ВЕСТНИК ВИЭСХ

№2(11) 2013

Теоретический и научно-практический журнал. Основан в 2005 году
Учредитель и издатель: Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт электрификации сельского хозяйства Россельхозакадемии

Редакционная коллегия:
Д.С. Стребков (председатель, главный научный редактор)
А.В. Тихомиров (зам. председателя, зам. главного научного редактора)
А.Н. Васильев (зам. председателя, зам. главного научного редактора)
А.Б. Коршунов (зам. председателя, зам. главного научного редактора)
Л.П. Кормановский,
Ю.М. Антонов,
В.М. Евдокимов,
Е.М. Клычев,
Д.А. Ковалев,
Б.П. Коршунов,
В.Р. Краусп,
А.К. Лямцов,
А.И. Некрасов,
С.А. Растимешин,
Л.Д. Сагинов,
Р.С. Суюнчалиев,
Е.В. Халин,
Ю.А. Цой,
Ю.М. Щекочихин,
Т.А. Гудкова (ответственный секретарь, редактор)

Адрес редакции:
109456, г. Москва,
1-й Вешняковский проезд, 2.
Телефон: (499) 171-22-91
Факс: (499) 170-51-01
E-mail: vestnikviesh@gmail.com
Свидетельство о регистрации
ПИ № ФС77-46497 от 08.09.2011 г.

Выходит 4 раза в год.

Компьютерный оригинал-макет
М.П. Татаринова
Подписано в печать 17.06.2013 г.
Формат 60×84/8. Объем 11 печ.л.
Тираж 100 экз. Печать цифровая.
Заказ № 15.

Отпечатано в ООО «Издательство Агрорус».
119590, Москва, ул. Минская, д. 1Г, корп. 2

ISSN 2304-5868

Журнал включен в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ).
Полные тексты статей размещаются на сайте электронной научной библиотеки: elibrary.ru

Содержание номера

По материалам 2-й Конференции молодых ученых и специалистов Отделения механизации, электрификации и автоматизации РАСХН (15-16 мая 2013 г.)

Информация
2-я Конференция молодых ученых и специалистов Отделения механизации, электрификации и автоматизации Россельхозакадемии НАУЧНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В АГРОПРОМЫШЛЕННОЙ СФЕРЕ…….. **3**
Сыроватка В.И., Горбачев И.В. Творчество и научное наследие академика В.П. Горячкина…… **5**
Свентицкий И.И. Научная общность идей академиков В.П. Горячкина, М.Г. Евреинова. Их осуществление……. **8**
Стребков Д.С., Сиптиц С.О., Кузнецов И.М. Кибернетика – основа управления инновационным развитием сельского хозяйства……. **13**
Аниканова Т.Ю., Колосова Ю.А. Кадровое планирование в системе управления сельскохозяйственных организаций……... **21**
Савченко В.В., Синявский А.Ю. Влияние отклонения напряжения на технологические и энергетические характеристики ленточных транспортеров…….. **29**
Савченко В.В., Синявский А.Ю. Изменение биопотенциала и урожайности сельскохозяйственных культур при предпосевной обработке семян в магнитном поле…… **33**
Будников Д.А. Поглощение электромагнитного поля СВЧ сельскохозяйственными материалами…… **38**
Будников Д.А., Васильев А.А. Влияние неравномерности распределения влаги в зерне на расчет теплопроводности при СВЧ обеззараживании…… **41**
Михалев А.А., Юферев Л.Ю. Аналитический расчет теплового режима светодиодного светильника…… **45**
Каткова Ю.Б. Локальный электрообогрев в свинарниках-маточниках…… **48**
Бестаев Г.З., Карташов С.Г. Использование роторно-пульсационного аппарата для приготовления гомогенизированных смесей из семян зернобобовых культур и фуражного зерна…… **54**
Кирсанов В.В., Милешина О.В. Селективная технологическая линия доения с аналитическим блоком измерения и отделения аномального молока в потоке…… **57**
Ковалев Д.А. Определение оптимальных параметров реактора-модуля биогазовых установок блочно-модульного типа……. **61**
Ковалев А.А. Энергонезависимая установка для переработки органических отходов животноводства…… **66**
Моренко К.С. Перспективы применения двухроторного генератора для ветроустановки с управляемым углом атаки лопасти…….. **71**
Юферев Л.Ю., Соколов А.В. Проблемы безопасности эксплуатации резонансных систем передачи электроэнергии……... **74**
Кусков А.И. Преобразование кинетической гидроэнергии с помощью свободно-поточной гидротурбины…… **77**
Задорожний Р.Н., Денисов В.А. Восстановление неподвижных соединений методами электроискрового легирования и газодинамического напыления…… **81**
Костомахин М.Н., Рубцова Я.Е., Силина М.И. Анализ результатов деятельности предприятий технического сервиса по обслуживанию и ремонту сельскохозяйственной техники……... **84**

Перепечатка материалов, опубликованных в журнале, допускается только с разрешения редакции.

© ГНУ ВИЭСХ Россельхозакадемии, 2013.

Contents

The 2nd Conference of young scientists and specialists
The Department of mechanization, electrification and automation of the Russian Academy of Agricultural Sciences SCIENTIFIC SUPPORT OF INNOVATION PROCESSES IN THE AGRO SECTOR……. **3**
Syrovatka V.I., Gorbachev I.V. Creativity and scientific heritage of academician V.P. Goryachkin…… **5**
Sventitskii I.I. Scientific commonality ideas academicians V.P. Goryachkin, M.G. Evreinov. Their implementation…… **8**
Strebkov D.S., Siptits S.O., Kuznetsov I.M. Cybernetics is the essence of governance innovative development of agriculture…… **13**
Anikanova T.YU., Kolosova YU.A. Workforce planning in the system of management of agricultural organizations…….. **21**
Savchenko V.V., Sinyavsky A.YU. Influence of voltage deviation the technological and energy characteristics of belt conveyors..... **29**
Savchenko V.V., Sinyavsky A.YU. Change biocapacity and crop yields in the presowing treatment of seeds in a magnetic field……... **33**
Budnikov D.A. Absorption of the electromagnetic field of microwave agricultural materials..... **38**
Budnikov D.A., Vasiliev A.A. Influence of the uneven distribution of moisture in grain on the thermal conductivity in a microwave disinfection..... **41**
Mikhalev A.A., Yuferev L.YU. Analytical calculation of the thermal regime of the led lamp……... **45**
Katkova YU.B. Local electric heating in the pig's pen-liquor……... **48**
Bestaev G.Z., Kartashov S.G. The rotary-pulsation the device for preparation of the homogenized mixtures of seeds grain-legumes and fodder grain……... **54**
Kirsanov V.V., Mileshina O.V. Selective technological line of milking with the analytical measurement bloc and separation of anomalous milk in a stream…… **57**
Kovalev D.A. Determination of the optimum parameters of the reactor module of biogas installations of modular type..... **61**
Kovalev A.A. Non-volatile plant for the processing of organic wastes from livestock……. **66**
Morenko K.S. The abilities of the uses of the double-rotor generator at the wind power plant with the regulation of the attack angle of the blade……... **71**
Yuferev L.YU, Sokolov A.V. Problems of safety of operation of resonant transmission systems….. **74**
Kuskov A.I. The conversion of kinetic hydro energy with the help of the free-flow turbines…….. **77**
Zadorozhnii R.N., Denisov V.A. Recovery of fixed compounds by electric spark and gas dynamic spraying……. **81**
Kostomakhin M.S., Rubtsova Я.E., Silina M.I. Analysis of results of activity of enterprises in the technical service and maintenance and repair of agricultural machinery…… **84**

© ГНУ ВИЭСХ Россельхозакадемии, 2013.

Информация

2-я Конференция молодых ученых и специалистов
Отделения механизации, электрификации и автоматизации Россельхозакадемии

НАУЧНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В АГРОПРОМЫШЛЕННОЙ СФЕРЕ

15-16 мая 2013 года в соответствии с Планом работ Отделения механизации, электрификации и автоматизации Российской академии сельскохозяйственных наук во Всероссийском научно-исследовательском институте электрификации сельского хозяйства состоялась 2-я Конференция молодых ученых и специалистов «Научное обеспечение инновационных процессов в агропромышленной сфере», посвященная 145-летию выдающегося ученого, основоположника научной дисциплины "Земледельческая механика", основателя МИМЭСХ (МГАУ), академика ВАСХНИЛ Горячкина Василия Прохоровича и 130-летию выдающегося ученого, основоположника научно-учебного направления "Применение электроэнергии в сельском хозяйстве", сооснователя и 1-го директора ВИЭСХ, академика ВАСХНИЛ Евреинова Михаила Григорьевича.

В работе Конференции приняли участие молодые ученые и специалисты из России и Украины, представляющие: ВИЭСХ; ГОСНИТИ, ВНИИТиН, Северо-Западный НИИМЭСХ, РОСИНФОРМАГРОТЕХ, Костромскую сельскохозяйственную академию (КСХА), Национальный университет биоресурсов и природопользования (НУБИП Украины), Азово-Черноморскую государственную агроинженерную академию (АЧГАА), ВИМ, Волгоградский государственный аграрный университет (ВолГАУ).

На конференцию было прислано 60 докладов, из них было заслушано 38. Всего в конференции приняли участие 54 специалиста.

Программа конференции была посвящена инновационным направлениям в механизации и технологиях и средствах технического обслуживания в сельском хозяйстве, электрификации и автоматизации сельского хозяйства, возобновляемой энергетике.

На Пленарном заседании с приветственным словом участникам конференции выступил директор ВИЭСХ академик РАСХН Д.С. Стребков. Как Председатель Экспертного совета ВАК он рассказал об изменениях, происходящих в процедуре подготовки диссертационных работ и защите ученых степеней. Советник Россельхозакадемии, академик РАСХН В.И. Черноиванов выступил с посланием молодым ученым и специалистам.

Академик-секретарь ОМЭАСХ Россельхозакадемии член-корр. РАСХН И.В. Горбачев познакомил участников конференции с творчеством и научным наследием академика В.П. Горячкина, а также рассказал о работе, проводимой Отделением, по подготовке молодых кадров.

Д.т.н. И.И. Свентицкий в своем докладе рассмотрел общность научных идей акад. В.П. Горячкина и М.Г. Евреинова, на основании которых были выявлены законы и принципы, позволяющие логически объединить нетеоретизированные эмпирические знания с фундаментальной наукой, а также установлен закон выживания, сущность которого противоположна сущности второго начала термодинамики. Этот закон и начало объединены в виде динамической зеркальной симметрии в принцип энергетической экстремальности самоорганизации и прогрессивной эволюции. Этот принцип позволяет объединить физику и биологию, теоретизировать неформализованные отрасли знаний.

