а к пяти – на 96 % и к шести месяцам доходит до нулевого состояния.

Таким образом, исходя из данных графика, следует, что с повышением срока хранения нерафинированные подсолнечные масла подвергаются интенсивному окислению и после четырехмесячного хранения они выходят за пределы 1 сорта и в соответствии с требованиями, установленными ГОСТом [9], могут быть использованы только в технических целях.

При очистке масла в разработанной установке возможно снижение кислотного числа с максимально достигнутого при хранении уровня 5,5 мг КОН/г (рис. 1, показ. 2) до уровня 1,5 мг КОН/г.

Однако исходя из того, что по мере окисления масла в период его хранения жирнокислотный состав, зависящий от содержания в них триглицеридов разной степени ненасыщенности, теряет свои массовые доли, они утрачиваются и выходят за установленные [10] пределы, то регенерацию сырых и нерафинированных подсолнечных масел

необходимо производить после 2,5-3 месяцев хранения (табл. 1).

**Таблица 1. Жирнокислотный состав
масла**

Наименование ненасыщенных жирных кислот	Массовая доля	
	Высокоолеиновая	Низкоолеиновая
Маристиновая	-	До 0,2
Пальмитиновая	4,2-4,6	5,6-7,6
Пальмитониновая	-	До 0,3
Стеариновая	4,1-4,8	2,7-6,3
Олеиновая	51,0-69,8	14,0-39,4
Линолевая	21,9-28,0	50,0-75,0
Линоленовая	-	до 0,2

Заключение

Все указанные жирные кислоты легко окисляются, и интенсивность процесса окисления зависит от степени ненасыщенности. В этой связи, с целью обеспечения в сырых и нерафинированных подсолнечных маслах рационального содержания свободных жирных кислот, обеспечивающих пищевую и функциональную ценность продукта с позиции показателя кислотного числа, необходимы следующие технологические мероприятия:

1. Более качественная очистка масел от первичных и вторичных продуктов окисления в процессе его производства по схеме, представленной на рис. 2.

Это позволит продлить действие антиоксидантных свойств жирных кислот и снизить интенсивность свободно-радикальной цепной реакции.



Рисунок 2. Схема очистки нерафинированного масла от первичных и вторичных продуктов окисления

2. Для обеспечения сохранности свободных жирных кислот, обладающих свойствами незаменимых, а также высокой пищевой и функциональной ценностью и являющихся природными антиоксидантами, очистку масла при хранении необходимо осуществлять после 2,5-3 месяцев хранения, что позволит сохранить их концентрацию на уровне $1,5-2,0 [AO] \cdot 10^{-3}$ моль/кг.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рудик, Ф.Я. Приоритетные направления развития пищевой индустрии и производства растительных масел / Ф. Я. Рудик, Н. Я. Моргунова, М. С. Тулиева // Вестник Саратовского гос. аграрного ун-та им. Н. И. Вавилова. – 2014. – № 1. – С. 87–89.

2. Рудик, Ф. Я. Продуктовая ценность растительных масел / Ф. Я. Рудик, М. С. Тулиева // Технологии продуктов здорового питания: материалы XI Междунар. науч.-практ. конф. / Саратовский ГАУ. – Саратов, 2012. – С. 160–162.

3. Исследование процесса порчи нерафинированного подсолнечного масла при хранении / Ф. Я. Рудик [и др.] // Матер. Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 80-летию профессора Кобы В. Г. – Саратов: Саратовский госагроуниверситет им. Н. И. Вавилова, 2011. – С. 173–176.

4. Способ очистки фритюрного жира: патент 2473674РФ, МПК С11В3/00, С11В3/10. / Ф. Я. Рудик, С. А. Богатырев, И. В. Симакова, Л. Ю. Скрыбина, М. С. Тулиева; заявитель ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ». – № 2011131328/13; заявл. 26.07.2011; опубл. 27.01.2013. – Бюл. № 3.

5. Интенсификация процесса очистки растительных масел от первичных продуктов окисления в ультразвуковом поле / Ф. Я. Рудик [и др.] // Научное обозрение. – 2011. – № 5. – С. 15–18.

6. Регенерация нерафинированного подсолнечного масла при хранении / Ф. Я. Рудик [и др.] // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2011. – №12. – С. 22–23.

7. Кадонич, Ж. В. Растительные масла: свойства и методы контроля качества / Ж. В. Кадонич, И. О. Деликатная, Е. А. Цветкова // Потребительская кооперация. – 2010. – № 4. – С. 78–84.

8. Прокофьев, В. Ю. Физико-химические процессы, протекающие при введении каолиновых глин в растительные масла / В. Б. Прокофьев, П. Б. Разговоров // Химия растительного сырья. – 2010. – № 2. – С. 159–164.

9. Масло подсолнечное. Технические условия: ГОСТ 1129 – 2013. – М.: Стандартинформ, 2014. – 16 с.

10 Жиры. Химический состав и экспертиза качества / О. Б. Рудаков [и др.]. – М., 2005. – 312 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 02.11.2016

Радиоволновой влагомер зерна

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

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



Основные технические данные

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

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

УДК 621.313.33:004

РАСЧЕТ СТАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ В ДВИГАТЕЛЬНОМ И ГЕНЕРАТОРНОМ РЕЖИМАХ ПРИ ЧАСТОТНОМ РЕГУЛИРОВАНИИ СКОРОСТИ И СТАБИЛИЗАЦИИ ПОТОКА ВОЗБУЖДЕНИЯ СТАТОРА

М.А. Прищепов,

проректор по научной работе – директор НИИМЭСХ БГАТУ, докт. техн. наук, доцент

Д.М. Иванов,

аспирант, каф. электрооборудования сельскохозяйственных предприятий БГАТУ

Е.М. Прищепова,

ст. преподаватель каф. электрооборудования сельскохозяйственных предприятий БГАТУ

В статье рассмотрены вопросы, касающиеся частотно-регулируемого асинхронного электропривода. Дано определение основных законов регулирования и проведено сравнение искусственных механических и электромеханических характеристик электродвигателей при стабилизации потока возбуждения статора.

Ключевые слова: асинхронный двигатель, частотно-регулируемый электропривод, искусственные характеристики, стабилизация потока возбуждения, алгоритм расчета.

The article deals with the questions relating to variable-frequency electric drive. The definition of the basic control laws is given; a comparison of artificial mechanical and electromechanical characteristics of the motors with the stabilization of the flow of excitation of the stator is carried out.

Keywords: induction motor, variable frequency drives, artificial characteristics, stabilization of the flow excitation, the calculation algorithm.

Введение

За последние два десятилетия регулируемый асинхронный электропривод существенно продвинулся в своем развитии, что позволило практически полностью вытеснить из многих технологических процессов привод постоянного тока. Это в значительной степени связано с последними достижениями в области силовой электроники и микропроцессорной техники, на основе которых разработаны статические преобразователи частоты, обеспечивающие частотное управление асинхронными двигателями (АД) с короткозамкнутым ротором с высокими энергетическими и динамическими показателями в сравнении с другими приводами и способами управления. Высокая скорость коммутации силовых транзисторов и скорость обработки информации современными микропроцессорами позволили разработать современные алгоритмы управления системой «преобразователь частоты – асинхронный двигатель».

Основная часть

Частотный метод регулирования угловой скорости АД является наиболее широко используемым. Принцип частотного метода регулирования скорости АД заключается в том, что изменяя частоту f_1 питающего напряжения U_1 при неизменном числе пар полюсов p , можно

изменять синхронную угловую скорость магнитного поля статора ω_0 в соответствии с выражением:

$$\omega_0 = \frac{2 \cdot \pi \cdot f_1}{p}. \quad (1)$$

Таким образом, изменяя частоту f_1 питающего напряжения U_1 , можно получить семейство искусственных механических характеристик АД. При этом следует учесть, что с изменением частоты f_1 питающего напряжения U_1 изменяется и величина потока возбуждения Φ_1 АД, пропорционально отношению питающего напряжения U_1 к его частоте f_1 , т.е. $\Phi_1 \propto U_1/f_1$. Поэтому для получения высоких энергетических показателей электропривода (ЭП) одновременно с изменением частоты f_1 питающего напряжения U_1 нужно регулировать и его величину, причем регулирование величины напряжения U_1 следует производить таким образом, чтобы абсолютное скольжение АД на искусственной механической характеристике было близким к номинальному абсолютному скольжению на естественной характеристике. Для обеспечения этого условия при разработке ЭП необходимо согласовывать искусственные механические характеристики АД с его нагрузкой, т.е. с механическими характеристиками производственных механизмов.

По характеру зависимости статического момента M_c на рабочем валу механизма от его угловой скорости $M_c=f(\omega)$ можно выделить следующие основные группы механических характеристик производственных механизмов:

- не зависящие от угловой скорости механические характеристики;
- нелинейно-спадающие механические характеристики или работающие с постоянной мощностью;
- нелинейно-возрастающие механические характеристики или вентиляторные нагрузки.

Все эти группы зависимостей статического момента с определенным приближением можно описать формулой:

$$M_c = M_H \cdot \left(\frac{\omega_1}{\omega_{1H}} \right)^x \approx M_H \cdot \left(\frac{f_1}{f_{1H}} \right)^x, \quad (2)$$

где ω_1, f_1 – угловая скорость на рабочем валу механизма и соответствующая ей частота питающего напряжения статора АД, рад/с, Гц;

ω_{1H}, f_{1H} – номинальная угловая скорость на рабочем валу механизма и соответствующая ей номинальная частота питающего напряжения статора АД, рад/с, Гц;

M_H – номинальный момент на рабочем валу механизма при номинальной угловой скорости, Н·м.

Соответственно, при значениях показателя степени $x=0, x=-1, x=2$, подставив эту формулу в известную зависимость академика М.П. Костенко, т.е. зависимость управления напряжением в функции его частоты и момента нагрузки:

$$\frac{U_1}{U_{1H}} = \frac{f_1}{f_{1H}} \sqrt{\frac{M_c}{M_H}}, \quad (3)$$

где U_{1H} – номинальное напряжение питания статора, В; можно сформулировать зависимости управления электромагнитным моментом двигателей в частотно-регулируемых асинхронных ЭП для соответствующих групп механических характеристик. Например, при постоянном статическом моменте нагрузки (для $x=0$) управление напряжением U_1 статора АД и частотой f_1 должно осуществляться по закону:

$$\frac{U_1}{f_1} = \frac{U_{1H}}{f_{1H}} = const. \quad (4)$$

При нелинейно-спадающей нагрузке (для $x=-1$) – закон управления напряжением U_1 и частотой f_1 принимает вид:

$$\frac{U_1}{\sqrt{f_1}} = \frac{U_{1H}}{\sqrt{f_{1H}}} = const. \quad (5)$$

При вентиляторной нагрузке (для $x=2$) напряжение U_1 и частота f_1 должны изменяться в соответствии

с зависимостью:

$$\frac{U_1}{f_1^2} = \frac{U_{1H}}{f_{1H}^2} = const. \quad (6)$$

Полученные зависимости указывают на то, как надо изменять напряжение, если АД будет работать не при номинальной частоте f_{1H} , а при новом, пониженном ее значении f_1 с учетом свойства нагрузки. Если нагрузка с уменьшением частоты также уменьшается из-за сопутствующего почти пропорционально частоте уменьшения угловой скорости, то нет смысла сохранять поток двигателя на том же уровне. Его можно уменьшить настолько, чтобы только сохранить имевшийся запас статической устойчивости.

Все полученные выше зависимости справедливы для идеализированного двигателя, в котором сделаны следующие основные допущения:

- активное сопротивление обмотки статора равно нулю;
- магнитная система АД не насыщена;
- отсутствуют потери в стали магнитной системы АД.

Далее рассмотрим влияние сделанных допущений на механические и электромеханические характеристики АД. Для этого возьмем двигатель серии АИР с техническими характеристиками, приведенными в табл.1, и построим для него искусственные механические и электромеханические характеристики, в двигательном и генераторном режимах при регулировании по закону $U/f=const$ и значениях частоты напряжения обмотки статора 50,25,10,5 Гц (рис. 1...рис. 3).

Механическая характеристика $M=f(\omega)$ АД при переменных значениях величины и частоты напряжения питания определяется выражением [2]:

$$M = \frac{3 \cdot U_1 \cdot r'_2}{\omega_0 \cdot s \cdot \left[x_k^2 \cdot a^2 + \left(r_1 + \frac{r'_2}{s} \right)^2 + \left(\frac{r_1 \cdot r'_2}{s \cdot x_\mu \cdot a^2} \right)^2 \right]}, \quad (7)$$

где U_1 – фазное напряжение питания обмоток статора асинхронного двигателя, В;

$a=f/f_{1H}$ – относительное значение частоты питающего напряжения;

r_1 – активное сопротивление обмотки статора, Ом;

r'_2 – активное сопротивление обмотки ротора, приведенное к обмотке статора, Ом;

x_k – индуктивное сопротивление короткого замыкания, Ом;

x_μ – индуктивное сопротивление ветви намагничивания, Ом;

s – скольжение АД, о.е.

Электромеханическая характеристика тока ротора, приведенного к обмотке статора АД $I'_2=f(\omega)$, рас-

Таблица 1. Технические характеристики электродвигателя [1]

Тип	P, кВт	$n_H, \text{мин}^{-1}$	КПД, %	$\cos \varphi$	$\lambda_i = \frac{I_\Pi}{I_H}$	$\lambda_n = \frac{M_\Pi}{M_H}$	$\lambda_{MAX} = \frac{M_K}{M_H}$	$\lambda_{MIN} = \frac{M_{MIN}}{M_H}$
АИР160S2	15	2930	88,7	0,89	7,0	2,1	3,0	2,0

считывается в соответствии с выражением:

$$I'_2 = \frac{U_1}{\sqrt{\left(r'_1 + \frac{r'_2}{s}\right)^2 + x_k^2 \cdot a^2 + \left(\frac{r'_1 \cdot r'_2}{s \cdot x_\mu \cdot a^2}\right)^2}}, \quad (8)$$

а электромеханическая характеристика тока статора АД $I_1=f(\omega)$ в соответствии с выражением:

$$I_1 = \sqrt{I_0^2 + (I'_2)^2 + 2 \cdot I_0 \cdot I'_2 \cdot \sin \phi_2}, \quad (9)$$

где $I_0 = \frac{U_1}{\sqrt{r_1^2 + (x_1 + x_\mu)^2 \cdot a^2}}$ – ток холостого хода, А;

$$\sin \phi_2 = \frac{x_k \cdot a}{\sqrt{\left(r'_1 + \frac{r'_2}{s}\right)^2 + x_k^2 \cdot a^2}} \text{ – синус угла между}$$

вектором напряжения питания статора $\vec{U}_1$ и вектором тока ротора $\vec{I}'_2$, рад; (11)

Анализ полученных механических характеристик АД (рис.1) показывает, что максимальный или критический момент в генераторном режиме больше, чем в двигательном при одной и той же частоте f_1 напряжения питания U_1 статора, и в противоположность двигательному режиму возрастает с понижением частоты f_1 и напряжения U_1 статора АД. Это явление обусловлено возрастающей ролью активного сопротивления статора. При относительной частоте напряжения питания статора $a=1\dots 0,5$ двигатель работает в условиях, близких к номинальным, т.е. поток возбуждения практически остается неизменным в силу незначительных относительных потерь в стато-

ре. При дальнейшем уменьшении a происходит ощутимое снижение потока возбуждения, обусловленное значительными относительными потерями в активном сопротивлении статора, так как ток статора $I_1 \equiv M_c = const$. Соответственно, при таком снижении частоты f_1 и величины напряжения U_1 статора в двигательном режиме значительно снижается развиваемый критический момент на валу двигателя, а в генераторном режиме при преобразовании механической энергии в электрическую с рекуперацией ее в сеть, он значительно возрастает, тем самым покрывая относительно возрастающие потери в статоре АД. В итоге это снижает диапазон регулирования скорости АД.

Анализ электромеханических характеристик АД $I_1=f(\omega)$ и $I'_2=f(\omega)$ (рис. 2, 3), полученных уменьшением частоты и величины напряжения статора при соотношении $U/f=const$, показывает, что при этом значительно снижаются токи I_1 и I'_2 , а соответственно и допустимый диапазон нагрузок. Для устранения указанного недостатка (расширения диапазона регулирования скорости АД) необходимо использовать замкнутые системы управления с различными сигналами обратной связи. Такими сигналами могут быть ток и ЭДС статора, магнитный поток АД, частота вращения ротора или его абсолютное скольжение. Наиболее доступным сигналом для частотного управления является ток статора, и, как правило, он и используется в большинстве приводов широкого применения. При постоянном значении напряжения статора механические характеристики АД существенно нелинейны, так как изменение нагрузки на валу двигателя вызывает изменение токов ротора и статора и связанных с ними магнитных потоков, создающих электромагнитный момент АД. Однако осуществляя питание двигателя от регулируемого источника напряжения U_1 можно стабилизировать или регулировать тот или иной магнитный поток АД.