Заслушав и обсудив представленные доклады молодых ученых и специалистов, оргкомитет конференции отметил их высокий научный уровень, рекомендовал к публикации в периодических научных изданиях ГНУ ВИЭСХ и наградил лучшие доклады в секциях Дипломами 1, 2, и 3-й степени.

Дипломы 1-й степени получили:

- Асп. Милешина О.В. (ГНУ ВНИИМЖ); Асп. Михалев А.А. (ГНУ ВИЭСХ); Асп. Ковалев А.А. (ГНУ ВИЭСХ).

Дипломы 2-й степени получили:

- Асп. Каткова Ю.Б. (ГНУ ВИЭСХ); Ковалев Д.А. (ГНУ ВИЭСХ); Асп. Задорожний Р.Н. (ГНУ ГОСНИТИ).

Дипломы 3-й степени получили:

- Асп. Бестаев Г.З. (ГНУ ВИЭСХ); Будников Д.А., Васильев А.А. (ГНУ ВИЭСХ); Асп. Моренко К.С. (АЧГАА)

Участникам конференции были вручены грамоты.

По итогам конференции было предложено провести 3-ю Конференцию молодых ученых и специалистов «Научное обеспечение инновационных процессов в агропромышленной сфере» в мае 2014 года.

УДК 631.171(091)(092)

ТВОРЧЕСТВО И НАУЧНОЕ НАСЛЕДИЕ АКАДЕМИКА В.П. ГОРЯЧКИНА

Академик Россельхозакадемии В.И. Сыроватка,
член-корр. Россельхозакадемии И.В. Горбачев
(Россельхозакадемия)

В статье показаны этапы большого жизненного и научного пути выдающегося российского ученого, основоположника научной дисциплины "Земледельческая механика", основателя МИМЭСХ (МГАУ), академика ВАСХНИЛ В.П. Горячкина. Приведены воспоминания коллег, последователей и учеников Горячкина и показана значимость его творческого наследия для воспитания будущего поколения ученых.

В этом году исполнилось 145 лет со дня рождения основоположника земледельческой механики Василия Прохоровича Горячкина, Почетного академика Академии наук СССР, академика ВАСХНИЛ (Всесоюзной академии сельскохозяйственных наук имени В.И. Ленина, ныне Российской академии сельскохозяйственных наук), заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, первого председателя секции механизации ВАСХНИЛ.

В.П. Горячкин по времени не был первым в области изучения сельскохозяйственных машин и орудий, поскольку они создавались задолго до него. Его феномен состоит в том, что он был первым подлинным ученым в области создания сельскохозяйственной техники, в этой важнейшей для человечества науке. Он, применив научные методы, впервые определил ее существо, дал ей верное направление, создал первую в мире школу ученых в области сельскохозяйственного машиностроения.

Будущий ученый родился в 1868 г. в Москве, в семье временнообязанного горнозаводского мастерового Выксунского завода Нижегородской губернии Горячкина Прохора Ивановича, обладавшего выдающимися техническими способностями, и был последним, одиннадцатым ребенком в семье.

В трехлетнем возрасте он остался без матери, которая умерла от холеры, в двенадцатилетнем – без отца, скончавшегося от брюшного тифа. Младшие дети стали воспитываться в семье старшего брата Николая Прохоровича, который стал главой семьи после смерти родителей и так же, как и отец, был очень одаренным от природы человеком.

С 1878 по 1886 гг. Василий Прохорович обучался во второй Московской гимназии. Затем получил блестящее высшее образование, окончив сначала математическое отделение физико-математического факультета Московского университета, а затем – Московское высшее техническое училище. В те годы его наставником стал выдающийся русский ученый, «отец отечественной авиации» профессор Н.Е. Жуковский, по представлению которого в 1894 г. В.П. Горячкин рекомендован для преподавания курса «Учение о сельскохозяйственных машинах и двигателях» в Московском сельскохозяйственном институте (ныне РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева).

В том же году он был командирован Департаментом земледелия за границу на два года для подготовки к учебной и научной работе. Здесь Василий Прохорович посетил много исследовательских институтов, кафедр, заводов, машиноиспытательных станций, но не нашел там науки о сельскохозяйственных машинах – дисциплины, которую он должен преподавать.

В 1896 г., по возвращению из-за границы, В.П. Горячкин был назначен исполняющим обязанности адьюнкт-профессора, а затем адьюнкт-профессором по кафедре учения о сельскохозяйственных машинах, орудиях и двигателях в МСХИ. Разрабатывая учебный курс сельскохозяйственных машин, Василий Прохорович окончательно убедился в том, что ни за рубежом, ни в России не существует не только сложившейся научной дисциплины по этому предмету, но и никаких научных работ. Перед ним было нагромождение плодов интуитивного творчества, многолетнего эмпирического со-

вершенствования первоначальных конструкций, подражание лучшим образцам; вековой опыт, конструкторское чутье, гениальные находки и остроумные изобретения вроде вязального аппарата сноповязалки. Вокруг сельскохозяйственных машин создавалась атмосфера знахарства и «технической тайны».

Одновременно с преподавательской деятельностью В.П. Горячкин начинает большую научно-исследовательскую работу, изучая простроенные своими руками модели плугов. Результаты своих исследований он опубликовал в книгах «Плуги» (1906 г.) и «Отвалы плугов» (1910 г.).

При исследовании сельскохозяйственных машин многие проблемы В.П. Горячкин ставил и решал так глубоко, что многие его результаты обогатили общую теорию машин и механизмов новыми положениями. Творчество ученого неразрывно связано с практическими потребностями сельскохозяйственного машиностроения. По инициативе Василия Прохоровича в 1913 г. создана машиноиспытательная станция, которая превратилась в центр научно-исследовательской и экспериментально-конструкторской деятельности в России и очень скоро приобрела всемирную известность. В этом же году В.П. Горячкин издал классический атлас чертежей косилок, жнеек и сноповязалок, составил техническое описание этой техники и подготовил работу по теории жаток. В атласе дан метод расчета и построения графических схем указанных машин, что использовано при их конструировании и производстве. Значительную часть тиража атласа быстро скупили представители Международной компании жатвенных машин. Василию Прохоровичу сделали предложение переехать на работу в Америку, но ученый-патриот ответил отказом. Много сил и времени отдавал ученый подготовке молодых научных кадров. При этом он был нетерпим к верхоглядству, поощряя научную инициативу. Руководя большим коллективом, он всегда находил время для обсуждения научных сообщений младших сотрудников.

Достижения адъюнкт-профессора В.П. Горячкина были настолько впечатлительными, что ученый совет вуза присвоил ему звание профессора.

На машиноиспытательной станции ученый собрал большую коллекцию машин и рабочих органов как с отечественных, так и с иностранных заводов. Для их испытания создал более 30 измерительных приборов.

В 1919 г. он издал учебник по теории сельскохозяйственных машин, знаменитую «Земледельческую механику», который до сих пор является непревзойденным образцом четкого педагогического и научного мастерства.

После революции В.П. Горячкин продолжил испытания плугов с помощью получившего широкую известность «тягового динамометра Горячкина». Результаты исследований положены в обоснованную им классическую формулу для расчета силы тяги плугов, получившую название «рациональной формулы Горячкина».

Будучи ректором вуза (институт был преобразован в академию) В.П. Горячкин организовал инженерный факультет и привлек для преподавания в нем, а также для работы на МИС лучших специалистов, среди которых был выдающийся ученый в области механики Н.И. Мерцалов. На станции работали И.И. Артоболевский, В.А. Желиговский, В.С. Жегалов, Б.А. Криль, Н.Д. Лучинский, С.В. Полетаев, В.П. Селезнев, Н.В. Щучкин и другие, ставшие в дальнейшем известными учеными.

При активном участии В.П. Горячкина в 1928 г. был создан Всесоюзный институт земледельческой механики, впоследствии переименованный во Всесоюзный институт сельскохозяйственного машиностроения (ВИСХОМ), а в 1930 г. – Всесоюзный научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства (ВИМЭ), ныне ВИМ и ВИЭСХ. Для ВИМЭ Василий Прохорович разработал план научных исследований и структуру, а также осуществлял его научное руководство. Длительное время он являлся председателем научного совета этого учреждения, которому впервые в стране была доверена защита кандидатских и докторских диссертаций.

В 1930 г. на базе инженерного факультета Тимирязевской академии был организован также Московский институт механизации и электрификации сельского хозяйства (МИМЭСХ), ныне агроинженерный университет, который с 1968 г. носит имя своего создателя.

Среди многочисленных публикаций академика В.П. Горячкина завершающим его научным трудом является многотомная энциклопедия «Теория, конструкция и производство сельскохозяйственных машин».

Непростое детство Василия Петровича наложило на его характер определенный отпечаток, однако внешняя суровость и сухость сочетались у него с личным обаянием и вниманием к окружающим. Особую нежность проявлял он к своей жене Антонине Тимофеевне и дочерям Галине, Ирине, Татьяне, Елене.

Ушел из жизни ученый в 1935 г. Его прах покоится в г. Москве на Владыкинском кладбище.

Память о нем, создателе учения о сельскохозяйственной технике, живет в книгах, статьях, разработанных машинах и приборах.

Значимость его деятельности отражена в воспоминаниях коллег, последователей и учеников.

- В.Р. Вильямс (академик АН СССР, о трудах В.П. Горячкина):

«…в них каждая строчка каждая фраза – новый проверенный материал, новый факт; он не только наблюдает и описывает, но он измеряет и регистрирует, и его заключения – не впечатления, а математические выводы, и книги его нельзя просто читать, надо изучать».

- Г.М. Кржижановский (академик АН СССР):

«Избирая В.П. Горячкина своим почетным членом, Академия этим не только отдавала должное его научным трудам, но как бы включала в число прикладных механик, имеющих первостепенное значение для современной техники, основанную им земледельческую механику.

… он оставил после себя не только крупнейшие научные труды, но и обширную школу учеников и последователей».

- А.А. Артоболевский (академик АН СССР):

«Нас, тогда еще очень юных, поражало, что он видит то, чего не видим и не замечаем мы. Он глубоко проникал в «тайны» записанных кривых, технологических процессов, механики движения рабочих органов. И эти «тайны» он не оставлял для себя, а подробно разъяснял их нам: «Все науки интересны, если их знать». Эти беседы бывали своеобразными лекциями, где проблемы механики изучались на практических примерах ее приложения».

- В.А. Желиговский (академик ВАСХНИЛ, ученик):

«Василий Прохорович был подлинно народным ученым. Он проявлял большую, поистине отеческую заботу о молодых специалистах и начинающих ученых, следил за их успехами и помогал им».

- Н.Д. Лучинский (академик ВАСХНИЛ, ученик):

«В.П. Горячкин умел очень кратко и ясно изложить те научные положения, которые были необходимы для правильного решения задач земледельческой механики. Он обычно не пользовался излишне сложными математическими выкладками, если этого не требовало существо».

В МГАУ функционирует музей В.П. Горячкина, где студенты изучают отдельные темы и научное наследие ученого. Помимо макетов сельскохозяйственных машин, собрания сочинений, в музее представлены материалы глубокого анализа деятельности В.П. Горячкина, представленные в статьях его учеников В.А. Желиговского (к 100-летию) и М.А. Пустыгина (к 130-летию), а также ректора (ныне президента МГАУ) М.Н. Ерохина к 140-летию со дня рождения основоположника земледельческой механики.

С каждым годом все дальше мы уходим от времени жизни и творчества В.П. Горячкина. Воспитывается новое поколение агроинженеров. Для них это имя должно быть не только воспоминанием, но и руководством к действию.

УДК 631.171(091)(092)

НАУЧНАЯ ОБЩНОСТЬ ИДЕЙ АКАДЕМИКОВ В.П. ГОРЯЧКИНА, М.Г. ЕВРЕИНОВА. ИХ ОСУЩЕСТВЛЕНИЕ

Д-р техн. наук И.И. Свентицкий (ГНУ ВИЭСХ)

Рассмотрена общность идей В.П. Горячкина, М.Г. Евреинова и многих других ученых – выявить законы и принципы, позволяющие логически объединить нетеоретизированные эмпирические знания с фундаментальной наукой. Установлен закон выживания, сущность которого противоположна сущности второго начала термодинамики. Этот закон и начало объединены в виде динамической зеркальной симметрии в принцип энергетической экстремальности самоорганизации и прогрессивной эволюции. Принцип позволяет объединить физику и биологию, теоретизировать неформализованные отрасли знаний.

Ключевые слова: *второе начало термодинамики; закон выживания; принцип энергетической экстремальности самоорганизации; прогрессивная эволюция; идеальные свойства эволюции;самопроизвольная устремленность к экономности; красота и гармония; антропный принцип; аксиома «жизнь – смерть»; ускорение эволюции.*

Добывание пищи – древнейшая отрасль знаний. Она до сих пор развивается на общей эмпирической основе, заимствуя теоретические положения из более развитых отраслей науки. Создавая земледельческую механику, В.П. Горячкин выявленные им особенности механики, используемые в аграрных технологиях, стремился объединить с классической механикой – фундаментальной отраслью науки. Он писал [1, т. VII, с. 49]: «Земледельческая механика служит посредницей между механикой и естествознанием, то есть механикой мертвого и живого». Аксиоматизация земледельческой механики проведена Э.В. Жалниным. К сожалению, начальные положения аксиоматизации земледельческой механики не обеспечили логического объединения ее с классической или квантовой механикой [2]. Стремление объединить сущность «живого» и «мертвого» содержится и в учении о почвах выдающегося российского почвоведа В.В. Докучаева, назвавшего почву «биокостным телом».

Существующая в то время (и официально не устраненная теперь) разобщенность наиболее теоретизированной физики и менее формализованной биологии, а также связанных с нею иных отраслей – принципиальное препятствие развития науки и прикладных отраслей знаний. Большинство ученых искали и ищут решение этой проблемы. Основатель и первый директор ВИЭСХ М.Г. Евреинов в первом издании учебного пособия по применению электрической энергии в сельском хозяйстве (для инженерных факультетов) указал на особо важное значение для аграрного производства процесса фотосинтеза растений. Он отметил [3, с. 449]: «…процесс фотосинтеза в растении по-разному происходит в различных частях спектра. Это явление впервые было освещено в замечательных работах К.А. Тимирязева и признанных классическими во всем мире». Сообщив об особой важности работ К.А. Тимирязева для теоретизации агротехнологий, Евреинов предложил своему аспиранту из ВИЭСХ включить в диссертацию исследования по обоснованию «метода измерения оптического излучения в растениеводстве».

В 2013 году исполняется 110 лет Крунианской лекции К.А. Тимирязева «Космическая роль растений», которую он прочитал на заседании одной из старейших академий «Старого света» – Лондонского королевского общества – по приглашению. В этой лекции он чётко сформулировал важную научную и практическую задачу экологической биоэнергетики [4, с. 345]: «Я считаю излишним настаивать на том, как важно… знать… ту долю солнечной энергии, которую растения могут использовать». Решение этой задачи актуально и для современного развития высоких технологий для АПК, а также биотехнологий.

В самом названии лекции содержится явный вызов фундаментальной науке того времени. Незамеченный энергетиками и термодинамиками ответ на вызов К.А. Тимирязева содержится в работе А. Эйнштейна, выполненной в 1903–1905 гг. и опубликованной в 2005 г. [5]. За эту работу её автор был удостоен Нобелевской премии. В ней содержится обоснование квантового преобразования энергии – фотоэф-

фекта. Энергия излучения не только генерируется (испускается), но и преобразуется целыми фотонами (квантами). Фотоэффект (физический, химический, биологический) пропорционален не количеству поглощенной энергии, а количеству эффективно поглощенных фотонов. Прямое преобразование энергии излучения посредством фотосинтеза растений и фотоэлектрических элементов объяснимо законом квантовой эквивалентности, а не вторым началом термодинамики.

Работу А. Эйнштейна по фотоэффекту длительно не признавал М. Планк (до 1912 г.), стремясь сохранить «стройную электромагнитную теорию света Максвелла» от разрушения ее на основе открытых им квантовых свойств излучения. Он утверждал, что квантовые свойства относятся только к «тепловым излучениям», они не применимы к излучениям оптической области спектра. Этим, очевидно, можно объяснить ограниченную осведомленность многих термодинамиков и энергетиков о законе квантовой эквивалентности фотоэффекта.

В 1903 г. шёл третий год с момента открытия М. Планком кванта действия (постоянной Планка). Происходило не только научное, но и общекультурное обсуждение опасения «тепловой смерти Земли и Вселенной», которое следовало из второго начала термодинамики (ВНТ), его главной функции – энтропии, которая «повсеместно и непрерывно возрастает». В этой дискуссии К.А. Тимирязев, наряду с другими выдающимися учеными: немецким физиком Г. Гельмгольцем, В.И. Вернадским, Н.А. Умовым, К.Э. Циолковским и др., высказывали справедливое мнение, что наряду с ВНТ существует неоткрытый закон, сущность которого противоположна сущности ВНТ.

В то время и до 80-х годов XX столетия функцию энтропии использовали для анализа преобразований техногенной энергии и совершенствования ее преобразователей. Попытки использовать энтропийный анализ и ВНТ для анализа преобразований солнечной энергии растениями не были успешными. В технических преобразователях используют различные градиенты: температуры, давления, гравитации и др. Процесс преобразования солнечной энергии в растениях молекулами хлорофилла (фотосинтез) происходит в «мягких», атмосферных условиях. Поэтому энтропийный анализ, анализ на основе ВНТ принципиально не пригоден для рассмотрения преобразования энергии растениями. Отсутствие надежного метода анализа преобразования энергии излучения растениями принципиально затруднял теоретизацию агроэкологических и агротехнологических знаний. Проблема производства продовольствия в основе своей биоэнергетическая проблема. Главная сущность ее в преобразовании природной энергии организмами (растениями – солнечного излучения, животными – кормов).

Зелёные растения ежегодно на общей поверхности Земли в процессе фотосинтеза образуют примерно 150 млрд. т. органического вещества. При этом они усваивают из атмосферы 310 млрд. т CO_2 и выделяют в атмосферу Земли 200 млрд. т. кислорода. Свободная энергия – эксергия – накопленная растениями за год во вновь созданном органическом веществе в десятки раз больше всей полезной энергии, вырабатываемой ежегодно всеми техническими генераторами (преобразователями) энергии. Большинство технических преобразователей энергии до настоящего времени в качестве первичных энергоносителей используют невозобновляемые горючие ископаемые, имеющие наиболее вероятное фотосинтезное происхождение.

Под космической ролью растений К.А. Тимирязев понимал не только масштабы фотосинтезного преобразования солнечной энергии на Земле, но, очевидно, и космическую познавательную роль растений как преобразователей энергии, не согласующихся в ВНТ и энтропией. Анализ выявленных А. Эйнштейном квантовой эквивалентности фотоэффекта и М. Планком «постоянной наименьшего действия», впоследствии названной «постоянной Планка» позволил выявить природную сущность порционности испускания и преобразовании энергии излучения – сущность кванта действия. Она представляется природным самопроизвольным механизмом экономности природы на самом низком иерархическом уровне ее самоорганизации. Подобные механизмы существуют и на более высоком иерархическом уровне самоорганизующейся природы, например, механизмы проявления феноменальных экстремальных принципов физики: Ферма, наименьшего действия, Ле Шателье. Эти принципы надежно эмпирически и математически установлены, но естественнонаучно не объяснены. Они использованы в качестве исходных положений теорий отдельных разделов физики (оптики, механики). Существует закон, который объединяет и объясняет сущность этих принципов и феноменальных механизмов их осуществления (фрактальных структур, золотой пропорции, солитонов, онтогении или биогенетического закона).

Такой закон выявлен исследованиями в ВИЭСХ. Он назван законом выживания (ЗВ). Обоснование ЗВ подробно рассмотрено как на онтологическом [6], так и на общем методологическом уровнях [7]. Сущность ЗВ учитывает как природу механизма кванта действия, так и квантовую эквивалентность фотоэффекта. Она заключается в следующем. Каждый элемент самоорганизующейся природы в своём развитии (индивидуальном, эволюционном) самопроизвольно направлен к состоянию, обеспечивающему наиболее полное (эффективное) использование доступной свободной энергии системой трофического (питательного) уровня, в которую он входит. В самом определении ЗВ содержится необходимость учёта свободной энергии (эксергии) на входе в преобразователь.