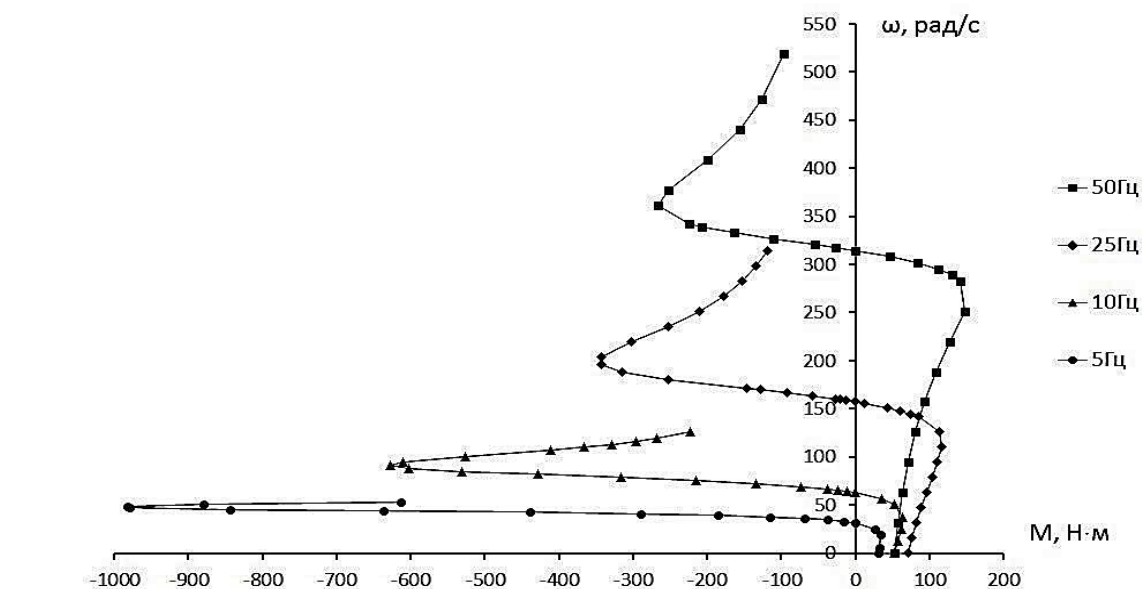


Рисунок 1. Искусственные механические характеристики $M=f(\omega)$, при различных частотах питающего напряжения статора и законе регулирования $U/f=const$ для двигателя АИР160S2

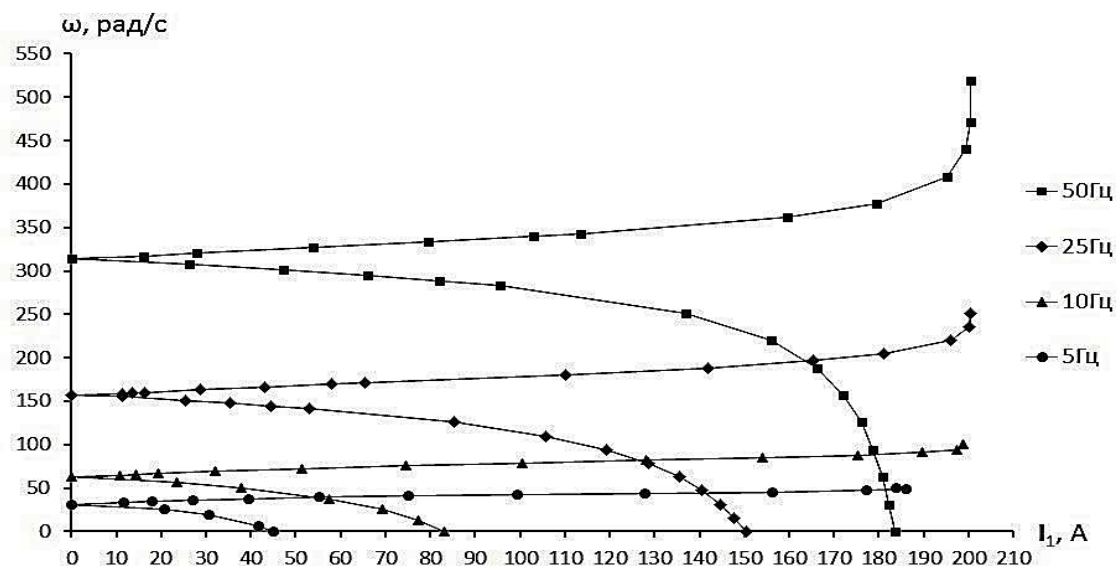


Рисунок 2. Искусственные электромеханические характеристики $I_1=f(\omega)$, при различных частотах питающего напряжения статора и законе регулирования $U/f=\text{const}$ для двигателя АИР160S2

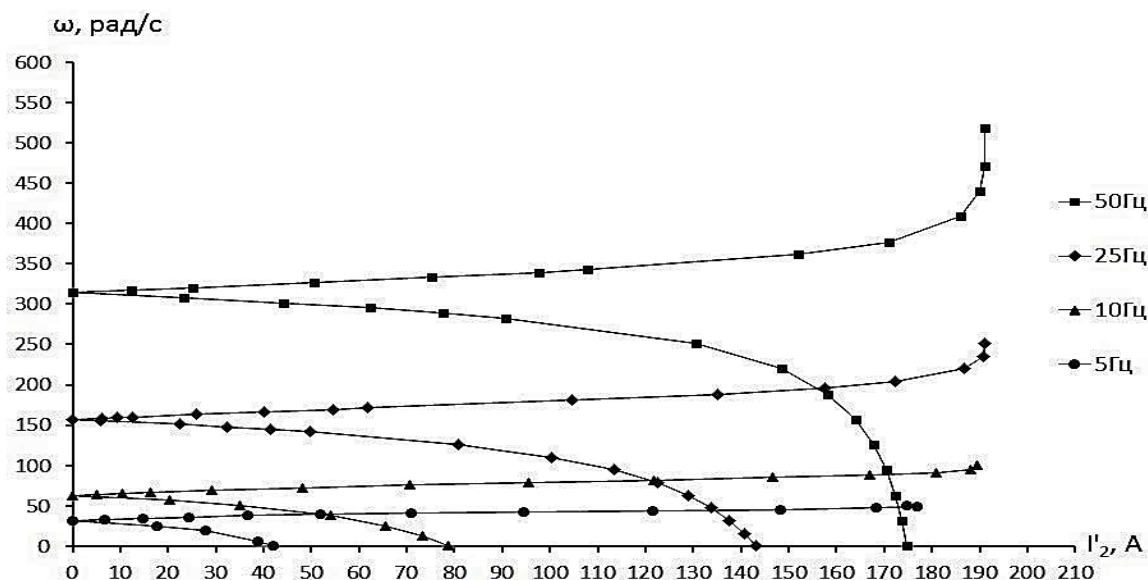


Рисунок 3. Искусственные электромеханические характеристики $I'_2=f(\omega)$, при различных частотах питающего напряжения статора и законе регулирования $U/f=\text{const}$ для двигателя АИР160S2

Для пояснения изложенного выше запишем общеизвестные комплексно-векторные уравнения статора и ротора АД в статическом режиме и представим вектор потокосцепления через векторы основного потокосцепления и потокосцепления рассеяния:

$$\begin{aligned} \vec{U}_1 &= \vec{I}_1 \cdot r_1 + j\omega_1 \cdot \vec{\Psi}_1 = \vec{I}_1 \cdot r_1 + j\omega_1 \vec{\Psi}_{1\delta} + \\ &+ j\omega_1 \cdot \vec{\Psi}_m = \vec{I}_1 \cdot (r_1 + jx_1) + j\omega_1 \cdot \vec{\Psi}_m; \\ 0 &= \vec{I}'_2 \cdot r'_2 / s + j\omega_1 \cdot \vec{\Psi}_2 = \vec{I}'_2 \cdot r'_2 / s + \\ &+ j\omega_1 \vec{\Psi}_{2\delta} + j\omega_1 \cdot \vec{\Psi}_m = \vec{I}'_2 \cdot (r'_2 / s + jx'_2) + \\ &+ j\omega_1 \vec{\Psi}_m, \end{aligned} \quad (12)$$

где ω_1 – угловая скорость магнитного поля статора АД, рад/с;

$\vec{E}_1 = -\vec{E}_2 = j\omega_1 \cdot \vec{\Psi}_m$ – ЭДС взаимной индукции, создаваемая основным магнитным потоком, В;

$\vec{\Psi}_1$, $\vec{\Psi}_2$ и $\vec{\Psi}_m$ – векторы потокосцеплений, соответственно, статора, ротора и взаимной индукции, В·с;

Равные

$$\begin{aligned} \vec{\Psi}_1 &= \vec{\Psi}_m + \vec{\Psi}_{1\delta}, \\ \vec{\Psi}_2 &= \vec{\Psi}_m + \vec{\Psi}_{2\delta}, \end{aligned} \quad (13)$$

где $\vec{\Psi}_{1\delta}$, $\vec{\Psi}_{2\delta}$ – векторы потокосцеплений рассеяния статора и ротора, В·с;

На рис. 4 представлена эквивалентная Т-образная схема замещения АД, соответствующая этим уравнениям.

Из схемы замещения следуют следующие векторные равенства:

– ЭДС статора

$$\vec{E}_s = \vec{U}_1 - \vec{I}_1 \cdot r_1 = j\omega_1 \cdot \vec{\Psi}_1;$$

– ЭДС взаимоиנדукции

$$\vec{E}_1 = \vec{U}_1 - \vec{I}_1 \cdot (r_1 + jx_1) = j\omega_1 \cdot \vec{\Psi}_m; \quad (14)$$

– ЭДС ротора, приведенное к обмотке статора

$$\vec{E}'_2 \approx \vec{U}_1 - \vec{I}_1 \cdot (r_1 + j(x_1 + x'_2)) = j\omega_1 \cdot \vec{\Psi}_2.$$

Откуда, соответственно, модули потокоцеплений из векторных равенств равны:

$$\begin{aligned} |\vec{\Psi}_1| &= \frac{|\vec{E}_s|}{\omega_1} = \frac{|\vec{U}_1 - \vec{I}_1 \cdot r_1|}{\omega_1}; \\ |\vec{\Psi}_m| &= \frac{|\vec{E}_1|}{\omega_1} = \frac{|\vec{U}_1 - \vec{I}_1 \cdot (r_1 + jx_1)|}{\omega_1}; \\ |\vec{\Psi}_2| &= \frac{|\vec{E}'_2|}{\omega_1} \approx \frac{|\vec{U}_1 - \vec{I}_1 \cdot (r_1 + j(x_1 + x'_2))|}{\omega_1}, \end{aligned} \quad (15)$$

поэтому при изменении тока статора $\vec{I}_1$ для стабилизации потокоцеплений необходимо изменять напряжение статора $\vec{U}_1$.

Стабилизация потокоцепления статора $\vec{\Psi}_1$ осуществляется компенсацией влияния на электромагнитные процессы в АД падения напряжения на r_1 . Поэтому этот закон управления называют также IR – компенсацией. Реализовать эту компенсацию можно введением положительной обратной связи по току статора.

Тогда в выражения (7), (8), (10) и (11), приведенные выше, и вместо сопротивления статора r_1 необходимо подставить сопротивление $r_{1\text{ЭКВ}} = r_1 - k_{KM} \cdot r_1$ – эквивалентное активное сопротивление цепи обмотки

статора [2], где k_{KM} – коэффициент положительной обратной связи по току изменяется от 0 до 1. При этом указанные зависимости (7), (8), (10) и (11) для данного закона регулирования скорости с IR – компенсацией примут следующий вид:

– механическая характеристика $M=f(\omega)$ АД

$$M = \frac{3 \cdot U_1 \cdot r'_2}{\omega_0 \cdot s \cdot \left[x_K^2 \cdot a^2 + \left(r_{1\text{ЭКВ}} + \frac{r'_2}{s} \right)^2 + \left(\frac{r_{1\text{ЭКВ}} \cdot r'_2}{s \cdot x_\mu \cdot a^2} \right)^2 \right]}; \quad (16)$$

– электромеханическая характеристика $I'_2=f(\omega)$ для данного закона регулирования скорости

$$I'_2 = \frac{U_1}{\sqrt{\left(r_{1\text{ЭКВ}} + \frac{r'_2}{s} \right)^2 + x_K^2 \cdot a^2 + \left(\frac{r_{1\text{ЭКВ}} \cdot r'_2}{s \cdot x_\mu \cdot a^2} \right)^2}}; \quad (17)$$

– ток холостого хода АД

$$I_0 = \frac{U_1}{\sqrt{r_{1\text{ЭКВ}}^2 + (x_1 \cdot a + x_\mu \cdot a)^2}}; \quad (18)$$

– синус угла между вектором напряжения питания статора $\vec{U}_1$ и вектором тока ротора $\vec{I}'_2$

$$\sin \phi_2 = \frac{x_K \cdot a}{\sqrt{\left(r_{1\text{ЭКВ}} + \frac{r'_2}{s} \right)^2 + x_K^2 \cdot a^2}}. \quad (19)$$

Далее для двигателя АИР160S2 построим характеристики (рис. 5...рис. 7) при значениях частот напряжений обмотки статора 50,25 и 10 Гц и значениях коэффициента положительной обратной связи по току $k_{KM}=0$; $k_{KM}=0,5$; $k_{KM}=0,75$; $k_{KM}=1,0$ (при $k_{KM}=0$ – IR – компенсация отсутствует, при $k_{KM}=0,5$ и $k_{KM}=0,75$ – компенсация является неполной или частичной).

Анализируя полученные механические характеристики с IR – компенсацией можно сделать вывод,

что при этом значительно увеличивается критический момент АД в двигательном режиме, а также уменьшается разница между ними в двигательном и генераторном режимах, причем это проявляется в большей степени при возрастании k_{KM} , особенно при низких частотах питающего напряжения. Одновременно с этим возрастают и токи статора.

Для подтверждения правильности проведенных выше выводов проведем расчет механических и электромеханических характеристик при $\Psi_1=\text{const}$ по ме-

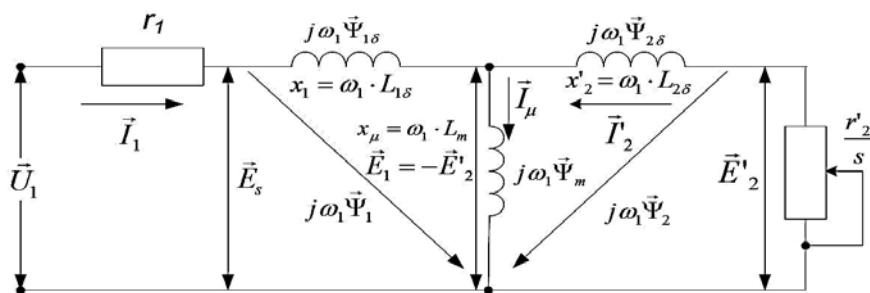


Рисунок 4. Эквивалентная Т-образная схема замещения АД:

где $x_1 = \omega_1 \cdot L_{1\delta}$ – индуктивное сопротивление рассеяния фазы статора, Ом; $x'_2 = \omega_1 \cdot L_{2\delta}$ – индуктивное сопротивление рассеяния фазы ротора, приведенное к обмотке статора, Ом; $x_\mu = \omega_1 \cdot L_m$ – индуктивное сопротивление ветви намагничивания, Ом; $L_{1\delta}$ – индуктивность рассеяния обмотки статора, Гн; $L_{2\delta}$ – индуктивность рассеяния обмотки ротора, Гн; L_m – индуктивность ветви намагничивания, Гн.