Задача определения свободной энергии на входе в растения была решена в ВИЭСХ, обсуждена, одобрена на III Международном симпозиуме «Биофизика растительных систем» (март, 1983 г., г.Берлин) и опубликована в журнале Гумбольдтовского университета [8]. Для суммарного (прямое+рассеянное) солнечного излучения у поверхности Земли она составляет 20% энергии всей оптической области спектра. Разработаны методы расчётного и приборного определения значений этой величины. Эти определения регламентированы отраслевыми стандартами Минэлектротехпрома СССР (для характеристик энергоэкономных электрических ламп для выращивания растений) [9] и Минсельхоза СССР (при использовании этой величины для оценки земельных угодий и эффективности агротехнологий) [10].

В ГНУ ВИЭСХ совместно с Всероссийским НИИ оптико-физических измерений Госстандарта РФ (ВНИИОФИ) разработана первичная метрология этой величины. От ВНИИОФИ получен ГНУ ВИЭСХ сертификат на прибор как на средство измерения свободной энергии (эксергии) излучения для растениеводства, а также вторичный эталон для поверки и градуировки прибора. Оценка эксергии излучения для растениеводства вошла в учебник по «Сельскохозяйственной биотехнологии» [11].

ВНТ и ЗВ не являются самостоятельными природными законами. Они логически концептуально объединены в виде зеркальной динамической симметрии в общий принцип естествознания – принцип энергетической экстремальности самоорганизации и прогрессивной эволюции (ПЭЭС и ПЭ). Вещество природных систем периодически проходит через два принципиально различных состояния: самоорганизованное (неравновесное) и хаотическое (равновесное, не самоорганизованное). В результате такого прохождения осуществляется прогрессивная эволюция. Самоорганизующиеся системы образуются и функционируют в соответствии с ЗВ. Вышедшие из самоорганизованного состояния системы утилизируются в соответствии с ВНТ: их структуры разрушаются, свободная энергия рассеивается, деградирует [6, 7].

Общей естественной аксиомой для ВНТ, ЗВ, ПЭЭС и ПЭ представляется общеизвестное явление возникновения (рождение) систем, существование (жизнь) их на протяжении определённого промежутка времени и разрушение (смерть). Кратко – «жизнь-смерть» (рис. 1).

Рис. 1. Схема связи основной сущности феноменальных физико-химических принципов с аксиомой жизни и смерти, принципом энергетической экстремальности самоорганизации, законом выживания и основными теоремами физики

На основе ЗВ, ПЭЭС и ПЭ решены столетние проблемы науки, обусловленные классической (равновесной) термодинамикой. Решена главная проблема биофизики: логически концептуально объединены основы физики и биологии. Представляется возможным на основе ЗВ, ПЭЭС и ПЭ формализовать нетеоретизированные отрасли знаний, например агроэкологию и агротехнологии. Синтез на этой основе идей К.А. Тимирязева, М.Г. Евреинова с работами А. Эйнштейна по квантовой эквивалентности фотоэффекта и открытием М. Планка по квантовым свойствам излучения позволил логически концептуально объединить агроэкологические и агротехнологические знания с фундаментальными основами физики.

С 50-х годов XX столетия в нашей стране и за рубежом проводились исследования по «программированию урожая». Но создать компьютерные полные технологии получения урожая не удалось. В монографии, посвящённой программированию урожая, справедливо отмечено: программирование урожая – это не просто использование математики и компьютерной техники в агрономии – «это использование новейших достижений фундаментальной науки» [12]. Традиционные агроэкологические величины не имеют количественных определений, они взаимно не согласованы и выражены в относительных единицах. На основе величины эксергии излучения для растениеводства удалось обосновать методику количественного взаимно согласованного определения агроэкологических величин и выразить их в одинаковых эксергетических величинах [6]. Аналитические выражения этих величин пригодны для определения основных алгоритмов компьютерной системы энерго-, ресурсосберегающей оптимизации производства продукции растениеводства, которая создана в ГНУ ВИЭСХ.

Интенсификация производства продовольствия сопровождается ростом его техногенной энергоёмкости. Принципиальный резерв снижения этого роста – повышение КПД использования природной энергии организмами. Выявлена высокая результативность совместного эксергетического анализа как использования природной энергии организмами, так и техногенной энергии в агротехнологиях. Разработке такого анализа способствовал переход большинства энергетиков мира в 80-е годы XX века от энтропийного анализа техногенных преобразователей энергии к более простому и надёжному эксергетическому анализу.

В планах ФАО до 2019 г. предусмотрен учёт генетического потенциала организмов в агротехнологиях [13]. Традиционные методы экономической и хозяйственно-экологической оценки основных средств аграрного производства – земельных угодий и агротехнологий – в целом не соответствуют уровню интенсивности их использования. В ГНУ ВИЭСХ проводятся исследования по разработке надежного метода оценки земельных угодий и уровня эффективности агротехнологий с использованием эксергетического анализа преобразования энергии растениями в процессе фотосинтеза. Эти методы учитывают генетический потенциал видов (сортов, гибридов) растений. В компьютерной системе энерго-, ресурсосберегающей оптимизации производства продукции растениеводства, разработанной в ГНУ ВИЭСХ, предусмотрен учет генетического потенциала видов (сортов, гибридов) растений посредством эколого-физиологических характеристик растений, определяемых в климатических камерах [6] .

На основе ЗВ, ПЭЭС и ПЭ выявлены идеальные свойства прогрессивной эволюции: самопроизвольная устремленность эволюционирующих природных систем к экономности энергетической вещественной и информационной. Следствием этой экономности является красота и гармония природных самоорганизующихся систем. По мере усложнения эволюционирующих систем процесс их эволюции ускоряется. Эти идеальные свойства прогрессивной эволюции имеют как теоретическое, так и эмпирическое обоснование [14].

Реальность существования ЗВ, ПЭЭС и ПЭ, а также отображающей их естественной аксиомы жизнь – смерть подтверждает антропный принцип [15]. Сформулируем этот принцип на макро- и микроуровнях в форме утверждений, отображающих объективную реальность. На макроуровне: любая общенаучная теория не верна, если в ней не предусмотрено появление условий для возникновения жизни, появления жизни и человека-наблюдателя. На микроуровне: для получения расчетным путем физических условий на Земле, пригодных для жизни и существования человека-наблюдателя. Физические постоянные, используемые в этих расчетах, необходимо определять с точностью «на острие бритвы», с точностью не ниже 9–12 знака после запятой. Эти утверждения отражают существующую объективную реальность на планете

Земля, необходимую и достаточную для доказательства научной достоверности антропного принципа. На планете Земля, термодинамически закрытой системе по обмену веществ, произошел процесс прогрессивной эволюции от возникновения микрочастиц из протоматерии до человека-наблюдателя.

До возникновения на Земле человека-наблюдателя свойства прогрессивной эволюции соблюдались и соблюдаются, в не мыслящей части природы, с точностью, соответствующей утверждению антропного принципа на микроуровне. Из этого следует особо важный вывод для человека-наблюдателя: если он желает выжить, то в своем эволюционном (историческом) развитии должен так же, как и остальная часть природы, исполнять свойства прогрессивной эволюции с точностью на «острие бритвы». Прежде всего, он должен избавиться от «восьми смертных грехов цивилизованного общества», характерных для современного почти монопольного капиталистического общества [16].

Литература

1. *Горячкин В.П.* Земледельческая механика. ПСС, т. 1-7. М., 1947.
2. *Жалнин Э.В.* Аксиоматизация земледельческой механики (начальные положения). М.: ВИМ, 2002. - 294 с.
3. *Евреинов М.Г.* (под ред.) Применение электрической энергии в сельском хозяйстве. М.: Гос. изд. с.-х. литер., 1958. - 500 с.
4. *Тимирязев К.А.* Избранные сочинения в 4-х томах. Т. 4. М.: ОГИЗ–сельхоз., 1949.
5. *Эйнштейн А.* Об одной эвристической точке зрения, касающейся возникновения и преобразования света // Собрание научных трудов. Т. 3. С. 92-107. М.: Наука, 1967.
6. *Свентицкий И.И.* Энергосбережение в АПК и энергетическая экстремальность самоорганизации. М.: ГНУ ВИЭСХ, 2007. - 466 с.
7. *Стребков Д.С., Свентицкий И.И., Некрасов А.И., Алхазова Е.О.* «Оборачивание метода» в энергетике и физике // Наука: от методологии к онтологии. М.: Институт философии РАН, 2009. С. 98-122.
8. *Свентицкий И.И.* Определение свободной энергии на входе в растения // Wissenschaftliche Zeitschrift der Humboldt Universitet zu Berlin. Math-Nat. R., V. XXXIII, 1984, N 4. S. 330-331.
9. ОСТ 60.689.027–74 Минэлектротехпром СССР. Фотосинтетически эффективные источники излучения. М., 1974.
10. ОСТ 46.140–83 Минсельхоз СССР. Излучение оптическое. Оценка фотосинтезной эффективности. Термины и определения. М.: МСХ СССР, 1983.
11. *Шевелуха В.С.* (под ред.) Сельскохозяйственная биотехнология. 3-е изд. М.: Высшая школа, 2008.
12. *Климов А.А.* (под ред.). Программирование урожая (Постановка и обоснование проблемы). // Труды Волгоградского СХИ. Т. XXXVI. Волгоград, 1971.
13. Доклад ФАО. Обеспечение продовольственной безопасности в условиях меняющегося мира // ФАО в XXI веке. Рим: ФАО, 2011.
14. *Свентицкий И.И., Алхазова Е.О.* Идеальность прогрессивной эволюции. Ее телеологическое отражение в познании // Методология науки и антропология. М.. Институт философии РАН, 2012. С. 193 – 2011.
15. *Касумов Н.Э., Свентицкий И.И.* Антропный принцип как следствие прогрессивной эволюции и уровень ее прецизионности // Труды XXIII World congress of philosofhy (в печати).
16. *Лоренц К.* Оборотная сторона зеркала. М., 1998.

УДК 631.171:65.011:56.001.5

КИБЕРНЕТИКА – ОСНОВА УПРАВЛЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫМ РАЗВИТИЕМ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Академик Россельхозакадемии Д.С. Стребков (ГНУ ВИЭСХ),
д-р экон. наук С.О. Сиптиц (ВИАПИ им. А.А. Никонова),
канд. техн. наук И.М. Кузнецов (ГНУ ВИЭСХ)

Излагаются основные направления совершенствования организационно-экономического механизма внедрения систем регулирования продовольственного рынка и поддержки доходов сельхозтоваропроизводителей на основе применения продукционных моделей программно-целевого управления и инновационных проектов.

Показана роль агроинформатики и агрокибернетики в повышении качества управления агропродовольственными системами и конкурентоспособности при инновационном развитии сельского хозяйства.