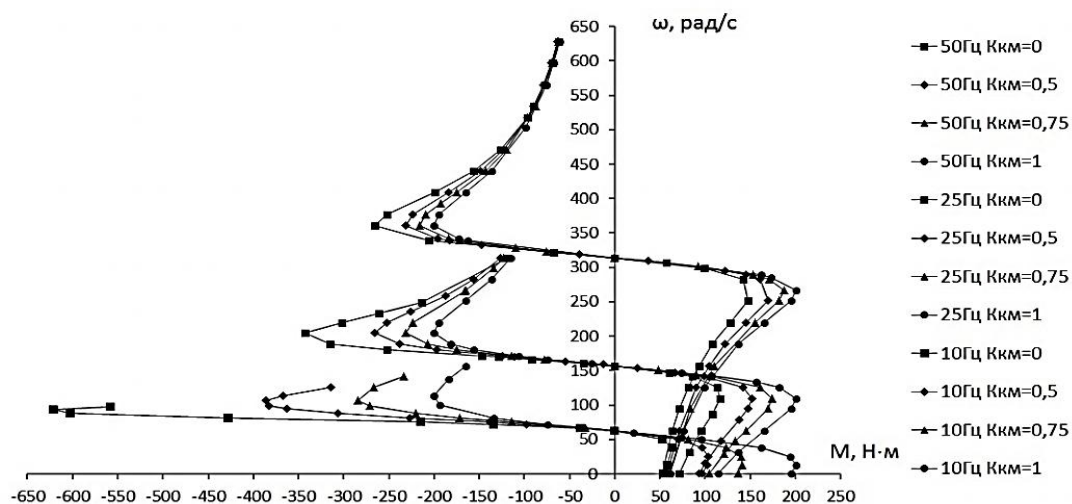


Рисунок 5. Искусственные механические характеристики $M=f(\omega)$ с ИР –компенсацией, при различных частотах питающего напряжения статора для двигателя АИР160S2

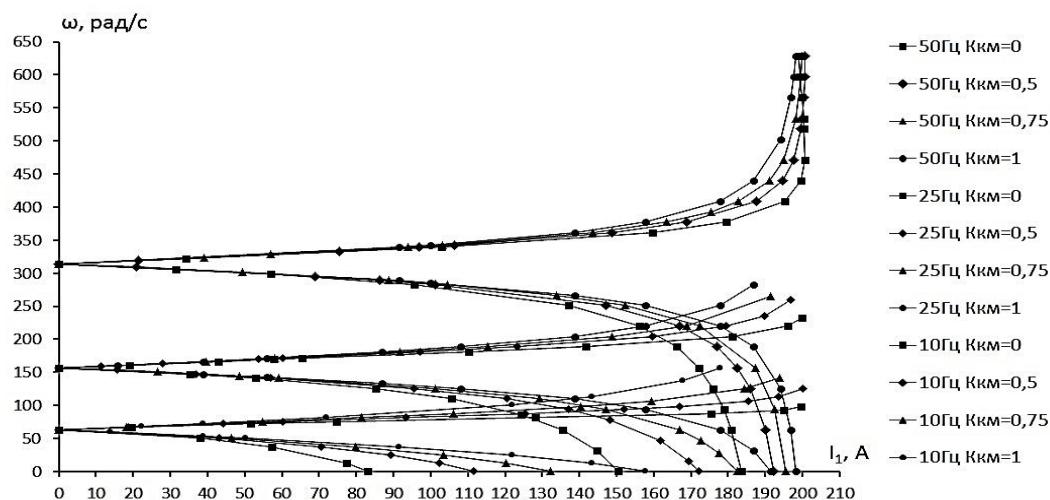


Рисунок 6. Искусственные электромеханические характеристики $I_1=f(\omega)$ с ИР –компенсацией, при различных частотах питающего напряжения статора для двигателя АИР160S2

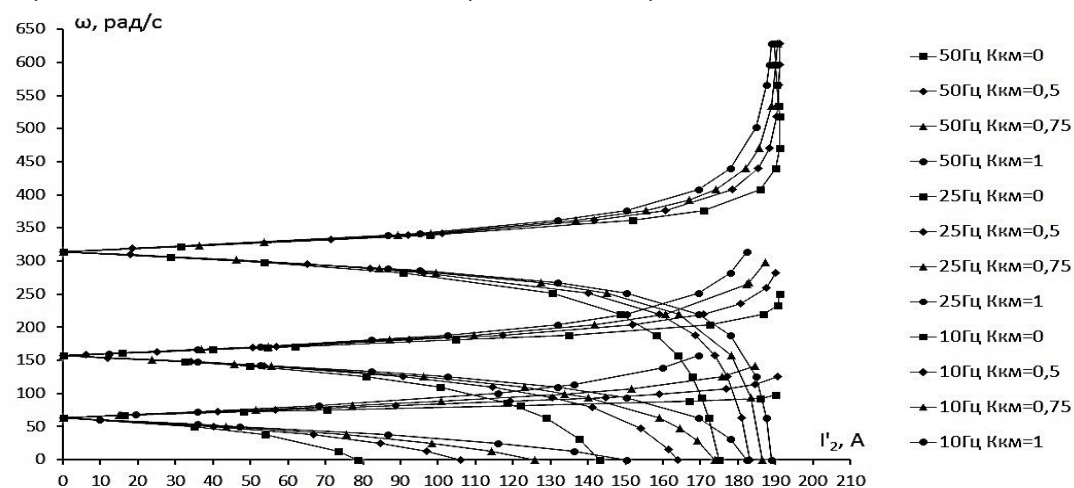
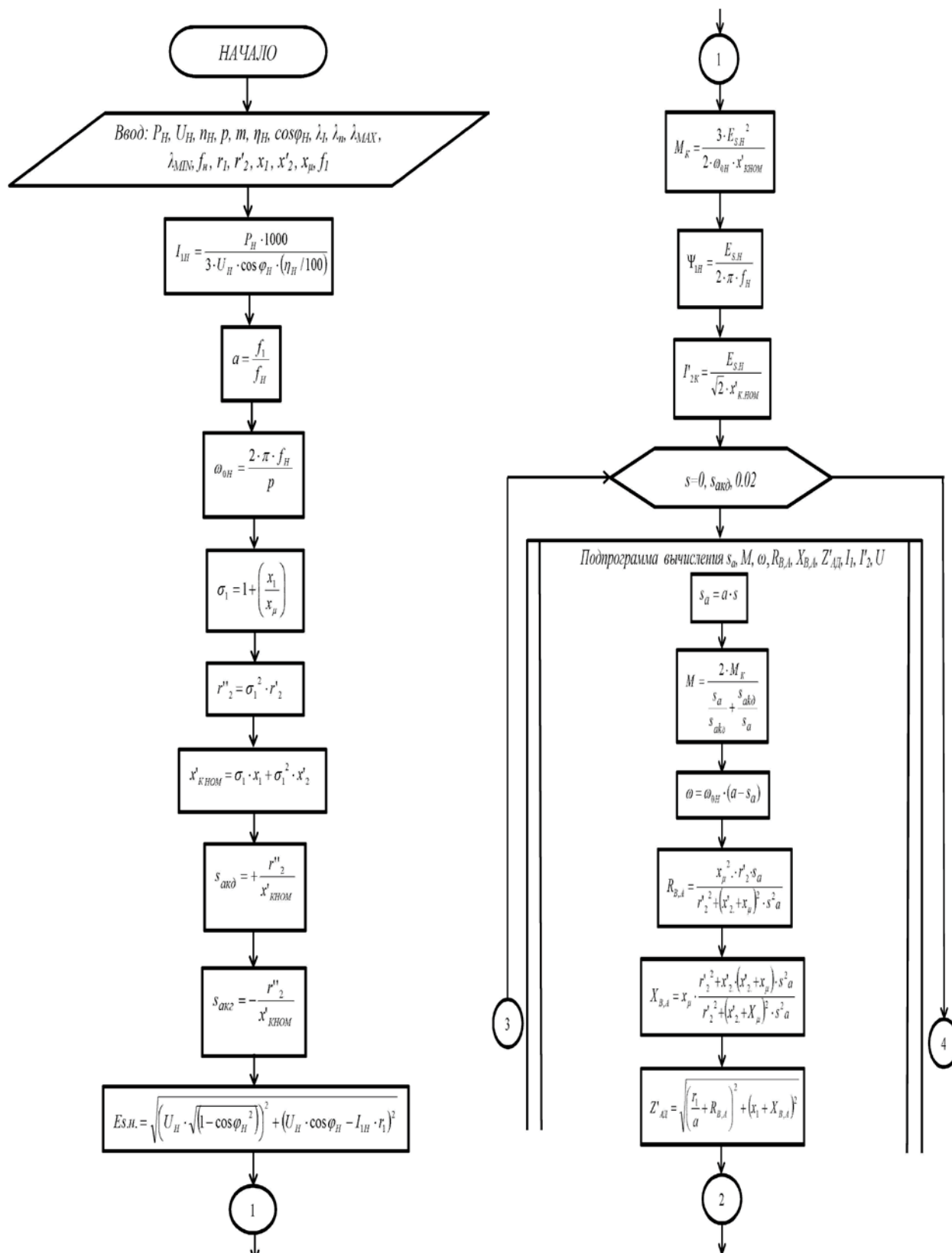


Рисунок 7. Искусственные электромеханические характеристики $I'_2=f(\omega)$ с ИР –компенсацией, при различных частотах питающего напряжения статора для двигателя АИР160S2

тодике, изложенной в работе [3], алгоритм которой представлен на рис. 8. При этом параметры схемы

замещения АД были рассчитаны по методике, приведенной в статьях [4] и [5].



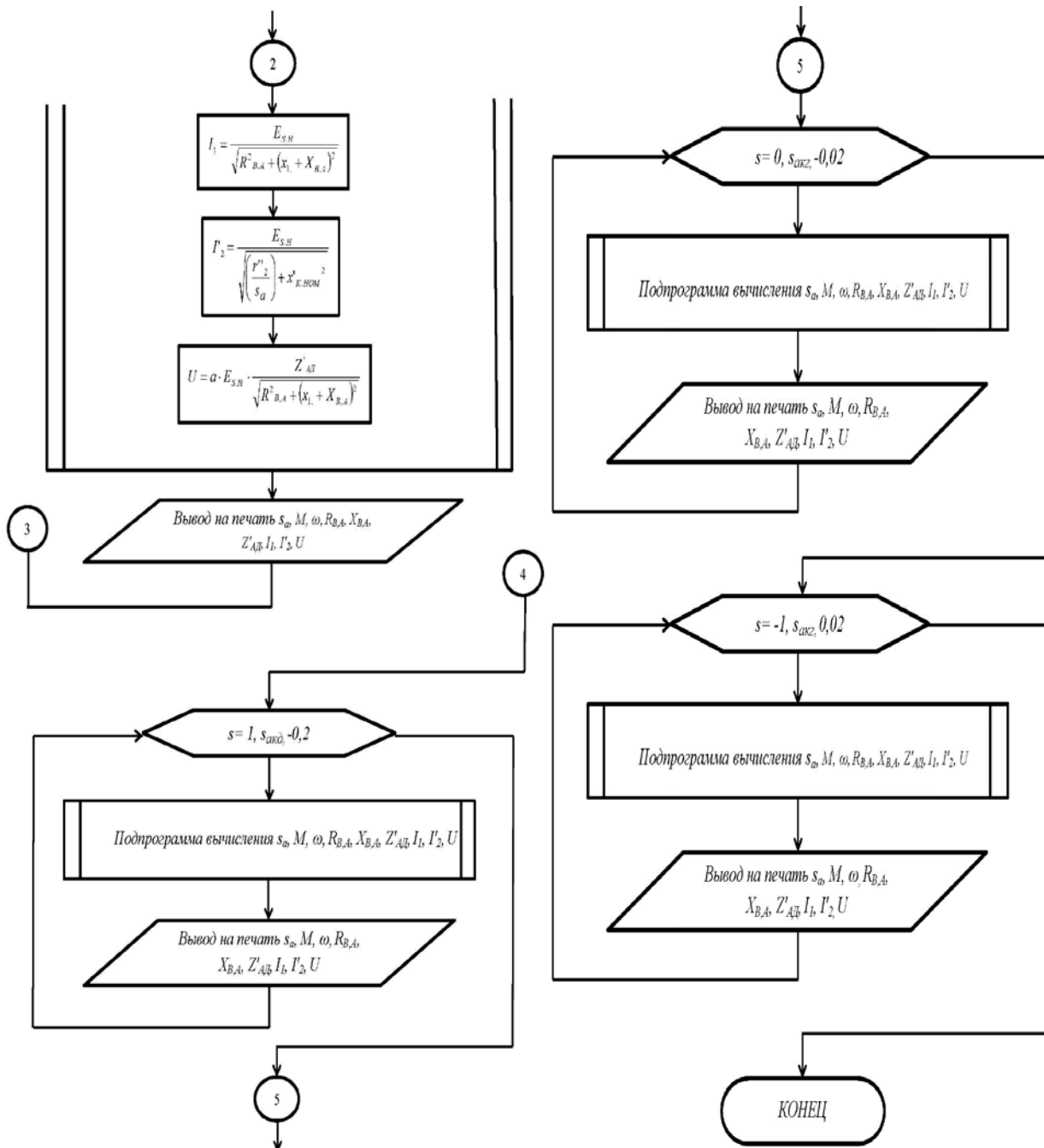


Рисунок 8. Алгоритм расчета механических и электромеханических характеристик АД при частотном регулировании для $\Psi_1 = \text{const}$ по методике [3]

где P_H – номинальная мощность двигателя, кВт;
 U_H – номинальное напряжение питания статора АД (фазное), В;
 n_H – номинальная частота вращения ротора АД, об/мин;
 $\cos \varphi_H$ – номинальный коэффициент мощности двигателя, о.е.;
 η_H – номинальный коэффициент полезного действия двигателя, %;
 λ_{MAX} – кратность максимального момента к номинальному, о.е.;

λ_H – кратность пускового момента к номинальному, о.е.;
 λ_i – кратность пускового тока к номинальному, о.е.;
 λ_{MIN} – кратность минимального момента к номинальному, о.е.;
 f_H – номинальная частота переменного тока питающей сети, 50Гц;
 r_1 – активное сопротивление обмотки статора, Ом;
 r_2' – активное сопротивление обмотки ротора, приведенное к обмотке статора, Ом;

x_l – индуктивное сопротивление рассеяния фазы статора, Ом;

x'_2 – индуктивное сопротивление рассеяния фазы ротора, приведенное к обмотке статора, Ом;

x_u – индуктивное сопротивление ветви намагничивания, Ом;

f_1 – текущая частота переменного тока питающей сети, Гц;

I_{1H} – номинальный фазный ток статора, А;

α – относительная частота питающего напряжения, о.е.;

ω_{0H} – синхронная угловая скорость магнитного поля статора АД при номинальной частоте переменного тока питающей сети, c^{-1} ;

σ_l – коэффициент приведения параметров Т-образной схемы замещения к Г-образной;

r''_2 – активное сопротивление обмотки ротора, приведенное к обмотке статора, для Г-образной схемы замещения, Ом;

$x'_{KНОМ}$ – индуктивное номинальное сопротивление обмоток статора и ротора АД при номинальной частоте питающего напряжения для режима короткого замыкания (при неподвижном роторе), Ом;

$s_{акд}$ – абсолютное критическое скольжение в двигательном режиме;

$s_{акг}$ – абсолютное критическое скольжение в генераторном режиме;

$E_{сн}$ – действующее значение номинальной ЭДС статора, В;

M_K – критический момент двигателя, Н·м;

Ψ_{1H} – номинальное потокоцепление статора (действующее значение), В·с;

I'_{2K} – ток ротора, соответствующий абсолютному критическому скольжению, А;

M – расчетный момент искусственной механической характеристики АД, Н·м;

ω – текущее значение угловой скорости ротора АД, c^{-1} .

$R_{в.А}$ – «внутреннее» активное сопротивление АД при номинальной частоте и данном значении абсолютного скольжения s_a , Ом;

$X_{в.А}$ – «внутреннее» индуктивное сопротивление АД при номинальной частоте и данном значении абсолютного скольжения s_a , Ом;

$Z'_{АД}$ – полное сопротивление цепи АД при данном абсолютном скольжении s_a и относительной частоте α , Ом;

I_1 – расчетный ток статора АД искусственной электромеханической характеристики, А;

I'_2 – расчетный ток ротора АД, приведенный к обмотке статора, А;

U – изменяемое напряжение питания на обмотках статора АД при частотном регулировании для $\Psi_1 = \text{const}$, В.

Сравнение рассмотренных методик было проведено после расчета характеристик АД при полной ИР – компенсации по методике [2] и при $\Psi_1 = \text{const}$ по методике [3] для различных частот питающей сети (рис. 9...11).

Имеющееся несовпадение механических и электромеханических характеристик, рассчитанных по рассмотренным выше методикам, объясняется тем, что ЭДС статора E_s в методике [3] рассчитывалось из векторной диаграммы геометрически, а в методике [2] из выражения $\vec{U}_1 - \vec{I}_1 \cdot r_1$.

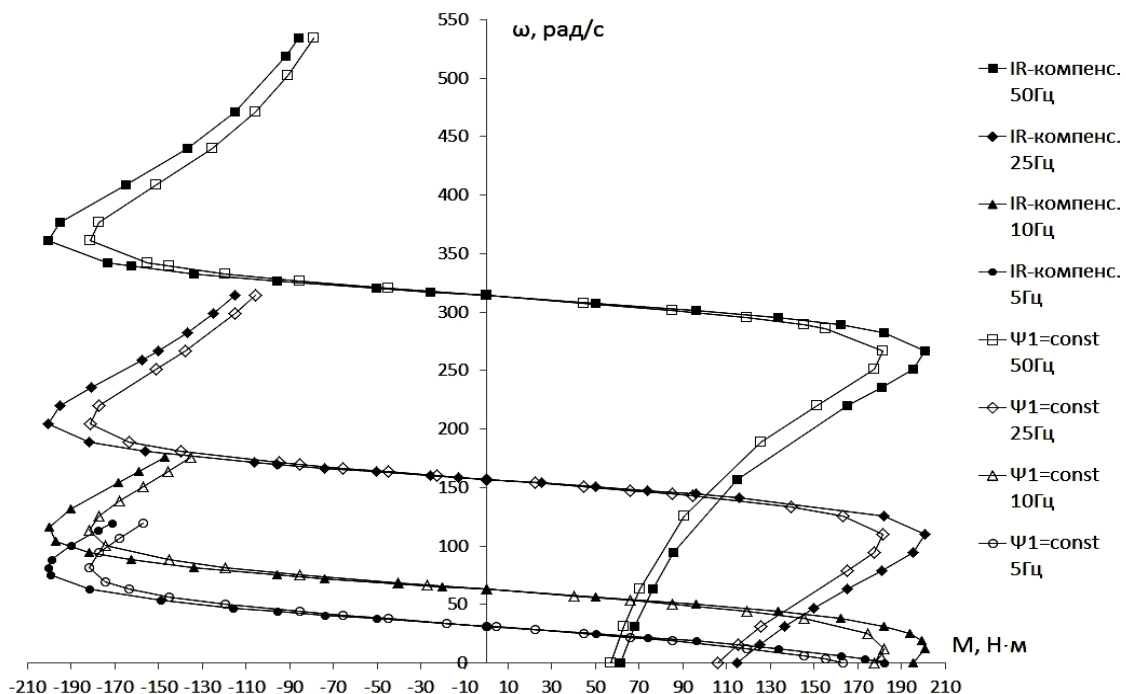


Рисунок 9. Искусственные механические характеристики $M=f(\omega)$ при полной ИР – компенсации и при $\Psi_1 = \text{const}$, для различных частот питающего напряжения статора двигателя АИР160S2

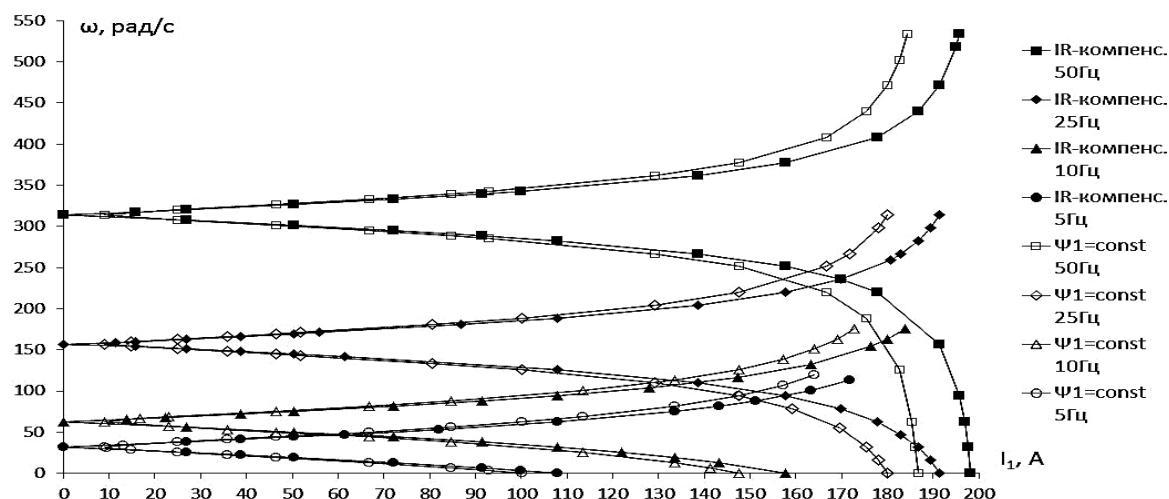


Рисунок 10. Искусственные электромеханические характеристики $I_1=f(\omega)$ при $\Psi_1=\text{const}$ для двигателя АИР160S2

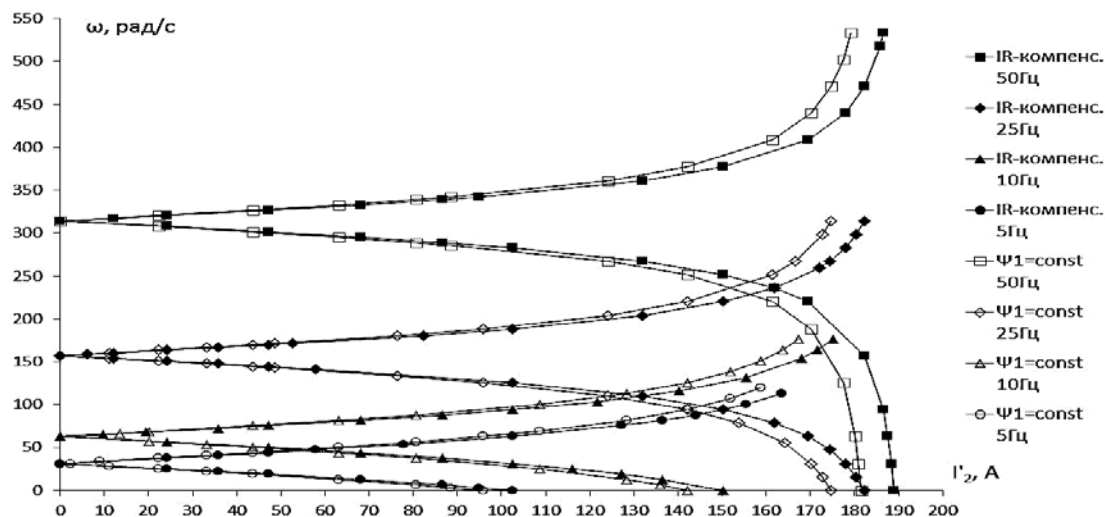


Рисунок 11. Искусственные электромеханические характеристики $I'_2=f(\omega)$ при $\Psi_1=\text{const}$ для двигателя АИР160S2

Заключение

1. Сравнительный анализ рассчитанных по рассмотренным методикам характеристик показывает, что жесткость механических характеристик неизменна для всех относительных частот напряжения питания статора АД α при постоянном критическом моменте, а механические и электромеханические характеристики являются подобными (конгруэнтными) при разных частотах, что совпадает с аналогичными выводами работы [3].

2. Критический момент механической характеристики АД при частотном управлении по закону $\Psi_1=\text{const}$ близок к критическому моменту на естественной механической характеристике, аналогично можно утверждать и про максимальные токи электромеханических характеристик – они близки к пре-

дельным токам на естественных электромеханических характеристиках.

3. При частотном управлении АД по закону $\Psi_1=\text{const}$ свойства двигателя близки свойствам двигателя при работе на естественной характеристике, за исключением скорости. Поэтому такое частотное управление широко используется в замкнутых системах.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Асинхронные двигатели: каталог ОАО «Могилевский завод «Электродвигатель» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mez.by>. – Дата доступа: 12.10.2016.
2. Чернышев, А.Ю. Электропривод переменного тока: учеб. пос. / А.Ю. Чернышев, Ю.Н. Дементьев,

И.А. Чернышев. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 203 с.

3. Фигаро, Б.И. Теория электропривода / Б.И. Фигаро, Л.Б. Павлячик. – М.: Техноперспектива, 2007. – 88 с.

4. Гридин, В.М. Расчет параметров схемы замещения асинхронных двигателей по каталожным данным / В.М. Гридин // Электричество. – 2012. – № 5. – С. 40-44.

5. Прищепов, М.А. Расчет параметров схемы замещения асинхронных двигателей по каталожным данным и построение их естественных механических и электромеханических характеристик / М.А. Прищепов, Е.М. Прищепова, Д.М. Иванов // Агропанорама, 2016. – № 5 (117). – С.20-32.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 24.11.2016

УДК 621.9. 048.6

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ КАВИТАЦИИ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОЧИСТНЫХ ПРОЦЕССОВ В УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ВАННЕ

Н.К. Толочко,

профессор каф. технологии металлов БГАТУ, докт. ф.-м. наук, профессор

В.С. Корко,

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

А.Н. Челединов,

аспирант каф. технологии металлов БГАТУ

Экспериментально исследованы особенности развития кавитации в ультразвуковой ванне. Рассмотрено влияние пространственной неоднородности, активности кавитации на эффективность очистных процессов.

Ключевые слова: кавитация, ультразвуковая ванна, загрязнение, очистка

The peculiarities of cavitation development in ultrasonic bath are investigated experimentally. The effect of spatial irregularity of cavitation activity on the cleaning process efficiency is considered.

Keywords: cavitation, ultrasonic bath, contamination, cleaning.

Введение

В аграрной индустрии важная роль отводится процессам очистки поверхности деталей сельскохозяйственной и плодоовощных продуктов от различных видов загрязнений. В последние годы получили распространение очистные процессы, основанные на использовании ультразвука [1-3]. Для их реализации широко применяются ультразвуковые (УЗ) моечные ванны. Эффективность очистки в УЗ ваннах определяется активностью кавитации a_k , которая, в свою очередь, зависит от особенностей распространения УЗ волн в объеме жидкости, заполняющей ванну. На практике учет этих особенностей позволяет оптимизировать условия реализации очистных процессов. Особенно важно учитывать распределение a_k по объему жидкости, которое, как правило, является неоднородным.

Цель данной работы – экспериментально исследовать особенности проявления неоднородностей в распределении a_k по объему жидкости в УЗ ванне и оценить степень влияния этих неоднородностей на равномерность удаления загрязнений с поверхности очищаемых предметов. До сих пор эти вопросы были изучены недостаточно.

Основная часть

Эксперименты проводились на ультразвуковой установке УЗУ-0,25 (потребляемая мощность генератора – 450 Вт, выходная – 250 Вт, рабочая частота – 18 кГц). Размеры полости ванны (длина – 22 см, ширина – 17 см, глубина – 16 см, объем – 4,5 л). Ванна была снабжена тремя пьезоэлектрическими преобразователями (УЗ излучателями), встроенными в ее донной части. Ванну заполняли водой до некоторого фиксированного уровня H_0 .

Особенности развития кавитации

Значения a_k оценивали по звуковому давлению в кавитирующей воде, измеряемому с помощью кавитометра – индикатора кавитационной активности ИСА-4Д (производство БГУИР, г. Минск). Он состоит из электронного блока и выносного измерительного щупа – датчика (широкополосного гидрофона) с волноводом. Действие прибора основано на анализе и обработке спектра кавитационного шума, воспринимаемого щупом. Используемый щуп в силу особенностей своей конструкции характеризовался сравнительно малой локализацией области измерений. Кавитометр измерял полную активность кавитации, т.е. активность и пуль-

сирующих и захлопывающихся кавитационных пузырьков. Измеряемые значения a_k выражали в относительных единицах – о величине a_k судили по электрическому напряжению, которое указывалось на индикаторной шкале электронного блока.

При проведении измерений вертикально ориентированный щуп перемещали по объему воды в ванне, устанавливая его над разными местами дна ванны (над излучателями, между излучателями и над свободными от излучателей участками) и на разном расстоянии H от излучателей (от дна ванны). Измерениями охватывался практически весь объем воды в ванне. Точки, соответствующие положению концевой части щупа, распределялись горизонтальными слоями с интервалом 1 см, при этом нижний слой находился на расстоянии 3 мм от излучателей (от дна ванны). В пределах каждого слоя эти точки располагались взаимно-пересекающимися рядами с интервалом 2 см.

Проведены две серии экспериментов по исследованию характера распределения a_k по объему воды в ванне. В первой серии ванна не была загружена. В этом случае изменения в объемном распределении a_k были обусловлены только лишь затуханием распространяющихся УЗ волн в результате их поглощения водой. Во второй серии ванну загружали яблоками, которые служили в качестве модельных объектов, рассеивающих УЗ волны. Соответственно, в этом случае изменения в объемном распределении a_k были связаны с затуханием УЗ волн в результате не только их поглощения водой, но и рассеяния яблоками.

На рис. 1 и 2 представлены типичные результаты экспериментов по исследованию распределения a_k по объему воды в незагруженной ванне при $H_0 = 13$ см. В целом a_k распределяется по объему весьма неравномерно. Наибольшие значения a_k наблюдаются вблизи излучателей. С удалением от излучателей по горизонтали a_k уменьшается сравнительно слабо: различие в значениях a_k вблизи излучателей и у стенок ванны составляет около 20 % (рис. 1). Гораздо более сильное уменьшение a_k происходит с удалением от излучателей по вертикали: различие в значениях a_k вблизи излучателей и у водной поверхности доходит приблизительно до 2 раз (рис. 2, кривая 1).

На рис. 2 обращает на себя внимание волнообразная форма кривой 1, свидетельствующая о наличии периодического изменения значений a_k по высоте столба воды в ванне в соответствии с чередованием областей разрежения и сжатия вдоль направления распространения УЗ волны, следующих друг за другом через полуволновые периоды.

Для сравнения на рис. 2 представлены типичные результаты аналогичных экспериментов по исследованию распределения a_k вдоль вертикального направления в загруженной ванне (кривая 2) при $H_0 = 14$ см. Ванну почти полностью загружали яблоками размером 4-5 см, располагая их в полости ванны в три слоя, по семь яблок в каждом слое (нижнем, среднем и верхнем). Положение яблок в воде фиксировали с помощью проволоочного каркасного ограничителя, который предотвращал их всплывание. При проведе-

нии измерений a_k щуп помещали в воду в зазорах между яблоками.

В целом, и в загруженной и в незагруженной ванне зависимости $a_k(H)$ имеют подобный характер: значения a_k уменьшаются с удалением от излучателей по вертикали. Вместе с тем в загруженной ванне наблюдается общее снижение a_k (приблизительно в 2 раза) по сравнению с незагруженной ванной. Об этом свидетельствует положение кривой 2, которая лежит значительно ниже кривой 1. Кроме того, у кривой 2 в отличие от кривой 1 практически не наблюдается волнообразной формы. Указанные особенности зависимости $a_k(H)$ для загруженной ванны обусловлены многократным рассеянием УЗ волн множеством яблок.

Иная картина распределения a_k имеет место в случае однократного рассеяния УЗ волн, когда в ванну погружено одиночное яблоко. При проведении соответствующих экспериментов яблоки размером 6-7 см располагали поодиночке в воде при $H_0 = 13$ см на расстоянии 5 см от дна ванны. Схема измерений a_k показана на рис. 3. Измеряли значения a_k за яблоком, т.е. у верхней поверхности яблока (в точке А) и перед яблоком, т.е. у нижней поверхности яблока (в точке Б). Для этого в яблоке делали сквозное отверстие, через которое проходил щуп кавитометра. В обоих случаях концевую часть щупа располагали в непосредственной близости от яблока на расстоянии 2-3 мм. Также измеряли значения a_k в точках А и Б в отсутствие яблока.

Результаты измерений представлены в табл. 1., там же даны отношения значений a_k в точках Б и А

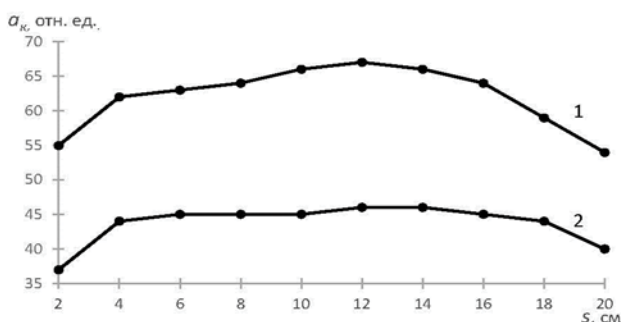


Рисунок 1. Изменение a_k вдоль продольного направления незагруженной ванны над излучателями (1 и 2) на расстоянии 3 мм (1) и 12 см (2) от них

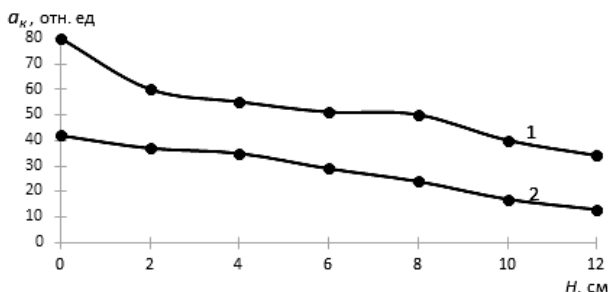


Рисунок 2. Изменение a_k вдоль вертикального направления незагруженной (1) и загруженной (2) ванны над точкой ее дна, лежащей между тремя излучателями

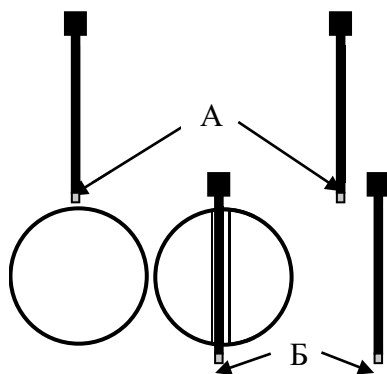


Рисунок 3. Схема измерений a_k в окрестности одиночного яблока

Таблица 1. Результаты измерения a_k (отн. ед.) в окрестности одиночного яблока (рис. 3)

Условия измерений	Точка измерения		a_{kB}/a_{kA}
	А	Б	
Наличие яблока	26	34	1,31
Отсутствие яблока	43	47	1,09

(a_{kB}/a_{kA}), показывающие, во сколько раз активность кавитации в точке Б больше, чем в точке А.

Анализ полученных результатов показывает, что значения a_k в окрестности яблока, помещенного в воду в УЗ ванне, неодинаковы: у нижней поверхности яблока они выше, чем у верхней. Это различие обусловлено не только затуханием УЗ волн по мере их удаления от излучателя, но и тем, что яблоко играет роль препятствия, рассеивающего УЗ волны. О характере распределения a_k в окрестности яблока можно судить по соотношению значений a_{kB}/a_{kA} для случаев наличия и отсутствия яблок, представленных в таблице: $1,31/1,09 = 1,2$. Таким образом, в результате рассеивающего действия яблока значение a_k у нижней поверхности оказывается на 20 % больше, чем у верхней поверхности.

Эффективность очистных процессов

Неоднородности распределения a_k по объему воды в УЗ ванне являются причиной неравномерного удаления загрязнений с поверхности различных

предметов, подтверждением чему являются представленные ниже в качестве примеров результаты ряда экспериментов по УЗ очистке типовых деталей сельхозтехники и яблок:

1. Очистка зубчатой рейки от масляно-грунтовых загрязнений.

Стальную зубчатую рейку топливного насоса УТН-5, используемого в дизельных двигателях тракторов и грузовых автомобилей, имеющую длину 18 см и высоту зубьев 1,5 мм, размещали вертикально в УЗ ванне над одним из излучателей при $H_0 = 14$ см. Предварительно на зубчатую поверхность рейки наносили равномерным по толщине слоем модельное загрязнение в виде смеси глины (3 ч.) и нигрола (1 ч.). В процессе УЗ очистки рейку периодически (через 5 мин.) извлекали из ванны и фотографировали очищаемую поверхность (рис. 4). Как показали результаты эксперимента, загрязнение удалялось в первую очередь с нижнего конца рейки, расположенного вблизи излучателя (на рис. 4 этот конец находится слева), а затем со временем очищенная область распространялась вверх по всей длине рейки.

2. Очистка крышки топливного насоса от масляно-грунтовых загрязнений.