Ключевые слова: *инновационный проект; кибернетика; экономико-математические методы; продукционный процесс; информационно-программные модули.*

It outlines the basic directions of perfection of organizational-economic mechanism of introduction of systems of regulation of the food market and income support to agricultural producers on the basis of application of productive models purposeful management and innovation projects. It shows the role of agricultural Informatics and Cybernetics in improving the quality of management of agro-food systems and competitiveness in the innovative development of the agriculture.

Keywords: *innovative project; Cybernetics; economic-mathematical methods; production process; information and program modules.*

Региональный агропромышленный комплекс – сложная экономическая система, в которой поведение субъектов рыночных отношений играет ключевую роль. Собственно экономическое поведение есть результат решения многочисленных задач управленческой природы, в ходе которого конкретизируются объемы и структура производства, определяется потребность в финансовых и материальных ресурсах, сезонном труде, планируется реализация продукции по каналам сбыта, рассматриваются варианты развития предприятия. Все перечисленное выполняется в условиях неопределенности, связанной с неблагоприятными погодными условиями, неразвитой рыночной инфраструктурой, что увеличивает риски принятия нерациональных хозяйственно-финансовых решений и, в конечном итоге, снижает эффективность и устойчивость функционирования сельхозтоваропроизводителей.

Обратимся к любому учебнику по аграрной экономике и посмотрим, с какими же проблемами ежегодно приходится сталкиваться производителю сельскохозяйственной продукции. Вот стандартный набор задач, решение которых в значительной степени и определяет поведение товаропроизводителя [1]:

- определить объем производства, который возможен при данном объеме ресурсов (производственная функция);
- определить комбинацию ресурсов, оптимальную для производства определенного набора сельскохозяйственных продуктов (технологическая функция);
- определить набор производимых продуктов, оптимальный для заданного объема и ассортимента ресурсов (предпринимательский выбор).

Ответы на все эти вопросы можно получить, имея в своем распоряжении собственную систему годового планирования или доступ к ней в режиме on-line, наконец, можно воспользоваться услугами информационно-консультационной службы (ИКС). Разумеется, практические знания, и опыт крестьянина никто не отменял. Он позволяет ему выживать, а немногим из них жить и развиваться. Следовательно, управленческие решения, принимаемые производителем, в целом дают результат. Как сказал бы кибернетик, они **допустимы** и **продуктивны**. Но конкурентную борьбу в условиях открытого рынка не выиграешь, если твои решения просто допустимы и дают какой-то экономический эффект. Нужно быть уверенным, что все сделано наилучшим образом, а эту уверенность обеспе-

Таблица 1

Допустимая структура посевных площадей и хозяйственно-финансовые результаты производителя

Показатель	Пшеница яровая	Рожь озимая	Овес	Ячмень озимый	Кукуруза на зерно	Пшеница озимая	Просо	Тритикале яровая	Рапс яровой на семена	Картофель	Овощи открытого грунта
Посевная площадь, тыс. га	225	60	50	40	20	200	45	20	20	200	120
Доза удобрений, кг/га Д.В.	75	45	40	40	120	60	30	30	70	220	260
Урожайность, ц/га	17,6	12,7	17,0	16,5	27,2	20,2	12,5	14,5	11,8	117,4	129,0
Валовой сбор, тыс. т	396,6	76,2	85,0	66,1	54,4	404,0	56,3	29,0	23,6	2348,0	1548,0
Цена реализации продукции, тыс. руб./т	5,0	7,7	4,2	4,8	12,0	5,0	7,0	4,0	4,0	15,0	20,0
Валовой доход, млн руб.	1982,8	586,7	357,0	317,2	652,8	2020,0	393,8	116,0	94,4	35220,0	30960,0
Удельные производственные затраты, тыс. руб./га	7,2	10,8	6,2	5,4	11,5	6,2	8,5	5,7	8,1	36,4	55,5
Производственные затраты, млн руб.	1614,4	648,3	308,0	214,4	229,6	1248,0	381,2	113,4	162,6	7276,0	6664,8
Чистый доход, млн руб.	368,4	-61,6	49,0	102,8	423,2	772,0	12,6	2,6	-68,2	27944,0	24295,2

чивает не просто опыт, а опыт, помноженный на возможность находить оптимальные с экономической точки зрения хозяйственные решения.

Рассмотрим простой пример, который позволит нам оценить резерв, скрытый между **допустимой** и **оптимальной** стратегией. В нашем примере это относительный прирост чистого дохода производителя растениеводческой продукции, который он мог бы получить, реализуя оптимальную стратегию распределения посевных площадей и минеральных удобрений по возделываемым культурам.

В табл. 1 приведена структура посевов на площади 1000 га, на которой в течение ряда лет сельхозтоваропроизводитель реализовывал производство нескольких видов зерновых и кормовых культур, картофеля и овощей и получал в среднем неплохие результаты: 53,8 млн руб. чистого дохода. При этом на минеральные удобрения было затрачено около 3,4 млн руб.

Для того чтобы получить оптимальное распределение посевных площадей и доз минеральных удобрений по культурам, нужно учесть наличие зависимости урожайности от этих доз. Мы использовали простейшую форму такой зависимости – линейную, в которой угловой коэффициент – так называемая агрономическая эффективность, то есть прирост урожайности на 1 кг/га применяемых удобрений. Оптимальный результат получается, если решить следующую задачу:

$$\sum_{i=1}^{m}\{y_i(D_{NPK,i})C_i - z_i)S_i \Rightarrow \max$$

$$\sum_{i}^{m} S_i \le \sum_{i}^{m} S_i^{факт}$$

$$\sum_{i=1}^{m} S_i D_{NPK,i} = \sum_{i=1}^{m} S_i^{факт} D_{NPK,i}^{факт}$$

$$D_{NPK,i} \le D_{NPK,i}^{\max}$$

$$D_{NPK,i}, S_i \ge 0, \forall i = [1,m]$$

Расшифровка обозначений: производитель возделывает m сельскохозяйственных культур со средней урожайностью $y_i^{факт}, (ц/га), i=[1,m]$. При этом засеваются площади $S_i^{факт}, (тыс.га), i=[1,m]$, а производитель несет затраты в размере $z_i^{факт} тыс.руб/га, i=[1,m]$. В соответствии с существующими агротехнологиями предусмотрено внесение минеральных удобрений под *i*-ю культуру в дозе $D_{NPK,i}^{факт} кг/га, i=[1,m]$. В предлагаемой постановке в результате решения задачи оптимизации отраслевой структуры требуется найти такие значения $y_i, S_i, z_i, D_{NPK,i}, i=[1,m]$, которые максимизируют чистый доход от производства растениеводческой продукции [2]. При решении этой задачи также учитывались севооборотные ограничения по доле зерновых и пропашных культур. Результат решения приведен в табл. 2.

Таблица 2

Оптимальная по чистому доходу структура посевных площадей и хозяйственно-финансовые результаты производителя

Показатель	Пшеница яровая	Рожь озимая	Овес	Ячмень озимый	Кукуруза на зерно	Пшеница озимая	Просо	Тритикале яровая	Рапс яровой на семена	Картофель	Овощи открытого грунта
Посевная площадь, тыс. га	0,0	0,0	0,0	0,0	25,0	625,0	0,0	0,0	0,0	155,0	195,0
Доза удобрений, кг/га Д.В.	0,0	9,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	236,5	450,0
Урожайность, ц/га	12,0	10,6	15,0	14,0	20,0	16,0	11,3	13,0	9,0	120,2	157,5
Валовой сбор, тыс. т	0,0	0,0	0,0	0,0	50,0	1000,0	0,0	0,0	0,0	1863,1	3071,3
Цена реализации продукции, тыс. руб./т	5,0	7,7	4,2	4,8	12,0	5,0	7,0	4,0	4,0	15,0	20,0
Валовой доход, тыс. руб.	0,0	0,0	0,0	0,0	600,0	5000,0	0,0	0,0	0,0	27946,0	61425,0
Удельные производственные затраты, тыс. руб./га	5,0	9,8	5,0	4,2	8,0	4,5	7,8	4,8	6,1	36,9	61,1
Производственные затраты, тыс. руб.	0,0	0,0	0,0	0,0	200,0	2812,5	0,0	0,0	0,0	5712,9	11904,8
Чистый доход, тыс. руб.	0,0	0,0	0,0	0,0	400,0	2187,5	0,0	0,0	0,0	22233,1	49520,3

При оптимизации структуры посевных площадей (1000 га) чистый доход составляет 69,2 млн руб., а его прирост составил 28,6%, при том же объеме внесения минеральных удобрений (и том же бюджете, выделенным на их закупку). Полученный прирост чистого дохода в оптимальном варианте на практике будет существенно меньше. Найдутся ограничивающие факторы, не учтенные при постановке задачи:

- по сбыту – не все можно реализовать;
- по производственным возможностям – не хватит мощностей сельскохозяйственной техники, оборотных средств;
- по труду – потребуется привлечение дополнительной рабсилы;
- по ценообразованию – есть риск снижения цен реализации как следствие роста производства отдельных культур.

Для устранения этих ограничений в погоне за приростом чистого дохода потребуется решение новых задач и принятия новых управленческих решений (новые каналы сбыта, проекты по переработке продукции, инвестиционные проекты по приобретению сельскохозяйственной техники, разработка программы развития предприятия и пр.).

В этих целях сельхозтоваропроизводитель должен изучить большое количество проблемных вопросов, от решения которых зависит его благополучие, и с которыми он остался один на один. Если же посмотреть на проблему укрупненно, то сельхозтоваропроизводителю необходимо:

- постоянно и всесторонне анализировать результаты хозяйственно-финансовой деятельности с диагностикой узких мест и оценкой эффективности использования ресурсов всех видов;
- иметь обоснованный прогноз цен потребляемых ресурсов и цен реализации по каналам сбыта;
- иметь возможность получать оптимальные плановые решения и реализовывать их, опираясь на поддержку системы оперативного управления;
- генерировать проекты развития своего агробизнеса с оценкой рисков.

Таким образом, должна быть реализована система управления предприятием примерно следующей структуры, приведенной на рис. 1.

Однако создается впечатление, что обсуждаемой проблемы попросту не существует. Кто-то когда-то решил, что разработка и внедрение систем управления сельскохозяйственным предприятием или фермерским хозяйством является проблемой самого сельхозтоваропроизводителя, и вот уже более 20 лет в области кибернетики аграрного производства ровным счетом ничего не происходит. Исключения, правда, есть, но они

Рис. 1. Функциональная схема системы управления хозяйственно-финансовой деятельностью сельскохозяйственного предприятия

единичны и только подтверждают общую тенденцию. Вернее отсутствие всякой позитивной тенденции.