Стальную крышку топливного насоса УТН-5 – трапециевидную пластину толщиной 9 мм с длиной оснований 8 см и 8,5 см и боковых сторон – 11 см размещали горизонтально в УЗ ванне при $H_0 = 13$ см над излучателями на расстоянии 6 см от них. На обе стороны крышки в ее центральной и периферийной части предварительно наносили модельное загрязнение (то же, что и в примере 1). Загрязнением покрывали небольшие участки поверхности крышки в форме кружков диаметром 15 мм, для чего использовали специально приготовленный трафарет (рис. 5). Толщина слоя загрязнения составляла 1 мм. При размещении крышки в ванне участок загрязнения в периферийной части располагался над одним из излучателей, а участок загрязнения в центральной части – между излучателями. Во время очистки крышку время от времени извлекали и визуально контролировали наличие загрязнений, фиксируя длительность УЗ обработки, максимальное значение которой составляло 5 мин.

Результаты очистки крышки представлены в табл. 2. Загрязнение удаляется быстрее с поверхности, обращенной вниз, т.е. в сторону излучателей, чем

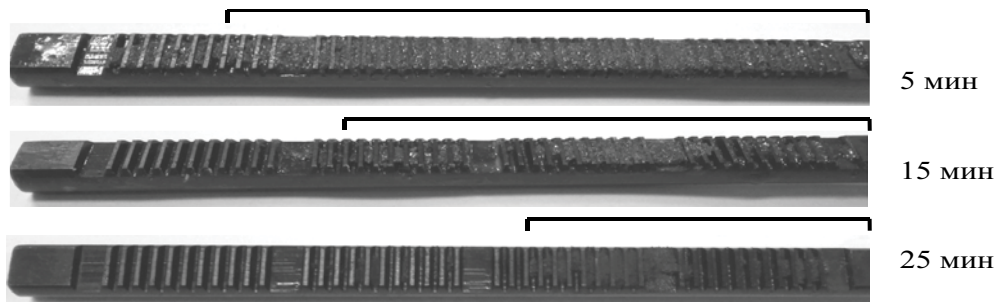


Рисунок 4. Поверхность зубчатой рейки спустя разные периоды (минуты) УЗ очистки (левый конец рейки обращен к излучателю; скобками указаны участки с остаточным загрязнением)



Рисунок 5. Крышка топливного насоса (участки нанесенного загрязнения обозначены белыми заштрихованными кружками)

с поверхности, обращенной вверх. На поверхности, обращенной вниз, загрязнение удаляется быстрее в периферийной части, чем в центральной. Это обусловлено тем, что участок загрязнения в периферийной части, располагаясь над излучателем, подвергается большему УЗ воздействию. На поверхности, обращенной вверх, загрязнение также удаляется быстрее в периферийной части, чем в центральной. Это, в свою очередь, обусловлено тем, что участок загрязнения в центральной части оказывается в области акустической тени, где УЗ воздействие весьма незначительно.

3. Очистка яблок от грунтовых загрязнений.

Яблоки диаметром 6-7 см поодиночке помещали в УЗ ванну (объем воды 3,5 л) над одним из излучателей на расстоянии 5 см от него. Наряду с УЗ очисткой, для сравнения проводили обычную мойку яблок. Длительность УЗ очистки и обычной мойки составляла 2 мин. На поверхность яблок предварительно наносили модельное загрязнение, для чего яблоки погружали в водную суспензию почвенного грунта (объемное отношение почвенного грунта к воде 2:3). После извлечения из суспензии, яблоки, покрытые грязевой пленкой, высушивали, в результате чего формировалось плотное покрытие из частиц грунта, прочно приставших к поверхности яблок. Во время УЗ очистки и обычной мойки яблоки хаотически перемещали в воде с помощью проволоочного захвата. Кроме того, УЗ очистке подвергали яблоки, расположенные неподвижно. При исследовании качества очистки яблок особое внимание обращали на состояние участка поверхности вокруг плодоножки, поскольку этот участок характеризуется наибольшим скоплением загрязнений, осаждаемых из атмосферы.

Фотографии яблок, обработанных в разных условиях, показаны на рис. 6. Поверхность яблока в области углубления у плодоножки после обычной мойки полностью не очищается от загрязнений. Также не достигается полная очистка поверхности в области углубления после УЗ обработки в неподвижном состоянии, когда плодоножка постоянно обращена вверх. Практически полная очистка поверхности в области углубления обеспечивается после УЗ обработки в неподвижном состоянии, когда плодоножка постоянно обращена вниз, т.е. в сторону излучателя. Наиболее равномерное и полное удаление загрязнений со всей поверхности яблок происходило после УЗ обработки в условиях хаотического перемещения (достижение состояния полной очистки визуально наблюдалось уже через 30 секунд).

4. Очистка яблок от микробных загрязнений [4].

В УЗ ванну загружали партию яблок размером около 5 см. Яблоки размещали в полости ванны в 2 слоя (в каждом по 7 яблок). После завершения укладки яблок ванну заливали водой объемом 2 л. Во время УЗ обработки, длительность которой доходила до 10 мин, яблоки занимали фиксированные положения в объеме воды в ванне. В опытных, а также контрольных (не подвергавшихся обработке) образцах яблок определяли общее количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (МАФАНМ), т.е. общую бактериальную обсемененность. Исследования показали, что эффективность УЗ очистки зависит от местоположения яблок в объеме воды в ванне, а именно: яблоки нижнего слоя, расположенные ближе к излучателям, очищаются от микроорганизмов приблизительно в 2 раза лучше, чем яблоки верхнего слоя.



Рисунок 6. Поверхность яблок в области углубления у плодоножки после очистки в разных условиях: обычная мойка с хаотическим перемещением, когда плодоножка попеременно обращается то вниз, то вверх (а); УЗ очистка в неподвижном состоянии, когда плодоножка постоянно обращена вверх (б) или вниз (в)

Таблица 2. Степень удаления загрязнения на разных участках поверхности крышки топливного насоса при разной длительности t УЗ обработки

Центральная часть крышки	Периферийная часть крышки
Поверхность крышки, обращенная вверх	
Загрязнение почти не удаляется ($t = 5$ мин)	Загрязнение удаляется наполовину ($t = 3$ мин)
Поверхность крышки, обращенная вниз	
Загрязнение удаляется полностью ($t = 3$ мин)	Загрязнение удаляется полностью ($t = 2$ мин)

Заключение

Экспериментальные исследования процессов развития кавитации в УЗ ванне, оснащенной донными излучателями, показывают, что уровень кавитации распределяется по объему воды в ванне весьма неоднородно. Причины этого связаны с поглощением УЗ волн водой по мере удаления от излучателей, чередованием областей разрежения и сжатия вдоль направления распространения волн и рассеянием волн на очищаемых предметах. Как следствие, в экспериментах по УЗ очистке наблюдается неравномерное удаление загрязнений с поверхности очищаемых предметов. Во-первых, степень очистки поверхности в целом зависит от уровня ее расположения относительно донных излучателей: вблизи излучателей очистка идет лучше, чем у поверхности воды. Во-вторых, степень очистки поверхности в целом или ее отдельных участков зависит от расположения очищаемой поверхности или ее отдельных участков относительно областей разрежения и сжатия. В-третьих, степень очистки отдельных участков поверхности зависит от их ориентации относительно донных излучателей: загрязнения удаляются лучше на участках поверхности, ориентированных вниз, т.е. в сторону излучателей.

На практике повышение равномерности УЗ очистки достигается повышением объемной однородности УЗ поля с помощью специальных конструктивных приемов, в частности, за счет использования системы излучателей, устанавливаемых в определенном порядке на противоположных стенках полости ванны. Однако при этом не решается полностью проблема обеспечения равномерной очистки и, кроме того, усложняется конструкция ванн, что ведет к уве-

личению их стоимости. Более эффективно использовать специальные приспособления, обеспечивающие повышение равномерности очистки в объемно-неоднородном УЗ поле путем регулируемого изменения расположения очищаемых предметов в объеме воды в ванне.

Полученные экспериментальные данные по влиянию неоднородностей в распределении a_k по объему жидкости в УЗ ванне на равномерность удаления загрязнений с поверхности очищаемых предметов могут быть использованы при выборе оптимальных условий реализации очистных процессов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Применение ультразвука высокой интенсивности в промышленности / В.Н. Хмелев [и др.]. – Бийск: Алтайский гос. технич. ун-т, 2010. – 203 с.
2. Илюхин, А.В. Методы ультразвуковой очистки деталей в условиях основного и ремонтного производства / А.В. Илюхин, А.М. Колбасин, П.А. Цепкин // Наукоеведение. – 2013. – №3. – С. 1-5.
3. Инновационные технологии переработки плодово-овощной продукции = Advances in Fruit Processing Technologies / ред.: С. Родригес, Ф.А.Н. Фернадес; пер. Ю.Г. Базарнова. – Санкт-Петербург: Профессия, 2014. – 456 с.
4. Толочко, Н.К. Ультразвуковая очистка поверхности яблок от микробиальных загрязнений / Н.К. Толочко, В.С. Корко, А.Н. Челединов, З.Е. Егорова // Агропанорама. – 2015. – №5. – С. 27-29.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 13.05.2016

Измерители-регуляторы МТ2

Предназначены для измерения и регулирования температуры (в комплекте с датчиками температуры), а также других неэлектрических величин (давление, уровень, влажность и т.д.)



Измерители-регуляторы МТ2 являются универсальными цифровыми программируемыми микропроцессорными устройствами. Они могут быть использованы при создании систем автоматического контроля и регулирования различных параметров технологических процессов в промышленности и сельском хозяйстве.

Основные технические данные

Напряжение питания	230 В ± 10%, 50 Гц
Потребляемая мощность, не более	4 ВА
Масса, не более	0,4 кг
Габаритные размеры	120x96x48 мм
Входной сигнал (измерительный преобразователь)	Термопреобразователь сопротивления: ТСН50П, ТСН100П, ТСМ50М, ТСМ 100М; Термопара типа: «L», «J», «K»; Унифицированный токовый сигнал: 0...5мА, 0...20мА, 4...20мА
Предел основной приведенной погрешности измерения	±0,5 %
Закон регулирования	позиционный, ПИД

УДК 621.436

ДИАГНОСТИКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ ПО ДЫМНОСТИ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ

А.В. Новиков,

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

Ю.И. Томкунас,

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

В.Н. Кецко,

ст. преподаватель каф. эксплуатации машинно-тракторного парка БГАТУ

А.А. Гончарко,

ст. преподаватель каф. эксплуатации машинно-тракторного парка БГАТУ

В статье рассмотрены вопросы оценки технического состояния дизельного двигателя трактора по дымности отработавших газов.

Ключевые слова: дымность, сажа, дизельный двигатель трактора, дымомер, токсичность, диагностика.

The evaluation questions of the technical condition of the diesel tractor's engine for smoke exhaust gases are considered in the article.

Keywords: smoke, soot, diesel tractor's engine, opacimeter, toxicity, diagnosis.

Введение

Увеличение машинно-тракторного парка (МТП) страны, оснащенного дизельными двигателями, приводит к повышению выбросов токсичных компонентов отработавших газов (ОГ), что отрицательно воздействует на окружающую среду.

С ростом нагрузки на двигатель внутреннего сгорания (ДВС) концентрация оксидов азота (NO_x) возрастает и имеет наибольшее значение при максимальной нагрузке. На режимах высокой нагрузки они повышаются более резко, так как с увеличением использования мощности ДВС и уменьшенным коэффициентом избытка воздуха происходит неполное сгорание топлива, что способствует образованию (NO_x).

Концентрация токсичных компонентов в ОГ при повышении нагрузки на двигатель возрастает с 0,006 до 0,038 г/м³, т.е. выбросы СН при максимальной мощности в 6 раз больше, чем при минимальной нагрузке [1].

Такая зависимость объясняется увеличением расхода топлива и повышением количества углеводородов, выделяющихся при сгорании топлива в камере сгорания.

Помимо сажи, в состав ОГ входят другие твердые вещества, такие как сульфаты (соли оксида серы), которые образуются при сгорании серы и ее соединений, содержащихся в топливе и масле.

Кроме того, в ОГ дизельных двигателей присутствуют твердые частицы, образующиеся в результате горения масла, попадающего в камеру сгорания, а также металлы – сталь, чугун, цинк, медь и их оксиды

– продукты износа деталей двигателя и компоненты присадок топлива [2,3].

Таким образом, повышенная дымность свидетельствует о нарушениях процесса сгорания в цилиндрах дизеля и снижения его показателей.

Цель работы – оценка технического состояния дизельного двигателя при проведении технического обслуживания.

Основная часть

Общеизвестно, что эксплуатация автотракторной техники связана с выбросом с ОГ токсичных компонентов, загрязняющих атмосферу. Сегодня снижение выбросов токсичных компонентов тракторами и автомобильным транспортом – одна из приоритетных задач научных организаций, правительства и бизнеса.

На тракторах и автомобилях широко используются дизельные двигатели, поэтому остро стоит вопрос защиты атмосферы от вредных компонентов, выбрасываемых с ОГ дизелей. При сгорании 1 кг дизельного топлива выделяется около 80-100 г токсичных компонентов: 20-30 г монооксида углерода; 20-40 г оксидов азота; 4-10 г углеводородов; 10-30 г оксидов серы; 0,8-1 г альдегидов; 3-5 г сажи и др. Значительное количество тяжелых канцерогенных ароматических углеводородов адсорбируется на твердых частицах (саже).

Выбрасываемые автотракторными дизелями ОГ представляют собой сложную многокомпонентную смесь газов, паров, капель жидкостей и твердых дисперсных частиц. При работе дизеля можно увидеть

дым различной окраски, которая зависит от компонентов, входящих в его состав.

Дымностью можно назвать оптическую непрозрачность ОГ, которая вызвана наличием в них сажи, механических частиц, находящихся во взвешенном состоянии, несгоревших паров и капель топлива, масла и других аэрозолей [4]. Размеры содержащихся в дыме твердых частиц достигают 0,1 мкм. В связи с этим, основным токсичным компонентом дизеля считается дымность, обусловленная образованием сажи. В странах Европы в настоящее время действуют нормы выбросов сажи, приведенные в табл. 1.

Таблица 1. Нормы выбросов сажи, действующие в странах Европы

Нормы	Дата введения	Сажа, РМ, (г/км)	Дымность, К, м ⁻¹
Евро-3	Октябрь 2000 г.	0,1	0,8
Евро-4	Октябрь 2005 г.	0,02	0,5
Евро-5	Октябрь 2008 г.	0,02	0,5

Проблема выброса токсичных компонентов с ОГ становится все актуальнее, поскольку с увеличением количества автомобилей и тракторов возрастает загрязнение воздушных бассейнов. В связи с этим требуется внедрение в отечественное двигателестроение различных методов снижения токсичности ОГ авто-тракторных дизелей. Разработка принципиально нового экологически чистого и в то же время высоко-экономичного дизеля связана с глубокими и длительными исследованиями.

На сегодняшний день существует несколько направлений уменьшения вредных выбросов с ОГ дизелей. Среди них можно выделить три основных [2,3]:

- воздействие на рабочий процесс двигателя;
- очистка ОГ в выпускной системе двигателя;
- применение альтернативных видов топлива.

Каждое направление предполагает несколько способов снижения токсичности, которые могут дополнять друг друга. На рис. 1 представлены способы снижения токсичности ОГ дизелей.

Для дизелей характерным показателем технического состояния и правильности регулировок систем топливоподачи и газообмена являются величина непрозрачности и цвет ОГ. Цвет отработавших газов – параметр качественный и в стандартах не регламентируется, однако учет данного фактора позволяет достаточно верно оценить техническое состояние как двигателя в целом, так и отдельных агрегатов.

Различают три цвета отработавших газов:

- черный цвет свидетельствует о большой неполноте сгорания топлива, что может быть следствием недостатка возду-

ха, поступающего в цилиндры двигателя, либо следствием избыточной подачи топлива в камеру сгорания двигателя;

- сизый цвет свидетельствует о попадании в камеру сгорания двигателя избыточного количества смазочного масла, что может быть следствием износа деталей цилиндропоршневой группы или же следствием залегания колец;

- белый цвет свидетельствует либо о низкой температуре процесса сгорания топлива, что обычно бывает в период прогрева двигателя, особенно в холодное время года, либо это является следствием изменения угла опережения впрыска топлива в сторону увеличения.

На практике причин повышенной дымности ОГ бывает очень много, причем необходимо учитывать и режимы, на которых наблюдается превышение дымности ОГ допустимого уровня.

Повышенная дымность ОГ на режиме свободного ускорения может быть следствием избыточного сопротивления воздушного фильтра, частичного закоксовывания сопловых отверстий распылителей, увеличения зазора между торцом клапана и бойком коромысла в клапанном механизме.