Ну, хорошо. Пусть ничего нет у товаропроизводителя: мало ли чего у него еще нет! Обеспечьте ему господдержку, а что с ней делать он и сам сообразит. Но бюджет не резиновый, да еще правила ВТО, да еще молодые специалисты – выпускники аграрных университетов и академий – норовят устроиться в городах и трудиться в компаниях и банках, а не на сельской ниве. Как вы думаете, это способствует высокому качеству принимаемых управленческих решений? Правильно, ответ отрицательный.

Однако мы забыли про систему ИКС. Ведь можно и по-другому: зашел на сервер ИКС, а там твой личный кабинет. Хочешь, задавай вопросы в режиме on-line, хочешь, загрузи модель профинплана своего предприятия и прикинь, что получится при разных условиях экономического окружения, оцени результат своих хозяйственных решений. Экспериментируй с моделью хозяйства, а не с ним самим в натуре. Не бойся ошибаться – виртуальные ошибки к банкротству не приведут. Вы скажете, что все это фантастика? Правильно, фантастика, потому что сейчас ИКС такими возможностями не обладает. Причины как всегда банальны: зарплаты низкие, специалисты не идут, да их всерьез никто и не готовит. И самое главное – нет стандартов функционирования ИКС и соответствующей оснастки в виде БД, систем программной поддержки, обладающих функциональной полнотой, адекватной потребностям товаропроизводителя.

Поэтому первоочередной задачей администраций регионов и НИИ Россельхозакадемии должна быть разработка и внедрение в управление сельхозорганизаций, животноводческих комплексов и крупных фермерских хозяйств инновационных проектов, обеспечивающих существенный рост рентабельности и устойчивости сельскохозяйственного производства. Схема разработки указанного проекта на примере крупной сельхозорганизации приведена на рис. 2. Инновационный проект предполагает применение продукционных моделей в растениеводстве и животноводстве на основе анализа функций, технологий, услуг, ресурсного обеспечения и др., задач управления производством сельскохозяйственной продукции, сформулированных в виде 20 информационно-программных модулей (ИПМ), сгруппированных в четыре обобщенных блока и определяющих объемные, технические, технологические, экономические и другие аспекты программно-целевого управления.

На основе указанных задач должны быть разработаны мероприятия по производству и реализации сельскохозяйственной продукции, включающие месячные планы работ и ответственные исполнители, исходящие показатели оперативного управления, прикладное программное обеспечение, организацию ведения баз данных, графики контроля выполнения объемных и экономических показателей.

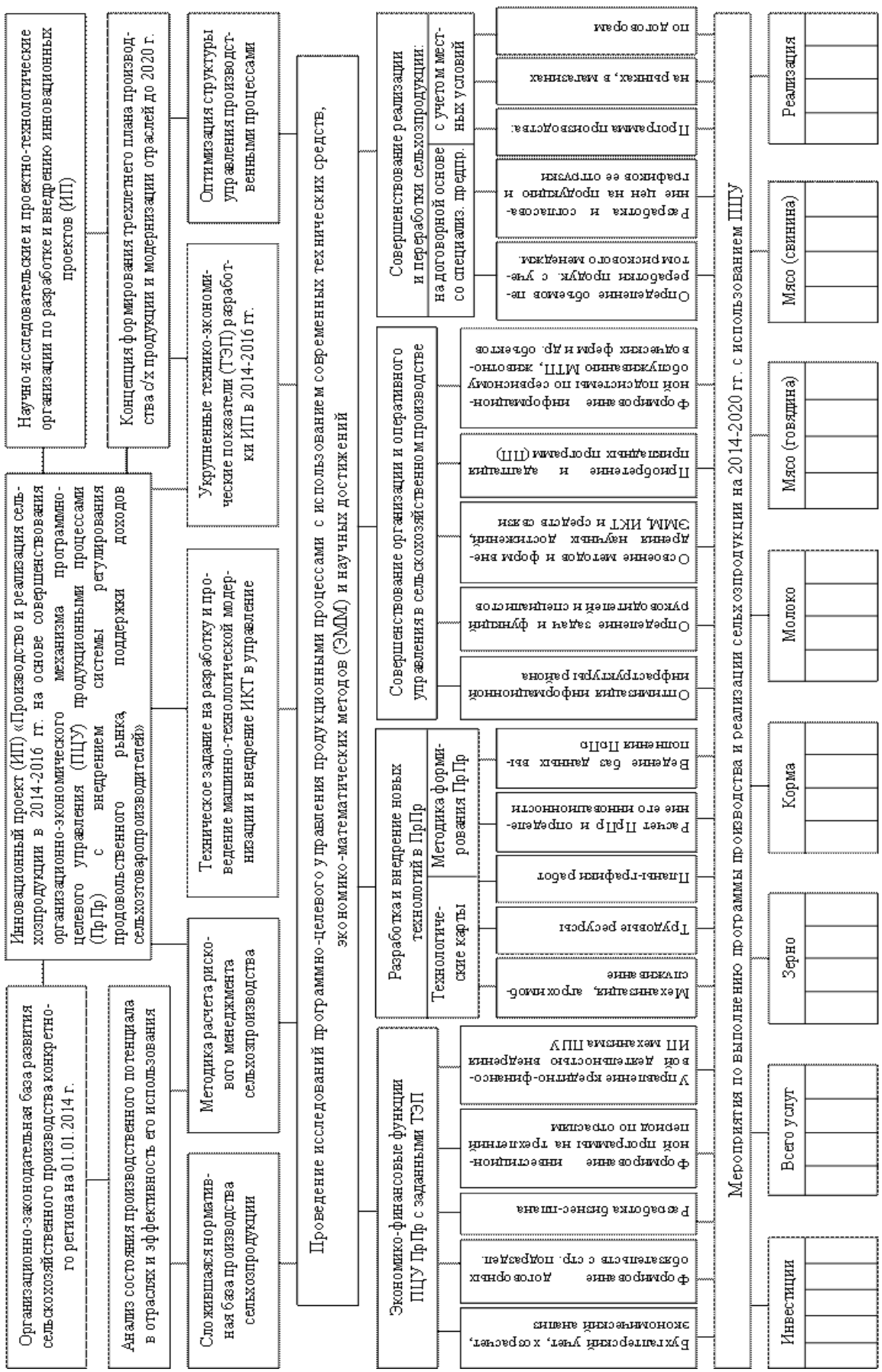

Рис. 2. Схема разработки инновационного проекта по производству и реализации сельхозпродукции на 2014-2016 годы с использованием ПЦУ на примере крупной многоотраслевой сельхозорганизации

С помощью указанных ИПМ должно быть обеспечено формирование заданий по выполнению программы производства и реализации конкретного вида сельскохозяйственной продукции.

С нижнего уровня управления перейдем на верхний. Важным элементом аграрной политики является бюджетная поддержка товаропроизводителя, осуществляемая в соответствие с Госпрограммой. До последнего времени действовала система распределения бюджета федерального уровня, основанная на так называемых региональных соглашениях, в соответствие с которыми регион берет на себя обязательства участвовать в тех или иных мероприятиях целевой программы и их софинансировании, гарантируя при этом достижение плановых значений целевых индикаторов.

Специфика сельского хозяйства регионов воплощалась в региональных целевых программах, финансируемых из региональных бюджетов при поддержке бюджета федерального уровня.

Исследования показывают, что связь между результатом в виде индекса физического объема валовой продукции и размерами господдержки при таком способе управления ресурсами несущественна и только около 10-12% дисперсии в выборке можно отнести за счет господдержки; остальная часть дисперсии объясняется такими факторами, как биоклиматический потенциал региона (БКП), приростом сельского населения, рентабельностью сельскохозяйственного производства и объемом инвестиций.

При этом необходимо отметить, что здесь смешиваются два эффекта: малые объемы поддержки в сочетании с неоптимальным распределением ресурсов. Функционирующая, таким образом, система управления (СУ), очевидно, не отвечает базовым принципам, например, принципу оптимальности: то есть цель достижения наилучшего распределения ресурсов целевой программы такими средствами не может быть реализована. Плата за неэффективность может доходить до 7–10% от бюджета госпрограммы.

Управление реализацией региональных целевых программ происходит в цикле: «финансирование мероприятий, запланированных на текущий год – реализация мероприятий – мониторинг и оценка степени достижения индикаторов программы – принятие решения о достижимых индикаторах мероприятий следующего периода и их финансовом обеспечении».

Ахиллесовой пятой такого алгоритма управления является последняя процедура управленческого цикла. Дело в том, что в органах управления представления о связи между ресурсным обеспечением мероприятий и их результативностью отсутствуют, по крайней мере, в форме системы математических соотношений. Причиной является объективная сложность количественного описания связей между индикатором какого-нибудь мероприятия, его финансированием и косвенными эффектами от реализации прочих мероприятий целевой программы региона, распространяющимися по системным связям.

Таким образом, с точки зрения кибернетики перед нами классическая система управления с использованием модели «черного ящика», в которой реакция управляемого объекта определяется **в реальном масштабе времени** и не может служить основой для выработки оптимальных управленческих решений. Дело в том, что поиск оптимальной стратегии сопряжен с многошаговым процессом поиска экстремума. При этом число пробных шагов может достигать нескольких тысяч и применять такой метод в режиме натурного эксперимента с АПК всей страны абсолютно бессмысленно.

Альтернативой является система управления, в контуре которой присутствует **математическая модель** управляемой системы. Каковы преимущества такой системы управления? Они очевидны: будучи математическим аналогом региональной агропродовольственной системы, математическая модель, замещая ее в контуре управления, позволяет с помощью компьютерных технологий находить наиболее эффективные способы распределения бюджета региональной программы по мероприятиям и во времени. При этом меняются структура и задачи мониторинга: он обеспечивает адаптацию, настройку математической модели, корректируя ее параметры. В такой ситуации и в соответствие с принципом научности, по нашему мнению, необходимо воспользоваться результатами теории управления организационными системами [3], в которой задачи оптимального распределения ресурса в иерархических системах решаются давно и вполне успешно. Пример алгоритма решения этой задачи приведен на рис. 3.

Опишем взаимодействие в системе «МСХ России – МСХ регионов».

Каждый регион, номера i желающий участвовать в реализации целевой программы, выбирает список мероприятий m_i и определяет региональную часть ресурсов. Регион знает (имеет модель) зависимость прироста j-го индикатора от объема ресурсов v_{ij}, связанных с ним и направленных на его изменение. Эта зависимость

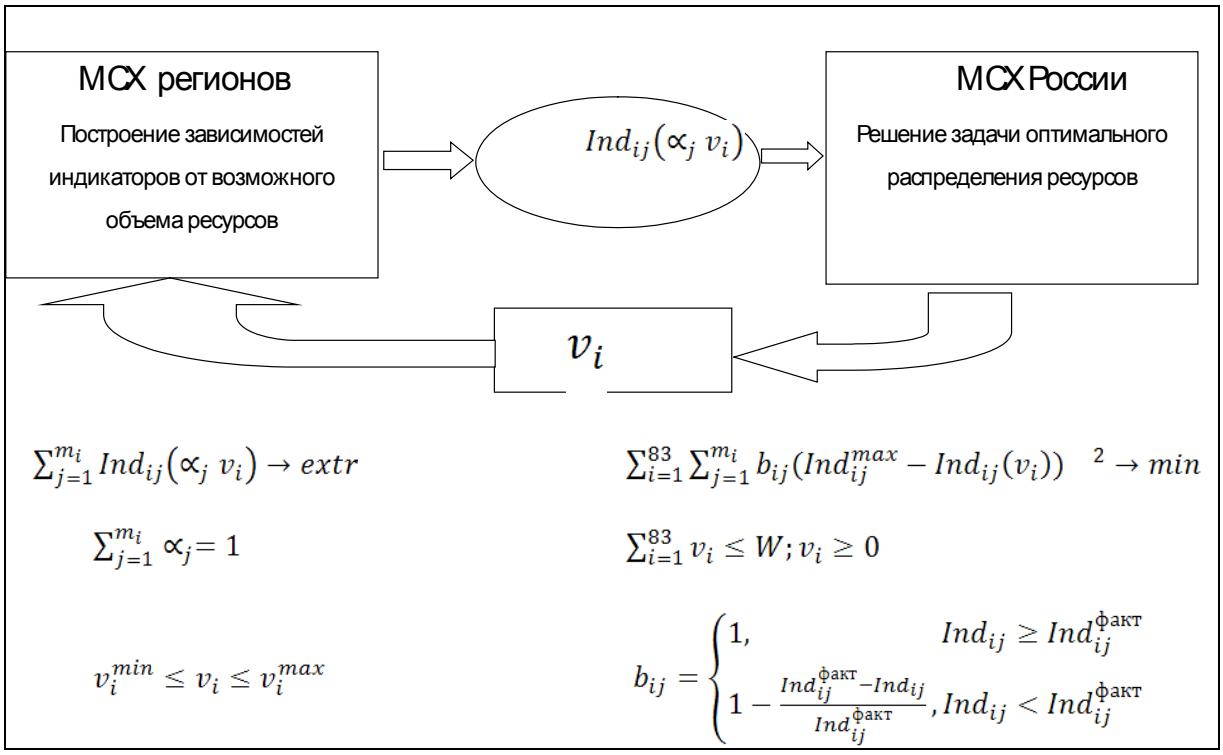

Рис. 3. Процедура оптимального распределения ресурсов целевой программы в иерархической системе «МСХ России – МСХ регионов»

имеет вид: $Ind_{ij}(v_{ij})$. Величина v_{ij} – это сумма ресурсов региона и Центра, участие которого пока не определено. Поэтому, задаваясь рядом возрастающих значений «федеральной добавки» и решая всякий раз задачу оптимального распределения суммарной господдержки между мероприятиями и, следовательно, между индикаторами по критерию максимума суммы изменений этих индикаторов целевой программы, регион получает их зависимости от ресурсов федерального уровня. На втором шаге алгоритма все регионы, участвующие в ФЦП, передают упомянутые зависимости в Центр. Минсельхоз России решает задачу оптимального распределения бюджета ФЦП по регионам и индикаторам. Критерий – взвешенная сумма квадратов отклонений индикаторов от их максимальных значений, которые известны из решения региональных задач. При этом веса выбираются так, что бы регионам было бы невыгодно искажать информацию о своих производственных возможностях.

В теории управления организационными системами обосновывается несколько механизмов дележа, свободных от манипуляций. В частности можно ввести штраф за искажение информации пропорциональный относительному отклонению ожидаемых (после решения задачи Центром) и фактически полученных значений индикаторов на прошлом такте управленческого цикла.

Разумеется, это всего лишь схема: мы рассмотрели некоторые, важные, с нашей точки зрения, концептуальные положения, которые логически вытекают из принципов конструирования эффективно работающих систем организационного управления. Расширяя границы и вовлекая в системный анализ большее количество взаимодействующих сущностей, мы получим описание целостной социально-экономической системы АПК России, а вместе с ней и расширенный набор принципиально возможных управляющих воздействий. Их рациональное сочетание, обладающее свойствами минимизации общественных издержек для достижения целевых установок, с нашей точки зрения, должно рассматриваться в качестве важнейшей задачи, вклада сообщества экономистов – аграрников в инновационное развитие сельского хозяйства с применением агроэкономической кибернетики.

На основании результатов проведенных исследований и обобщения накопленного опыта представляется возможным сделать следующие выводы.

1. Агробизнес не будет инвестировать средства в разработку тиражируемого программного продукта. Не будут этого делать и IT компании, хотя в формате частно-государственного партнерства шансы есть.

2. Носитель специфических знаний, необходимых для разработки систем управления – агронаука – отрезана от решения перечисленных задач по очень простой причине: ей платят за фундаментальные результаты, а создание систем управления – проблема прикладная.

3. Разумеется, сельхозтоваропроизводитель нуждается в адекватной бюджетной поддержке, но ее эффективное использование немыслимо без качественного управления агропродовольственными системами на всех уровнях (скажем метафорически: если корабль прокладывает курс по звездам, его нужно оснастить системой спутниковой навигации, а не заливать дополнительное топливо для корректировки курса).

4. Конкурентоспособность сельского хозяйства следует искать на путях инновационного развития, и здесь не последнюю роль играет агроинформатика и агрокибернетика.

5. Требуется устранить рукотворную институциональную ловушку, которая не позволяет использовать знания ученых-аграрников для разработки инновационных технологий управления сельским хозяйством и АПК.

Литература

1. *Серова Е.В.* Аграрная экономика. М.: Изд-во ГУ ВШЭ, 1999. - 478 с.
2. *Музыкантов П.Д., Панкова Н.К.* Эффективность отдельных видов минеральных удобрений под сельскохозяйственные культуры для почв Российской Федерации (нормативы). М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2003. - 388 с.
3. *Бурков В.Н., Коргин Н.А., Новиков Д.А.* Введение в теорию управления организационными системами / Под ред. В.А. Новикова. М.: Либроком, 2009. - 264 с.

УДК 658.3.01

КАДРОВОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ

Асп. Т.Ю. Аниканова, Ю.А. Колосова
(ГНУ ВНИИ организации производства, труда и управления в сельском хозяйстве, г. Москва)

В современных условиях рыночной экономики, без планирования невозможно сколько-нибудь эффективное управление хозяйственной деятельностью сельхозпредприятий. Совершенствование планирования как элемента управления на уровне государства и каждого хозяйствующего субъекта является объективной необходимостью и представляет научный и практический интерес.

В статье рассматривается вопрос кадрового планирования, который является решающим при определении стратегии кадровой политики предприятия, способствует ее реализации через соответствующие мероприятия. Комплектование современными кадрами всех подразделений предприятия невозможно без четкого кадрового планирования, которое согласуется с производственными, финансовыми планами, планами научно-исследовательских работ и другими планами предприятия.

Ключевые слова: *управление; планирование; кадровое планирование; рынок труда; трудовые ресурсы; кадры.*

In the modern context of market-based economy, any efficient management by agricultural enterprise is not possible without planning. Planning process improvement presents intrinsic necessity and is of scientific and practical interest as part of management on the state level and level of each economic entity.

Staff planning issue is considered in the article, which is crucial when staffing policy of the entity is considered and assists to realization via corresponding measures. Manning of all entity divisions is impossible without clear staff planning which is in accordance with manufacturing and financial plans, research plans and other entity plans.

Keywords: *management; planning; staff planning; labour market; human resources; staff.*

В последние годы положение сельского хозяйства в целом несколько стабилизировалось, но еще более половины сельскохозяйственных организаций продолжают работать с убытком. Неустойчивость развития сельского хозяйства, прежде всего, обусловлена недостатком производительного капитала и квалифицированных кадров. Проблемы кадрового обеспечения сельскохозяйственных организаций возникают из-за отсутствия четкой взаимосвязи между динамикой потребности в руководителях и специалистах и системой аграрного образования, отсутствия целенаправленной комплексной работы по привлечению и закреплению кадров, должного кадрового планирования. Снижает показатели кадрового обеспечения и нерациональное использование кадрового потенциала.

Реализация мер приоритетного национального проекта «Развитие агропромышленного комплекса», Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия, потребует повышения обеспеченности сельскохозяйственного производства специалистами в области технологии производства и переработки продукции, зоотехники, ветеринарии, маркетинга, менеджмента и др., повышения образовательного уровня работающих руководителей и специалистов. В то же время, нельзя не учитывать, влияние демографической ситуации на формирование и развитие кадрового потенциала. Завершение положительной динамики роста численности занятых работников в экономике, старение населения, абсолютное сокращение населения в трудоспособном возрасте и численности населения в целом будет в перспективе существенно ограничивать экстенсивные факторы экономического роста [1].

Важно учитывать, что в рыночных условиях производственная ситуация, техника и технологии, цели сельскохозяйственных предприятий претерпевают определенные изменения. Как следствие, прежде чем увеличивать (или сокращать) расходы на кадры, набирать (или увольнять) работников, необходимо тщательно проанализировать, насколько фактическое состояние трудовых ресурсов соответствует по-

требностям сельхозпредприятий. В этой связи значение планирования постоянно и закономерно возрастает.

Планирование, как правило, рассматривается в двух аспектах. В широком смысле – это деятельность по выработке политики и стратегии сельскохозяйственных организаций, способов их реализации; в узком – по составлению официальных документов – планов. Происходящие изменения, связанные с необратимостью экономических реформ и движением к здоровой конкуренции, заставляют предприятия аграрного сектора АПК уделять значительное внимание долгосрочным аспектам кадровой политики, базирующейся на научно обоснованном планировании.