Повышенная дымность на режиме максимальных оборотов холостого хода может быть следствием из-

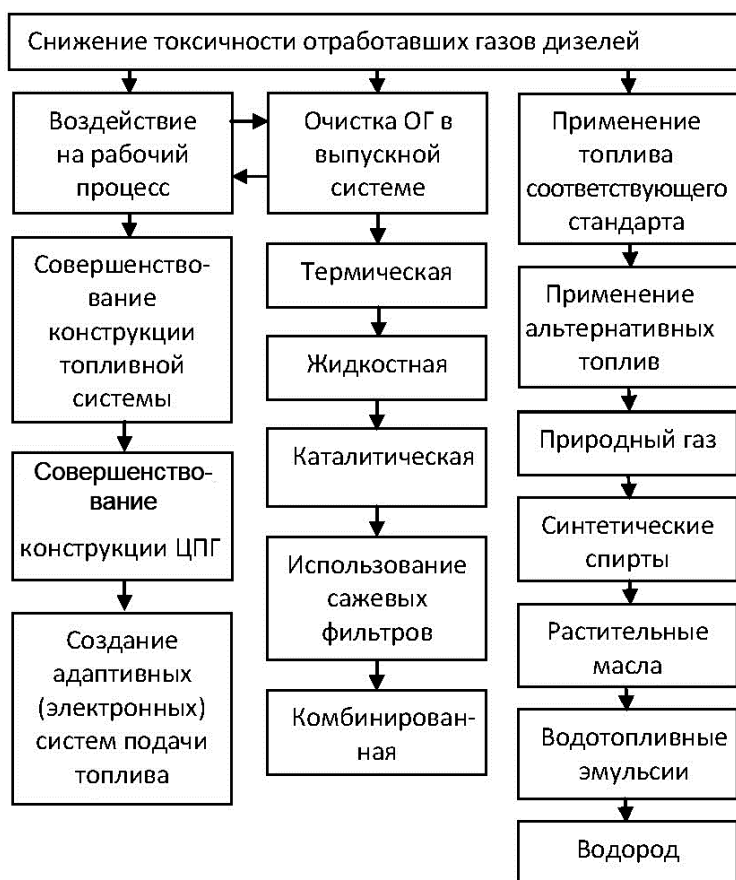


Рисунок 1. Способы снижения токсичности ОГ дизелей

быточной неравномерности цикловой подачи по цилиндрам, уменьшения давления начала впрыска топлива форсункой, попадания масла в камеру сгорания за счет износа деталей цилиндропоршневой группы, залегания колец, износа стержней впускных и выпускных клапанов.

Повышенная дымность ОГ на указанных выше режимах может быть следствием уменьшения угла опережения впрыска топлива, несрабатывания автоматической муфты опережения впрыска топлива, повышенной номинальной частоты вращения коленчатого вала, уменьшения зазора в клапанном механизме, потери компрессии двигателя вследствие нагара на поршневых кольцах или негерметичности прокладок между блоком цилиндров и головкой блока и т.д.

Измерение дымности двигателей тракторов, самоходных сельскохозяйственных и других машин проводятся согласно требованиям ГОСТ 17.2.2.02-98 [5] дымомерами «Мета-01-МП»; «Смог-1М-01»; МД-01 и др. Дымомер «Мета-01-МП» [6] и его модификации по сравнению с другими дымомерами имеют наименьшие габариты и массу, к тому же они могут работать в широком диапазоне температуры окружающего воздуха (от -20 до +50°C) в комплекте с линией связи с распечаткой протокола на принтере через компьютер или же напрямую малогабаритным принтером. Принцип действия основан на оценке значения поглощения светового потока, прошедшего через вещества, при просвечивании его источником излучения.

При измерении пользуются следующими показателями:

K – показатель ослабления светового потока, численно равный доле поглощенного и рассеянного в слое единичной толщины вещества, m^{-1} ;

N – коэффициент ослабления светового потока в процентах от полного поглощения, %.

Анализ технических возможностей существующих дымомеров позволяет сделать следующие выводы:

– для стационарных постов и передвижных лабораторий рекомендуется использовать дымомеры «Мета-01 МП», «Смог-1М-01», «МД-01»;

– для переносных комплектов (для инспекторов Гостехнадзора) рекомендуется использовать дымомер «Мета-01 МП» с малогабаритным принтером.

Результаты измерений представляются в единицах натурального показателя ослабления (коэффициента поглощения в m^{-1}) и в единицах коэффициента ослабления (%), по ГОСТ 17.2.2.02-98 и Правилами №24 ЕЭК ООН.

Измерения проводятся дымомерами, отвечающими требованиям ГОСТ 21393-75 [7] в двух режимах:

– свободного ускорения коленчатого вала;

– максимальных оборотов коленчатого вала.

Измеренная дымность не должна превышать значений, указанных в табл. 2.

Нормы дымности дизелей, тракторов и машин конкретных марок устанавливают в

зависимости от условного объемного расхода воздуха Q_v , который для большинства дизелей приведен в источниках [7, 8].

Условный объемный расход воздуха через цилиндры дизеля (Q_v в m^3/c) рассчитывается по формуле:

$$Q_v = \frac{i V_h n}{30 \tau},$$

где i – число цилиндров дизеля;

V_h – рабочий объем цилиндров, dm^3 ;

n – частота вращения коленчатого вала дизеля, $мин^{-1}$;

τ – тактность дизеля.

При округлении условного расхода воздуха на режиме свободного ускорения следует иметь в виду, чтобы частота вращения коленчатого вала дизеля была номинальной.

Измерение на режиме свободного ускорения следует производить при 10-кратном повторении цикла частоты вращения коленчатого вала дизеля от минимальной (n_{XXmin}) до максимальной (n_{XXmax}) быстрым и плавным нажатием педали подачи топлива до упора с интервалом не более 15 с. Измерение показателей проводят при последних четырех циклах по максимальному отклонению стрелки прибора.

Измерение на режиме максимальной частоты вращения вала должно проводиться не позднее чем через 60 с. после испытаний на режиме свободного ускорения. Измерения проводят при плавном нажатии на педаль подачи топлива при стабилизации показаний прибора, но не реже чем через 30 с. после пуска газа в прибор. Колебания стрелки прибора не должно превышать $\pm 3\%$ от всей шкалы прибора. За результат измерения следует принимать среднее арифметическое значение, определенное по крайним показателям.

Значение дымности на каждом из установившихся режимов и на режиме свободного ускорения не должно быть больше норм, указанных в источниках [7, 8].

Значения дымности дизелей, имеющих отключаемый наддув, перепускной клапан системы наддува, несколько выпускных коллекторов и (или) выпускных труб, а также тракторов и машин с такими дизелями оценивают по наибольшему среднему арифметическим значениям дымности на каждом установившемся скоростном режиме и на режиме свободного ускорения [9].

Таблица 2. Дымность дизелей

Режим измерения дымности	Предельно допускаемый натуральный показатель ослабления светового потока K, m^{-1}	Предельно допускаемый коэффициент ослабления светового потока $N, \%$
Свободное ускорение коленчатого вала дизеля:		
– без наддува	1,2	40
– с наддувом	1,6	50
Максимальная частота вращения	0,4	15

Атмосферное давление ($B_{\text{окр}}$ в кПа) и температура окружающего воздуха ($T_{\text{окр}}$ в градусах Кельвина) во время испытаний дизелей, тракторов и машин должны находиться в пределах, удовлетворяющих условию:

$$0,98 \leq \left(\frac{100}{B_{\text{окр}}} \right)^{0,65} \cdot \left(\frac{T_{\text{окр}}}{298} \right)^{0,5} \leq 1,02$$

или в соответствии с номограммой, приведенной на рис. 2.

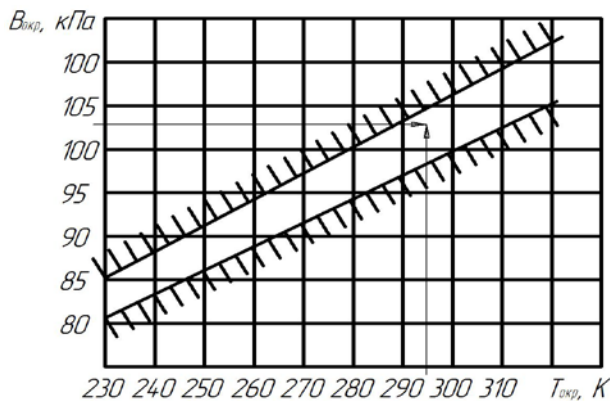


Рисунок 2. Номограмма условий определения дымности

Дымность определяют, если точка, соответствующая измерениям по времени испытаний значениям атмосферного давления и температуры окружающего воздуха в градусах Кельвина, находится внутри поля или на его границах [10].

Измерение дымности ОГ проводят не реже, чем при выполнении технического обслуживания № 2, после ремонта и регулировки узлов и систем трактора, влияющих на дымность отработавших газов, после заводской обкатки новых капитально отремонтированных тракторов (автомобилей), а также при годовых технических осмотрах и выборочной проверке их технического состояния.

Методика определения дымности изложена в [4, 10, 11].

Заключение

1. Измерение дымности двигателей тракторов, самоходных сельскохозяйственных и других машин проводят согласно ГОСТ 17.2.02-98 дымомерами «Мета-01 МП», «Смог-1М-01», «МД-01» и др.

2. Нормы дымности устанавливают в зависимости от условного объемного расхода воздуха на двух режимах вращения коленчатого вала двигателя: режим свободного ускорения; режим максимальной частоты вращения коленчатого вала, допускаемой регулятором вращения;

3. Предельные значения дымности отработавших газов в режиме свободного ускорения коленчатого вала дизеля: без наддува — 40 %, с наддувом — 50 %, а при максимальной частоте вращения — 15 %.

4. Своевременное регламентированное и заявочное диагностирование дизелей, в том числе по показателям дымности и величине выбросов вредных веществ отработавших газов, а также проведение соответствующих работ по техническому обслуживанию позволяет поддерживать дымность, величину вредных выбросов, топливную экономичность и надежность работы дизелей в технико-экономически целесообразном диапазоне.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чернов, Д.А. Комбинированное устройство для снижения токсичности отработанных газов / Д.А. Чернов, В.П. Капустин // Тракторы и сельскохозяйственные машины. — 2013. — №7. — С. 7-9.
2. Бояренко, А.Г. Экологические показатели дизелей и пути их улучшения / А.Г. Бояренко, В.М. Подчинок, А.В. Пархоменко // Тракторы и сельскохозяйственные машины. — 2015. — №4. — С. 5-8.
3. Томкунас, Ю.И. Влияние технического состояния машинно-тракторных агрегатов на экологическую безопасность окружающей среды / Ю.И. Томкунас, В.Н. Кецо, А.А. Гончарко // Агропанорама. — 2015. — №6. — С. 2-5.
4. Токсичность отработавших газов дизелей / В.А. Марков [и др.]. — М.: МГТУ им. И.Э. Баумана, 2002. — 122 с.
5. Охрана природы. Атмосфера. Нормы и методы измерения дымности отработавших газов тракторных и комбайновых дизелей: ГОСТ 17.2.02-98. — Введ. 13.05.98. — Минск: БелГИСС, 1998. — 13 с.
6. Измеритель дымности отработавших газов МЕТА-01 МП 01. ГТН ЛТК: руководство по эксплуатации. — Жигулевск, 2007.
7. Транспортные средства, оснащенные двигателями с воспламенением от сжатия. Дымность отработавших газов. Нормы и методы измерения: СТБ 2169-2011. — Введ. 01.07.2012. — Минск: БелГИСС, 2012. — 14 с.
8. Нормы дымности и токсичности отработавших газов дизелей. — М.: ГОСНИТИ, 1994. — 93 с.
9. Рекомендации по контролю дымности и токсичности ОГ дизелей в условиях эксплуатации / А.В. Колчин [и др.]. — М.: ГОСНИТИ, 1993. — 104 с.
10. Технологическое руководство по контролю и регулировке дымности и токсичности отработавших газов дизелей тракторов и самоходных машин (сельскохозяйственных, дорожно-строительных и др.) / А. В. Колчин [и др.]. — М.: Росинформагротех, 2005. — 84 с.
11. Удельные показатели выбросов загрязняющих веществ в атмосферу для ремонтно-обслуживающих предприятий и машиностроительных заводов агропромышленного комплекса. — М.: ГОСНИТИ, 1993.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 31.05.2016

МЕТОДИКА ПОДБОРА СОСКОВОЙ РЕЗИНЫ ДЛЯ ДОЙНОГО СТАДА

С.Н. Бондарев,

магистрант каф. технологий и механизации животноводства БГАТУ

А.В. Китун,

зав. каф. технологий и механизации животноводства БГАТУ, докт. тех. наук, профессор

Приведена методика подбора сосковой резины к дойному стаду по среднему значению размеров сосков животных, также приведены результаты исследований по определению жесткости сосковой резины. Описано исследование жесткости сосковой резины разных марок.

Ключевые слова: подбор сосковой резины, среднее значение, селекция, сосковая резина, жесткость.

The methodology of liners' selection for dairy cattle on the average size value of nipples animals, as well as the results of studies to determine the stiffness of liners are presented in the article. The research of liners' stiffness of different brands is described.

Keywords: selection of liners, the average value, selection, liners, stiffness.

Введение

В связи с массовым внедрением машинного доения возникла необходимость в стандартизации вымени коров по ряду признаков. Основными технологическими признаками, характеризующими принадлежность и пригодность коров к машинному доению, являются: форма вымени и сосков, а также продолжительность, интенсивность доения и одновременность выдаивания четвертей вымени, резистентность к маститам.

Цель настоящей работы – обоснование правильного подбора сосковой резины для дойного стада.

Основная часть

На молочно-товарных фермах и комплексах сельскохозяйственных предприятий Республики Беларусь в течение долгого времени применяли сосковую резину одного размера для всех коров молочного стада [1]. Однако в молочном стаде могут быть коровы с различной длиной, толщиной и конфигурацией сосков (рис. 1), поэтому для более эффективного доения необходимо подбирать сосковую резину по размеру.

Чем меньше в стаде коров с проблемными сосками, не вполне подходящими для машинного доения, тем лучше будет результат. Для достижения лучшего результата необходимо в дойном стаде, предназначенном для машинного доения, проводить селекцию и выбраковку коров, типоразмер и формы сосков которых не пригодны для машинного доения.

При селекции выбраковывается примерно около 5 % стада, в основном это коровы, у которых соски не попадают в размерный диапазон изготавливаемой сосковой резины, а также коровы, которых так и не удалось приучить к доильному станку и аппарату.

Производители предлагают большое количество сосковой резины различных конструкций. Например, имеется сосковая резина с разными формами головки, диаметр которой варьируется от 18 до 27 мм, а диаметр чулка – от 19 до 28 мм. Как показывает зарубежный опыт, в хозяйстве должна быть представлена сосковая резина различных типов и размеров. Размер и форму сосковой резины необходимо подбирать по наибольшему количеству животных со сходными параметрами сосков, а животные со значительными



Рисунок 1. Различные формы сосков у коров

отклонениями от средних показателей не должны приниматься в расчет, потому что они, как правило, выбраковываются при селекции [2].

Для того чтобы определить типоразмер сосковой резины, следует измерить соски животных (рис. 2).



Рисунок 2. Размеры сосков у коров:

1 – линия диаметра соска; 2 – линия длины соска

Согласно рекомендациям немецких специалистов, если число коров не превышает 100 голов, то измерения проводятся у 50 % животных, до 500 голов – минимум у 20 %, свыше 500 голов – от 10 до 20 %. Затем необходимо еще раз осмотреть стадо и убедиться в том, что выполненные измерения отражают среднюю картину [1].

Чтобы выбрать правильный типоразмер сосковой резины, следует сопоставить сведения о диаметре сосков и расстоянии между ними. Измерив расстояние по линии диаметра соска, получим необходимый диаметр соскового чулка с погрешностью ± 2 мм. Результат замера по линии подскажет диаметр входного отверстия головки. Длина соска измеряется от основания вымени до кончика соска. Все замеры проводятся только после стимуляции сосков, когда они станут упругими.

При остроконечной форме сосков, для герметичности и хорошего присасывания, нужна сосковая резина с жесткими краями присоски, или с кольцом. На воронкообразных сосках следует использовать более мягкую сосковую резину с мягкими краями присоски, без кольца, чтобы избежать кольцеобразных пережимов, препятствующих нормальному кровоснабжению соска.

Если в стаде много коров с тонкими сосками, область чулка (часть сосковой резины от конца головки до молочной трубки резины) и диаметр входного отверстия головки ни в коем случае не должны быть больше, чем средние значения по этим параметрам сосков. Для животных с толстыми сосками лучше использовать сосковую резину с более мягкими чулками и внутренними краями головки. Чем жестче сосковая резина, тем точнее необходимо подбирать диаметр входного отверстия головки. Если просвет между сосками очень мал, следует выбирать меньший наружный диаметр головки присоски с более жесткими краями [2].

Когда молочное стадо уже отселекционировано и типоразмеры сосковой резины выбраны, многие предприятия останавливаются на этом, что не совсем правильно.

Исследования показывают, что после подбора типоразмера сосковой резины к среднему значению сосков молочного стада, рекомендуется также провести исследование по подбору сосковой резины по жесткости. Использование сосковой резины с повышенной жесткостью может привести к таким негативным последствиям, как снижение массажного действия, в результате которого уменьшается эффект стимуляции тока крови в сосках вымени, обеспечиваемый за счет пульсаций, увеличение продолжительности воздействия вакуума на соски вследствие уменьшения времени или исключения такта отдыха (сжатия) и нарушения кровообращения в соске, увеличение времени доения и додаивания отдельных коров и стада в целом, повреждение кончика соска из-за неполноценного его массажа [3].

Перечисленные факторы приведут к снижению продуктивности молочного стада примерно на 10–15 % и, что самое главное, к травмированию вымени и сосков животных, что в свою очередь повлечет за собой возникновение заболеваний субклиническим и клиническим маститом [4].

Чтобы этого не случилось, необходимо тщательно подбирать сосковую резину по жесткости.

На кафедре механизации животноводства Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана было исследовано 56 новых сосковых резин доильных аппаратов Duovac-300 компании De Laval (48 шт.) и АДУ-1 (8 шт.). Жесткость сосковой резины определялась под нагрузкой 58,86 Н. Вакуум смыкания определялся с помощью эталонного вакуумметра (ВП4-У, ГОСТ 2405-80) и искусственных сосков вымени с прикрепленными на них лампочками, которые начинали загораться при смыкании сосковой резины [5]. Общее значение вакуума смыкания должно составлять 6...10 кПа, а разность жесткости сосковой резины по вакууму не должна превышать 0,6 кПа [2].

По результатам проведенных исследований установлено, что жесткость сосковой резины варьировалась от 2761,77 до 4326,47 Н/м. При этом наиболее жесткой оказалась сосковая резина 91404180 DeLaval – $4326,47 \pm 189,599$ Н/м, а наименее жесткой – сосковая резина АДУ-1 – $2761,77 \pm 71,161$ Н/м. Коэффициент корреляции между этими признаками составил 0,646. Чем большей жесткостью обладает сосковая резина, тем больше вакуум смыкания [5].

Исследования жесткости новой сосковой резины показали, что по вакууму смыкания 64,3 % сосковой резины не соответствуют нормативному показателю. Жесткость колеблется в значительных пределах и в среднем составляет $3654,5 \pm 96,57$ Н/м.

После того как сосковая резина подобрана по типоразмерам и по жесткости, можно приступать к комплектованию доильных аппаратов и доению.

При правильной подборке сосковой резины должны выполняться следующие требования [6]:

- недопустимо наличие соскальзываний доильного стакана и подсосов воздуха;
- минимизация ручной корректировки со стороны оператора во время всего процесса доения;
- максимальная пропускная способность молочного потока;
- оптимизация отвода молока;
- удобство и комфорт для коровы;
- минимизация риска негативного воздействия на вымя, стрессов для животного;
- бережное и релаксационное воздействие на соски.

Заключение

1. Подбор типа и конфигурации сосковой резины имеет большое значение при машинном доении коров. При неправильном или нерациональном подборе новой сосковой резины удои молока снижаются примерно на 10-15 %.

2. Важное значение при подборе сосковой резины имеет соответствие ее размеров и жесткости к средним значениям длины, толщины и формы сосков дойного стада.

3. После подбора сосковой резины и начала ее работы, необходим контроль над соблюдением основных требований, так как в условиях хозяйства допускается вариант ошибок или просчетов.

4. Необходимо следить за тем, чтобы в доильных аппаратах, предназначенных для доения одной группы коров, разброс жесткости сосковой резины по вакууму смыкания не превосходил 0,6 кПа, а общее ее значение составляло 6...10 кПа [2].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антошук, С. Сосковая резина. Менять или обслуживать. / С. Антошук, Э. Сорокин // Белорусское сельское хозяйство. – 2014. – С. 115-117.

2. Курак, А. Сосковая резина – заботливые руки доильного аппарата / А. Курак // Белорусское сельское хозяйство. – 2013. – № 2. – С. 79-83.

3. Петухов, Н.А. Воздействие сосковой резины доильного аппарата на рефлекс молокоотдачи / Н.А. Петухов, В.Н. Петухов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2002. – № 11. – С. 15-16.

4. Основные проблемы машинного доения коров [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://worldgonesour.ru/doilnye-mashiny/164-osnovnye-problemy-mashinnogo-doeniya-korov.html>. – Дата доступа: 29.09.2016.

5. Каналина, Н.М. Оценка жесткости сосковой резины. / Н.М. Каналина, Л.Р. Загидуллин // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. – 2014. – № 212. – С. 298-302.

6. Правильный выбор сосковой резины // Животноводство на Вятке. – 2015. – №4. – С. 1-2.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 10.11.2016

Малогабаритная система очистки рабочих жидкостей гидравлических систем

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



Основные технические данные

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

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

АПК РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ В УСЛОВИЯХ ГОСУДАРСТВЕННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ РЫНОЧНОЙ ЭКОНОМИКИ

Л.П. Квачук,

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

В статье анализируются особенности фискальной политики государства в аграрном секторе экономики в условиях реализации Программы социально-экономического развития Республики Беларусь на 2016–2020 годы.

Ключевые слова: инновационное развитие, модернизация, инвестиции, эффективность сельскохозяйственного производства, стимулирующая фискальная политика.

The article analyzes the features of fiscal policy of the state in the agrarian sector during the implementation of the Programme of socio and economic development of Belarus for a period of 2016-2020.

Keywords: innovative development, modernization, investment, efficiency of agricultural production, stimulating fiscal policy.

Введение

Программой социально-экономического развития Республики Беларусь на 2016-2020 годы определена необходимость перехода экономики на инновационный путь развития, поставлена задача совершенствования агропромышленного комплекса на основе снижения затрат на производство и реализацию, повышения качества продукции, наращивания экспорта сельскохозяйственной продукции и продовольствия. Инновационное развитие требует усиления воздействия государства на сельскохозяйственное производство, регулирования темпов и пропорций в аграрном секторе экономики.

Основная часть

Одной из экономических функций государства является проведение фискальной (бюджетно-налоговой) политики, важной частью которой является финансирование национальной экономики и ее отраслей за счет использования расходов государственного бюджета.

В современной смешанной экономике индустриально развитых стран, сочетающей свободу рыночного механизма и воздействие государства на производство и потребление, закономерностью выступает возрастание экономической роли государства, существует историческая тенденция роста совокупных государственных расходов по отношению к росту национального дохода. Особенностью развития аграрного сектора выступает усиление воздействия государства на процесс производства в сельском хозяйстве через проведение аграрной политики.

В настоящее время под влиянием НТР сельское хозяйство стало отраслью индустриального товарного производства, основанного на применении современной техники и биологической науки. Преодолено отставание сельского хозяйства от промышленности,

повышается энерговооруженность и фондовооруженность труда, растет продуктивность и производительность труда в животноводстве и растениеводстве. В результате, значительное увеличение предложения превышает объем спроса, что ведет к понижению рыночных цен на сельскохозяйственную продукцию. Возрастание производства продовольствия в огромных масштабах потребовало вмешательства в процесс сельскохозяйственного производства.

Государство в развитых странах воздействует на развитие сельского хозяйства путем регулирования объема, структуры сельскохозяйственного производства и цен на сельскохозяйственную продукцию, сбыта излишков сельскохозяйственной продукции для поддержания устойчивых рыночных цен, субсидирования развития сельского хозяйства. Сельское хозяйство в большинстве развитых стран мира представляет субсидируемую отрасль.

Важнейшей задачей агропромышленного комплекса Республики Беларусь является обеспечение продовольственной безопасности, наращивание производства сельскохозяйственной продукции, обеспечение населения продуктами питания и промышленными предприятиями сельскохозяйственным сырьем, увеличение экспорта сельскохозяйственной продукции. В долгосрочной перспективе необходимо формирование конкурентоспособного, устойчивого и экологически безопасного производства, занимающего устойчивые позиции на мировом рынке сельскохозяйственного сырья и продовольствия.

Развитие аграрного сектора является одним из приоритетов экономической политики. Государство в Республике Беларусь осуществляет регулирование сельскохозяйственного производства в процессе разработки и реализации государственных программ для увеличения масштабов производства и повышения конкурентоспособности продукции сельского хозяйства.

Основной целью Программы совершенствования агропромышленного комплекса Республики Беларусь на 2001-2005 годы являлось формирование микро- и макроэкономической системы хозяйствования, обеспечивающей устойчивое развитие и повышение эффективности агропромышленного производства, гарантию продовольственной безопасности путем увеличения объемов производства сельскохозяйственной продукции.

Увеличение объемов производства основных видов продукции составляло: зерна – 25 %, рапса – 70 %, сахарной свеклы – 21 %, картофеля – 26 %, овощей – 8 %, мяса в живом весе – 32 %, молока – 19 %.

Государственная финансовая поддержка АПК предусматривала централизованное финансирование сельскохозяйственного производства за счет республиканского и местных бюджетов, республиканского фонда поддержки производителей сельскохозяйственной продукции, местных фондов стабилизации производителей сельскохозяйственной продукции и продовольствия. Удельный вес государственных расходов на финансирование АПК составлял 15 % расходной части бюджета республики.

Основными целями Государственной программы возрождения и развития села на 2005-2010 годы определены возрождение и развитие села на основе укрепления аграрной экономики, повышения доходов сельского населения, уровня социально-бытового и инженерного обустройства сельских населенных пунктов, сохранения и оздоровления экологии в них и рационального использования государственных и иных инвестиций.

В результате реализации Программы предусматривалось создание 16,2 тыс. новых рабочих мест, рост валовой продукции сельского хозяйства на 45 %, повышение уровня рентабельности сельскохозяйственного производства с учетом бюджетных ассигнований до 18-20 %.

В целях устойчивого развития сельских территорий, мотивации проживания в сельской местности и эффективного использования государственных средств для обустройства села, Программой намечено создание 1481 агрогородка, строительство 50 тыс. жилых домов (квартир).

Государственная поддержка направлена на финансирование приоритетных направлений развития сельскохозяйственного производства, обеспечивающих стабильное функционирование всех его отраслей, совершенствование инфраструктуры сельских населенных пунктов.

Для выполнения предусмотренных в Программе показателей социально-экономического развития села в 2005-2010 гг. направлено (в ценах 2005 г.) 69,8 трлн. рублей.

Основными целями Государственной программы устойчивого развития села на 2011–2015 годы являлось повышение экономической эффективности АПК, наращивание экспортного потенциала, повышение доходов сельского населения, укрепление престижности проживания в сельской местности, и на

этой основе обеспечение устойчивости социально-экономического развития села.

Совершенствование государственного регулирования развития АПК включало повышение эффективности механизма государственной поддержки сельского хозяйства, совершенствование системы налогообложения, совершенствование ценообразования, рационализацию механизма оказания поддержки при строительстве жилья на селе.

В результате реализации Государственной программы намечено обеспечить рентабельность продаж в сельском хозяйстве (10-11 %), темп роста продукции сельского хозяйства (139-145 %), экспорт сельскохозяйственной продукции и продовольствия (7,2 млрд долл.). Общая сумма бюджетных расходов на реализацию Государственной программы составила 29,8 трлн. рублей.

Всего за 2005-2015 гг., в период масштабной модернизации экономики Беларуси, на реализацию двух Государственных программ по развитию сельского хозяйства были осуществлены вложения в сумме около 50 млрд долларов.

В современных условиях экономическую политику государства в аграрном секторе определяет Программа социально-экономического развития Республики Беларусь на 2016-2020 годы.

В условиях реализации стратегической линии перехода национальной экономики на путь инновационного развития важнейшей задачей является обеспечение конкурентных преимуществ в сельском хозяйстве, выход на качественно новый уровень за счет повышения финансовой устойчивости и технологического уровня сельскохозяйственных предприятий. Основным направлением преобразований определены формирование новых подходов к модернизации экономики, эффективное государственное управление и повышение эффективности сельскохозяйственного производства.

Программой предусмотрено применение методов стимулирующей фискальной политики для снижения затрат сельскохозяйственных организаций на производство, повышения рентабельности, наращивания высокодоходного экспорта продукции. Государственное регулирование аграрного сектора экономики республики осуществляется путем приоритетного использования расходов консолидированного бюджета, направляемого на финансирование сферы производства, для стимулирования развития сельского хозяйства.

Эффективность проводимой экономической аграрной политики определяется соотношением темпов роста государственных расходов на сельское хозяйство и динамикой основных показателей эффективности сельскохозяйственного производства.

Консолидированный бюджет по расходам увеличился в текущих ценах с 36 962, 8 млрд рублей в 1996 г. до 163 417, 8 млрд рублей в 2014 г., или в сопоставимых ценах 1996 г. с учетом деноминации 2000 г. до 79950 млрд рублей, в 2,1 раза.

Рост масштабов национального производства повысил экономические возможности финансиру-

ния промышленности и сельского хозяйства за счет вложений государственных средств. Всего на развитие национальной экономики в 1996 г. было использовано 14,4 %, в 2014 г. – 15,9 % расходной части консолидированного бюджета.

В 1996 г. на развитие промышленности было направлено в текущих ценах 3223,7 млрд рублей, или 7,8 % бюджета по расходам, на развитие сельского хозяйства – 1671,5 млрд. рублей, или 3,9 %. В 2000 г. на промышленность, строительство архитектуру и топливно-энергетический комплекс было расходовано 1506,0 млрд рублей, или 1,5 % бюджетных средств, на развитие сельского хозяйства – 3109,4 млрд рублей, или 1,9 %.

В условиях модернизации и реализации Государственных программ возрождения и устойчивого развития села финансирование аграрного производства происходило опережающими темпами.

В 2008 г. доля расходов консолидированного бюджета на промышленность и сельское хозяйство равнялась соответственно 13,3 % и 7,1 %; в 2012 г. – 1,9 % и 8,9 %; в 2014 г. – 2,2 % и 7,5 %. В 2016 г. удельный вес расходов на финансирование промышленности повысился до 4,1 % и составил 6 649,9 млрд рублей, доля расходов на финансирование сельского хозяйства равнялась 5,8 %, или 9 5147 6 млрд рублей.

Основную долю в бюджетных ассигнованиях на развитие сельского хозяйства составляли расходы по финансированию государственных комплексных программ по развитию агропромышленного комплекса и обеспечению аграрной реформы. В 1996 г. доля этих расходов равнялась 2,3 %, в 2000 г. – 0,9 % консолидированного бюджета. В 2000 г. расходы республиканского фонда поддержки производителей сельскохозяйственной продукции, продовольствия и аграрной науки достигли 10,6 % государственных вложений. В 2016 г. стимулирование сферы производства и сферы услуг привело к уменьшению удельного веса данного республиканского фонда до 1,4 %.

Удельный вес расходов на сельскохозяйственное производство повысился от 0,28 % средств бюджета в 2000 г. до 0,9 % в 2014 г., или в 3,1 раза. За счет государственных средств в размере 1,12 % в 1996 г. и 5,9 % в 2008 г. проведено известкование кислых почв, на сохранение и расширение сельскохозяйственных угодий использовано 0,84 % в 2008 г. и 0,7 % государственных вложений в сельское хозяйство в 2014 году.

Расходы по содержанию бюджетных организаций сельского хозяйства за 1996-2014 гг. составляли около 0,2 % средств консолидированного бюджета.

Увеличение размеров государственного финансирования аграрного сектора обеспечило рост производства продукции сельского хозяйства.

С 2008г. по 2014 г. объем вложений консолидированного бюджета в сельское хозяйство в фактически действовавших ценах повысился с 4499 млрд рублей до 15884 млрд рублей, или в 5,1 раза. Инвестиции в основной капитал в сельском хозяйстве возросли в фактически действовавших ценах с 5805,2 млрд рублей в 2008 г. до 22474,6 млрд рублей в 2014

г., или в 3,9 раза. Динамика инвестиций в основной капитал в сельском хозяйстве характеризуется снижением удельного веса вложений средств консолидированного бюджета с 26,0 % в 2008 г. до 9,1 % в 2012 г. и 4,7 % в 2014 г.

Продукция сельского хозяйства за этот период выросла с 25219 млрд рублей до 131204 млрд рублей, или в 5,2 раза. Стоимость продукции растениеводства составила 63563 млрд рублей, увеличилась в 4,5 раза, стоимость продукции животноводства возросла до 67641 млрд рублей, или в 6,0 раз.

В 2014 г. в растениеводстве повысились валовой сбор и урожайность основных сельскохозяйственных культур: зерновых и зернобобовых к уровню 2000 г. в 1,97 раза, к уровню 2008 г. – в 1,1 раза; льноволокна, соответственно, в 1,3 раза и 1,1 раза; сахарной свеклы – в 3,2 раза и 1,2 раза.

В животноводстве рост реализации скота и птицы в живом весе за этот период составил 1,8 раза и 1,3 раза; производства молока – в 1,5 раза и 1,1 раза; производства яиц – в 1,2 раза и 1,1 раза.

В результате введения в эксплуатацию и технического переоснащения молочно-товарных, свиноводческих, зерносушильных и птицеводческих комплексов произошло повышение производительности труда в сельскохозяйственном производстве. Продукция сельского хозяйства в расчете на одного занятого увеличилась в текущих ценах в 2008 г. с 50,6 млн рублей до 332,1 млн рублей в 2014 г., или в 6,5 раза. За этот период темп роста вложений консолидированного бюджета составил 5,1 раза при уменьшении численности занятых работников в сельском хозяйстве в 1,15 раза. Производительность труда по валовой добавленной стоимости в 2014 г. возросла к уровню 2010 г. в сопоставимых ценах в 1,37 раза.

В течение 2012-2014 гг. произошло увеличение доли собственных средств сельскохозяйственных организаций в общей сумме инвестиций в основной капитал с 46,1 % до 65,3 %. Возросло привлечение иностранных инвестиций в сельское хозяйство с 33,6 млн долларов в 2008 г. до 64,7 млн долларов в 2014 г., или в 1,9 раза. Прямые иностранные инвестиции в сельском хозяйстве за этот период повысились от 23,9 млн долларов до 51,5 млн долларов, или в 2,2 раза. Удельный вес прямых иностранных инвестиций в общей сумме иностранных инвестиций в сельское хозяйство вырос с 71,1 % в 2008 г. до 79,6 % в 2014 г.

Вместе с тем развитие аграрного сектора Беларуси сопровождается негативными тенденциями. Рентабельность реализованной продукции в сельском хозяйстве сократилась от 18,6 % в 2012 г. до 6,7 % в 2014 г., рентабельность продаж от 14,1 % до 5,6 %. Удельный вес убыточных сельскохозяйственных организаций вырос с 1,6 % до 11,0 %.

Программой социально-экономического развития Республики Беларусь на 2016-2020 годы предусмотрен переход на качественно новый уровень развития сельского хозяйства за счет повышения финансовой устойчивости и технологического уровня сельскохозяйственного производства, привлечения в аг-

ропромышленный комплекс частных инвесторов на принципах окупаемости и эффективности.

Заключение

Важной функцией государства в Республике Беларусь является проведение стимулирующей фискальной экономической политики в аграрном секторе, регулирование агропромышленного производства и повышение его эффективности.

В условиях перехода экономики на инновационный путь развития Программой социально-экономического развития Республики Беларусь на 2016-2020 годы определены следующие задачи:

- наращивание и диверсификация высокодоходного экспорта сельскохозяйственной продукции и продовольствия;
- формирование механизма, стимулирующего сельскохозяйственных производителей к снижению затрат и эффективной деятельности;
- реструктуризация и финансовое оздоровление неплатежеспособных сельскохозяйственных организаций;
- совершенствование системы управления агропромышленным комплексом.

Формирование механизма хозяйствования, обеспечивающего в результате реализации Программы повышение эффективности агропромышленного производства на основе инновационного развития, позволит повысить объем продукции сельского хозяйства в 2020 г. на 12,6-15,0 % к уровню 2015 г., рентабельность продаж – с 2,4 % до 10 %, создать дополнительно 3,5 тыс. рабочих мест в сфере агробизнеса, увеличить экспорт сельскохозяйственной продукции и продуктов питания до 7,5 млрд долларов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Основные положения Программы социально-экономического развития Республики Беларусь на 2016 – 2020 годы [Электронный ресурс]. – 2016. – Режим доступа: <http://www.sb.by/print/post/vmeste-zasilnuyu-belarus-17062016.html>. – Дата доступа:
2. От уверенного старта – к успеху нового пятилетия / Послание Президента А.Г. Лукашенко к белорусскому народу и Национальному собранию // СБ Беларусь сегодня. – 2016. – 22 апреля.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 26.07.2016

Счетчик газа ультразвуковой СГУ001 типоразмеров G16-G25

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



Основные технические данные

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

ПЕРЕЧЕНЬ СТАТЕЙ, ОПУБЛИКОВАННЫХ В ЖУРНАЛЕ «АГРОПАНОРАМА» В 2016 ГОДУ

№ 1/2016

А.В. ЗАХАРОВ, А.В. ВАЩУЛА, И.О. ЗАХАРОВА	Особенности расположения тяг навесного устройства в навесном пахотном агрегате
В.Ф. КОВАЛЕВСКИЙ, А.В. КЛОЧКОВ	Определение усилий на деформацию соломы прутковыми элементами
Л.М. АКУЛОВИЧ, Л.Е. СЕРГЕЕВ, Е.В. СЕНЧУРОВ, Е.Г. GERMANOVICH	Методы технологического обеспечения износостойкости штоков гидроцилиндров
Н.А. ПОЗДНЯКОВ, С.В. ХИТРИКОВ, Д.Г. ЛОПУХ, А.И. БОБРОВНИК, А.Д. ЧЕЧЕТКИН, Т.А. ВАРФОЛОМЕЕВА	Исследование вибронагруженности на рабочем месте водителя транспортного средства на основе компьютерного моделирования процессов
С.Н. ГЕРУК, М.А. ПРИЩЕПОВ, И.С. КРУК, А.В. КОРОТКЕВИЧ, Ф.И. НАЗАРОВ	Теоретическое обоснование технологических параметров почвообрабатывающей машины с активными рабочими органами
А.В. НОВИКОВ, В.Я. ТИМОШЕНКО, Д.А. ЖДАНКО, Г.Ф. ДОБЫШ	Совершенствование методики определения состава машинно-тракторного парка сельскохозяйственного предприятия, выполненного им объема работ и показателей эффективности его использования
Г.В. БЕСАРАБ	Результативность использования дефеката в составе комбикормов КР-2 в рационах телят в возрасте 76-114 дней
Г.И. ЯНУКОВИЧ, В.М. ЗБРАДЫГА, Н.Г. КОРОЛЕВИЧ, Е.А. ТЮНИНА	О структуре нагрузки в сельских электрических сетях
А.Г. ЦУБАНОВ, А.Л. СИНЯКОВ, И.А. ЦУБАНОВ	К расчету влаговыведения в кожухотрубчатых теплоутилизаторах систем вентиляции
В.М. СИНЕЛЬНИКОВ, М.В. СИНЕЛЬНИКОВ	Эколого-экономические проблемы развития регионов Беларуси
И.И. СТАНКЕВИЧ	Методика рейтинговой оценки устойчивого развития молокоперерабатывающего предприятия
Г.В. БАРКУН, Е.С. КРИШТОФИК	Пути повышения рентабельности ОАО «Беллакт»

№ 2/2016

И.Н. ШИЛО, Н.Н. РОМАНЮК, А.Н. ОРДА, В.А. ШКЛЯРЕВИЧ, А.С. ВОРОБЕЙ	Закономерности уплотнения почвы под воздействием колес сельскохозяйственных машин
Г.И. ГЕДРОИТЬ, А.Ф. БЕЗРУЧКО, А.Ф. МАТУСЕВИЧ	Совершенствование ходовых систем тракторных прицепов грузоподъемностью 4...5 тонн
Л.М. АКУЛОВИЧ, Л.Е. СЕРГЕЕВ, М.М. ДЕЧКО, Е.В. СЕНЧУРОВ	Факторный анализ процесса магнитно-абразивной обработки по производительности и качеству поверхности
Н.Н. ВЕЧЕР, Е.А. ГОРОДЕЦКАЯ, И.Б. ДУБОДЕЛ, Т.А. НЕПАРКО, Ю.К. ГОРОДЕЦКИЙ, Д.И. ЦВИРКО	Влияние норм высева на продуктивность лекарственного сырья иссопа лекарственного (HYSSOPUS OFFICINALIS L.)
В.А. ЛЮНДЫШЕВ, В.Ф. РАДЧИКОВ, Е.Ф. САРАНЧИНА, А.С. КРАСНОСЛОБОДЦЕВА, В.Е. ШРЕДЕР, М.О. КАСИМОВА	Использование мочевиноформальдегидной смолы в качестве консерванта-обогапителя при закладке кукурузного силоса
М.А. ПРИЩЕПОВ, Д.М. ИВАНОВ, В.В. СМОЛЕНЧУК	Анализ существующих и обоснование перспективной системы электропривода обкаточно-испытательных стендов механических передач
А.В. КРУТОВ, М.А. БОЙКО	Удаление взвешенных частиц в электромагнитном гидrocиклоне при очистке сточных вод
А.М. КРАВЦОВ, Д.С. ШАХРАЙ	Использование гидроструйных эжекторов в напорных гидравлических системах
Н.С. ЯКОВЧИК, А.Э. ШИБЕКО	Инновационные подходы к формированию и закреплению управленческого персонала в аграрном секторе экономики Республики Беларусь

№ 3/2016

Ю.В. ЧИГАРЕВ, И.С. КРУК, В. РОМАНЮК, Я.Р. КАМИНСКИЙ, А.С. ВОРОБЕЙ, Ф.И. НАЗАРОВ, Д.Р. МАЛЫЦЕВ	Математическое моделирование процесса колебаний штанги полевого опрыскивателя с демпфирующим устройством
А.Н. ОРДА, В.А. ШКЛЯРЕВИЧ, А.С. ВОРОБЕЙ	Определение показателей уплотняющего воздействия на почву ходовых систем колесных тракторов
Г.Ф. БЕТЕНЯ, Г.И. АНИСКОВИЧ, А.В. ВАЩУЛА, В.А. БУБЕЛЕВ, Д.Г. ОЛИФЕРЧИК, В.М. МАСАЛОВ, А.В. ЩЕРБА, А.В. КРИВЦОВ	Опыт модернизации термических производств для упрочнения сменных деталей сельскохозяйственных машин применением технологии импульсного закалочного охлаждения жидкостью
А.В. НОВИКОВ, Д.А. ЖДАНКО, Т.А. НЕПАРКО, А.А. ЗЕНЬКО	Оценка годовой загрузки новых отечественных тракторов «Беларус» класса тяги - 6
А.В. КУДИНА, В.С. ИВАШКО	Улучшение качества трибоповерхностей стальных деталей машин и технологического оборудования методом электродуговой наплавки
Г.С. САВЕЛЬЕВ, М.Н. КОЧЕТКОВ, Е.В. ОВЧИННИКОВ, С.Ю. УЮТОВ	Определение экономически целесообразного вида газомоторного топлива для мобильной сельскохозяйственной техники
Л.Г. ШЕЙКО, А.Ф. СТАНКЕВИЧ, А.А. ГОНЧАРКО	Запашка соломы и сидератов как элемент органического земледелия на дерново-подзолистых супесчаных почвах в Республике Беларусь
Е.П. ФРАНКО, О.С. АГАФОНОВ	Определение содержания олеиновой кислоты в масле семян подсолнечника рефрактометрическим методом и на основе ядерно-магнитной релаксации
Г.И. ГАНУШ, В.В. ЛИПНИЦКАЯ, З.Г. БЛИЗНЮК	Формирование экономико-правовых предпосылок развития органического фермерства в Республике Беларусь
Н.И. ХОЛОД, А.А. ЕФРЕМОВ	Выбор маркетинговой стратегии предприятия АПК на вторичном рынке сельскохозяйственной техники с использованием вероятностного подхода
С.А. МАТОХ	Проблемы развития крестьянских (фермерских) хозяйств Беларуси

№ 4/2016

А.П. ЛЯХОВ, Г.И. КОШЛЯ	Параметры расходомера жидкости с линейной характеристикой
А.В. НОВИКОВ, В.Я. ТИМОШЕНКО, Д.А. ЖДАНКО, Г.Ф. ДОБЫШ	Совершенствование учета механизированных тракторных работ и состава машинно-тракторного парка
В.А. ЛЮНДЫШЕВ, Л.Ф. РАДЧИКОВ, Е.О. ГЛИВАНСКИЙ, В.П. ЦАЙ	Новая кормовая добавка в рационах коров
А.И. ШАКИРИН	Компьютерное моделирование процессов теплопередачи в многослойных композиционных материалах
Г.И. ГАНУШ, Л.П. КВАЧУК	Увеличение производства добавленной стоимости как фактор инновационного развития сельскохозяйственного производства
М.М. РАДЬКО, В.С. СУХОЦКАЯ	Современное состояние и тенденции развития интегрированных компаний в АПК Республики Беларусь
И.И. СТАНКЕВИЧ	Интернет-маркетинговая стратегия как инструмент повышения конкурентоспособности молокоперерабатывающего предприятия
А.А. БУРАЧЕВСКИЙ	Состояние и тенденции развития дополнительных товарных отраслей специализированных сельскохозяйственных организаций
Д.Н. КОЛОСКО, И.С. КРУК, В. РОМАНЮК	Использование компьютерно-ориентированных методических систем в образовательном процессе при преподавании технических дисциплин

А.И. ПОПОВ, В.М. СИНЕЛЬНИКОВ	Формирование инновационной готовности экономистов агропромышленного комплекса в открытой образовательной среде
------------------------------	--

№ 5/2016

В.Т. НАДЫКТО, А.Д. КИСТЕЧОК	Исследование траекторных и тягово-энергетических показателей работы пахотного агрегата по схеме «PUSH-PULL»
А.В. НОВИКОВ, Д.А. ЖДАНКО, Ю.И. ТОМКУНАС, А.А. ШИШ	Практические результаты использования современных технических средств для учета расхода топлива
Л.И. БОЙКО, Н.Л. РАКОВА, Т.В. БОЙКО, А.С. ВОРОБЕЙ	Обоснование выбора силового метода снижения динамической нагруженности привода системы очистки зерноуборочного комбайна типа «Полесье»
Л.В. САФРОНЕНКО, Е.В. САФРОНЕНКО	Разработка ферментированных пробиотических продуктов для детского питания
М.А. ПРИЩЕПОВ, Е.М. ПРИЩЕПОВА, Д.М. ИВАНОВ	Расчет параметров схемы замещения асинхронных двигателей по каталожным данным и построение их естественных механических и электромеханических характеристик
А.Г. ЦУБАНОВ, И.А. ЦУБАНОВ, И.А. ЦУБАНОВА	К расчету параметров вытяжного воздуха на выходе кожухотрубчатых теплоутилизаторов в системах вентиляции
А.А. БУРАЧЕВСКИЙ	Оценка влияния дополнительных товарных отраслей на эффективность специализированных сельскохозяйственных организаций
И.А. КОНТРОВСКАЯ, А.В. ГОРБАТОВСКИЙ, А.И. ГРИЦЕНКО	Эффективность производства молока: обоснование резервов ее роста
Г.В. БАРКУН, Е.С. КРИШТОФИК	Направления улучшения финансового состояния ОАО «Беллакт»

№ 6/2016

Г.И. ГЕДРОИТЬ, А.Ф. БЕЗРУЧКО	Снижение шума тракторов
С.Н. ГЕРУК, С.М. ХОМЕНКО, И.С. КРУК, А.В. МУЧИНСКИЙ, А.В. СВИСТУН	Результаты исследований машины для внесения твердых органических удобрений
Г.С. ГОРИН, А.А. СИЛЬЧЕНКО, О.Л. МИРАНОВИЧ, Д.В. МЕНДЕЛЕВ	Статическая устойчивость одноосного мобильного энергетического средства с канатной тягой в продольной плоскости
А.Л. ЗАЙЦЕВА, Е.П. ФРАНКО	Биоферментированные молочные продукты Республики Беларусь как источник здорового питания
Ф.Я. РУДИК, М.С. ТУЛИЕВА	Исследование изменения кислотного числа сырых и нерафинированных подсолнечных масел при хранении и обоснование режимов регенерации
М.А. ПРИЩЕПОВ, Д.М. ИВАНОВ Е.М. ПРИЩЕПОВА	Расчет статических характеристик асинхронные электродвигателей с короткозамкнутым ротором в двигательном и генераторном режимах при частотном регулировании скорости и стабилизации потока возбуждения статора
Н.К. ТОЛОЧКО, В.С. КОРКО, А.Н. ЧЕЛЕДИНОВ,	Особенности развития кавитации и эффективность очистных процессов в ультразвуковой ванне
А.В. НОВИКОВ, Ю.И. ТОМКУНАС, В.Н. КЕЦКО, А.А. ГОНЧАРКО	Диагностика технического состояния дизельного двигателя по дымности отработавших газов
С.Н. БОНДАРЕВ, А.В. КИТУН	Методика подбора сосковой резины для дойного стада
Л.П. КВАЧУК	Государственное регулирование развития АПК Республики Беларусь

Правила для авторов

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

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

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

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

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

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

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

4) при наборе формул необходимо следовать общепринятым правилам:

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

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

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

г) цифры набираются шрифтом прямого начертания;

д) аббревиатуры функций набираются прямо;

е) специальные символы и элементы, обозначаемые буквами греческого алфавита, 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 и рисунки должны быть представлены в электронном виде в отдельных файлах формата *.tif или *.jpg с разрешением 300 dpi.

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

индекс УДК;

название статьи;

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

аннотацию на русском и английском языках;

ключевые слова на русском и английском языках;

введение;

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

заключение, завершаемое четко сформулированными выводами;

список цитированных источников;

дату поступления статьи в редакцию.

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

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

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

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

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

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

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

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

9. Плата за опубликование научных статей не взимается.

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

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

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

Технологическая линия заполнения кассет субстратом и высева семян

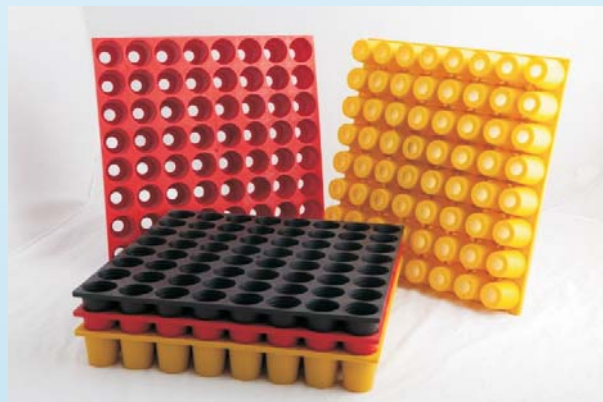
Предназначена для удаления остатков торфа, приготовления субстрата, включая измельчение и просеивание торфа, увлажнение, смешивание торфа с минеральными удобрениями, известковым материалом и перлитом, заполнение кассет субстратом, уплотнение его в ячейках, формирование лунок в субстрате, однозерновыи высев, заделку семян и их увлажнение.

Применение технологической линии снижает трудозатраты примерно в 7 раз и повышает качество всех технологических операций.



Основные технические данные

Габаритные размеры, см	2500/900/3000
Масса, кг	450/500
Количество кассет, заполняемых субстратом, шт./ч	220-360
Количество высеянных семян в смену:	
- при использовании кассет с 64 ячейками, тыс. штук	96-128
- при использовании кассет с 144 ячейками, тыс. штук	216-288



Технологическая линия состоит из трех модулей, включая сепаратор-смеситель торфа, бункер накопитель с дозирующим устройством, установку высева семян и техническую тележку. Каждый модуль технологической линии может работать в автономном режиме. На линии выполняется 24 технологических операций.