Российская экономическая наука и практика имеет глубокие традиции планирования. Планирование предусматривает разработку и обоснование плановых показателей, характеризующих развитие сельхозпредприятия в будущем. В период существования в СССР плановой системы народного хозяйства вся система социалистического народнохозяйственного планирования имела исключительно директивный характер, силу закона. Директивные планы имели, как правило, адресный характер и отличались чрезмерной детализацией. Директивное планирование представляло собой процесс принятия решений, имеющих обязательный характер для объектов планирования. Поэтому плановую экономику часто называют командной. Выполнение доведенных плановых показателей обеспечивалось выделением соответствующих фондов, трудовых ресурсов и стимулировалось премиями и наградами. Теоретические и практические вопросы организации планирования на различных уровнях и в различные периоды времени достаточно широко изучены. Однако в условиях рынка, вопросам планирования уделяется меньше внимания по сравнению с дореформенным периодом, что не совсем оправданно.

Функционирование сельского хозяйства в рыночных условиях предполагает наряду с масштабными аграрными преобразованиями соответствующие изменения кадровой политики. Формирование кадрового потенциала сельскохозяйственных организаций происходит под воздействием множества факторов внутренней и внешней среды. Биологические особенности средств и предметов труда в сельском хозяйстве, территориальная рассредоточенность объектов управления, сезонность производства, степень территориальной и профессиональной мобильности сельского населения, занятость в личном подсобном хозяйстве, другие особенности труда в сельской местности определяют специфику планирования сельскохозяйственных организаций [1].

В современных условиях рыночной экономики, без планирования невозможно сколько-нибудь эффективное управление хозяйственной деятельностью сельхозпредприятий. Совершенствование планирования, как элемента управления на уровне государства и каждого хозяйствующего субъекта, является объективной необходимостью, и представляют научный и практический интерес [2].

Планирование – важнейший элемент системы управления сельскохозяйственной деятельности. Это процесс принятия управленческого решения, основанный на обработке исходной информации и включающий в себя выбор и научную постановку целей, выбор средств и путей их достижения посредством сравнительной оценки альтернативных вариантов и выбора наиболее приемлемого из них в ожидаемых условиях развития. При этом следует иметь в виду, что суть планирования состоит не в разработке и доведении многочисленных показателей до исполнителей, а в научной постановке целей предстоящего развития и выработке действенных средств их реального достижения. Процесс планирования включает в себя собственно разработку планов, организацию их осуществления и контроль выполнения. Результатом планирования является план – мотивированная модель действий, созданная на основе научно-технического, экономического прогнозов и поставленных целей.

Приоритетная роль планирования в управленческой деятельности в полной мере проявляется и в управлении кадрами предприятий аграрного сектора АПК.

Проблемам кадрового обеспечения сельскохозяйственных организаций и путям их решения уделяется определенное внимание. На федеральном и региональном уровнях разрабатываются законы, постановления, программы, предусматривающие содействие улучшению обеспеченности и качественного состава кадров сельскохозяйственных предприятий и создание условий его обеспечивающих.

Кадровое планирование является одним из важнейших этапов плановой деятельности сельхозпредприятий, поскольку от результатов планирования зависят, с одной стороны, объемы деятельности предприятия (товарооборот, прибыль, доход), с другой – сумма расходов предприятия на содержание кадров и ее обоснован-

ность. Главная цель кадрового планирования сельскохозяйственных предприятий – создание системы управления кадрами, базирующейся в основном не на административных методах, а на экономических стимулах и социальных гарантиях, ориентированных на сближение интересов работника и сельхозорганизации, достижение высокой производительности труда, повышение эффективности производства, получение организацией наилучших экономических результатов. Если рассматривать кадровое планирование изолированно, то оно будет малоэффективным, поскольку на решение кадровых вопросов оказывают существенное влияние другие планы сельхозпредприятия: производственный, финансовый, материально-технический план и т.п. Но и другие планы предприятий аграрного сектора АПК, если они не учитывают кадровые решения, ведут к нежелательным последствиям. Поэтому кадровое планирование должно учитываться в общей хозяйственной деятельности сельхозпредприятий.

В научной литературе существует два подхода к определению предмета кадрового планирования. Ряд авторов понимают под кадровым планированием «процесс обеспечения организации необходимым количеством квалифицированных кадров, принятых на правильные должности в правильное время». Большинство отечественных исследователей рассматривают кадровое планирование как составную часть планирования на предприятии аграрного сектора АПК и определяют его как «направленную деятельность организации по подготовке кадров, обеспечению пропорционального и динамичного развития кадров, расчету его профессионально-квалификационной структуры, определению общей и дополнительной потребности, контролю за его использованием». Кадровое планирование осуществляется с учетом результатов планирования других функциональных сфер деятельности организации [3].

История и развитие кадрового планирования в России имеет давние традиции. В период существования плановой системы народного хозяйства главным образом на макроуровне, в масштабах всего общества у нас были достигнуты значительные успехи в управлении кадрами. В стране обеспечивалась почти полная занятость трудоспособного населения, осуществлялась плановая подготовка и переподготовка специалистов всех уровней, государство гарантировало трудоустройство молодым специалистам и т.д. На предприятиях составлялись и реализовались производственные, социальные и комплексные планы развития трудовых коллективов. В то же время кадровое планирование на уровне отдельных организаций осуществлялось на основе планов, директивно спускаемых сверху, из центра. Данный процесс политизировался, отсутствовала ориентация на рынок и конкуренцию. Все это тормозило развитие кадрового планирования, делало его односторонним, снижало эффективность.

В годы «реформирования» те позитивные наработки, которые были накоплены в советский период, были в основном утрачены. В условиях системного кризиса и хозяйственной нестабильности, уцелевшие отечественные предприятия заботились главным образом о выживании и адаптации к условиям рынка, не задумываясь о сколько-нибудь отдаленном будущем. Преобладало реактивное управление, представляющее собой реакцию на острые текущие проблемы. Перспективное кадровое планирование практически отсутствовало.

В период экономической стабилизации многие передовые сельскохозяйственные предприятия начали вновь осваивать современные методы кадрового планирования, расширять его сферы. Однако начавшийся в 2008 году экономический кризис затормозил этот процесс, многие организации аграрного сектора АПК отказались от стратегического кадрового планирования и стали ограничиваться реактивным, ситуационным планом по трудовым ресурсам. А между тем результаты исследований однозначно свидетельствуют, что развитое, научно обоснованное кадровое планирование помогает сельхозпредприятиям не только выжить, но и занять лидирующие позиции в своей отрасли. Этому и служат разнообразные кадровые планы.

Необходимость строго научного подхода к кадровому планированию возрастает по мере развития организации, возрастания инвестиций в расчете на одного работающего, так как ошибки в кадровом планировании приводят к значительным издержкам. Так, с увольнением работников, оказавшихся «излишними», сельхозорганизации теряют часть средств, вложенных в обучение и отбор кадров, она выплачивает выходные пособия и несет другие затраты. При резком расширении объемов сельхозпроизводства, заранее не предусмотренных и не обеспеченных соответствующими программами кадровых служб, на дорогостоящие программы повышения квалификации и переподготовки кадров, сельхозорганизации расходуют дополни-

тельный капитал. По некоторым категориям работников, кадровые службы не в состоянии быстро осуществить поиск, подбор и наем работников требуемого качества.

Кадровое планирование играет решающую роль при определении стратегии кадровой политики предприятия, способствует ее реализации через соответствующие мероприятия. Комплектование современными кадрами всех подразделений предприятия невозможно без четкого планирования, которое согласуется с производственными, финансовыми планами, планами научно-исследовательских работ и другими планами предприятия [4].

Предпосылки кадрового планирования:

- готовность руководства организаций аграрного сектора АПК к интеграции кадрового планирования в общее планирование сельскохозяйственных предприятий и к созданию для этого необходимых организационных и кадровых предпосылок;

- выбор частных аспектов кадрового планирования, которым следует отдать предпочтение. Как показывает опыт передовых сельскохозяйственных предприятий, разумно начинать планирование с определения потребности в кадрах, решения вопроса их привлечения или увольнения, а позже дополнить его планированием использования и развития кадров, планирования расходов;

- выбор периода планирования на первом этапе его введения можно было бы ограничить одним—двумя годами, постепенно дополняя его среднесрочным (до трех лет) и долгосрочным планированием (свыше трех лет);

- решение о том, насколько дифференцированным должно быть кадровое планирование, зависит от типа сельхозорганизации: чем разнообразнее квалификация работников, необходимая для решения производственных задач, тем более дифференцирование следует определять плановые даты;

- минимальный набор информационных документов с возможностью различать данные, касающиеся рабочих мест, органов управления, кадров и статистики.

По срокам кадровое планирование подразделяется: на долгосрочное (прогноз от трех и более лет), среднесрочное (прогноз от одного до трех лет) и краткосрочное (не более одного года).

Инструментом долгосрочного кадрового планирования является план по трудовым ресурсам, который, как правило, предполагает попытку прогнозирования на 3-5 лет вперед. Сельхозорганизации должны оценить спрос на труд, потенциальные возможности предложения и состояние внешней среды деятельности. Путем взаимодействия всех названных факторов составляется план по трудовым ресурсам, указывающий, какое количество и каких именно работников может потребоваться в будущем. Краткосрочное кадровое планирование, как правило, осуществляется на основании краткосрочного плана трудовых ресурсов или оперативного плана, который рассчитан на период не более одного года и является наиболее распространенным на практике, чем план по трудовым ресурсам.

Сегодня сфера кадрового планирования сельскохозяйственных организаций распространяется на все области управления кадрами: использование, развитие, оценку, мотивацию работников, компенсацию труда, оптимизацию расходов на трудовые ресурсы. В том числе, в передовых хозяйствах аграрного сектора АПК, в которых кадровое планирование проникает во все сферы и на все уровни сельхозорганизации (всюду, где есть кадры), охватывает как линейный, так и функциональный аспекты управления.

То есть в современных условиях происходит интеграция кадрового планирования в общее планирование хозяйственной деятельности предприятий аграрного сектора АПК. Планы по трудовым ресурсам дополняют и конкретизируют иные виды планов и программ хозяйственной деятельности сельхозорганизаций. Различают несколько видов планов по трудовым ресурсам: по найму, обучению, использованию, сохранению и др.

Таким образом, кадровое планирование — это целенаправленная деятельность по подготовке кадров, обеспечению пропорционального и динамичного развития кадров, расчету профессионально-квалификационной структуры, определению общей и дополнительной потребности кадров.

Кадровое планирование делится на ряд видов и стадий:

- планирование потребности численности и кадрового состава;

- планирование привлечения (набора) кадров;

- планирование использования и сокращения кадров;

- планирование профориентации и адаптации: введение нанятых работников в организацию и ее подразделения, развитие у работников понимания того, что ожидает от них организация и какой труд в ней получает заслуженную оценку;

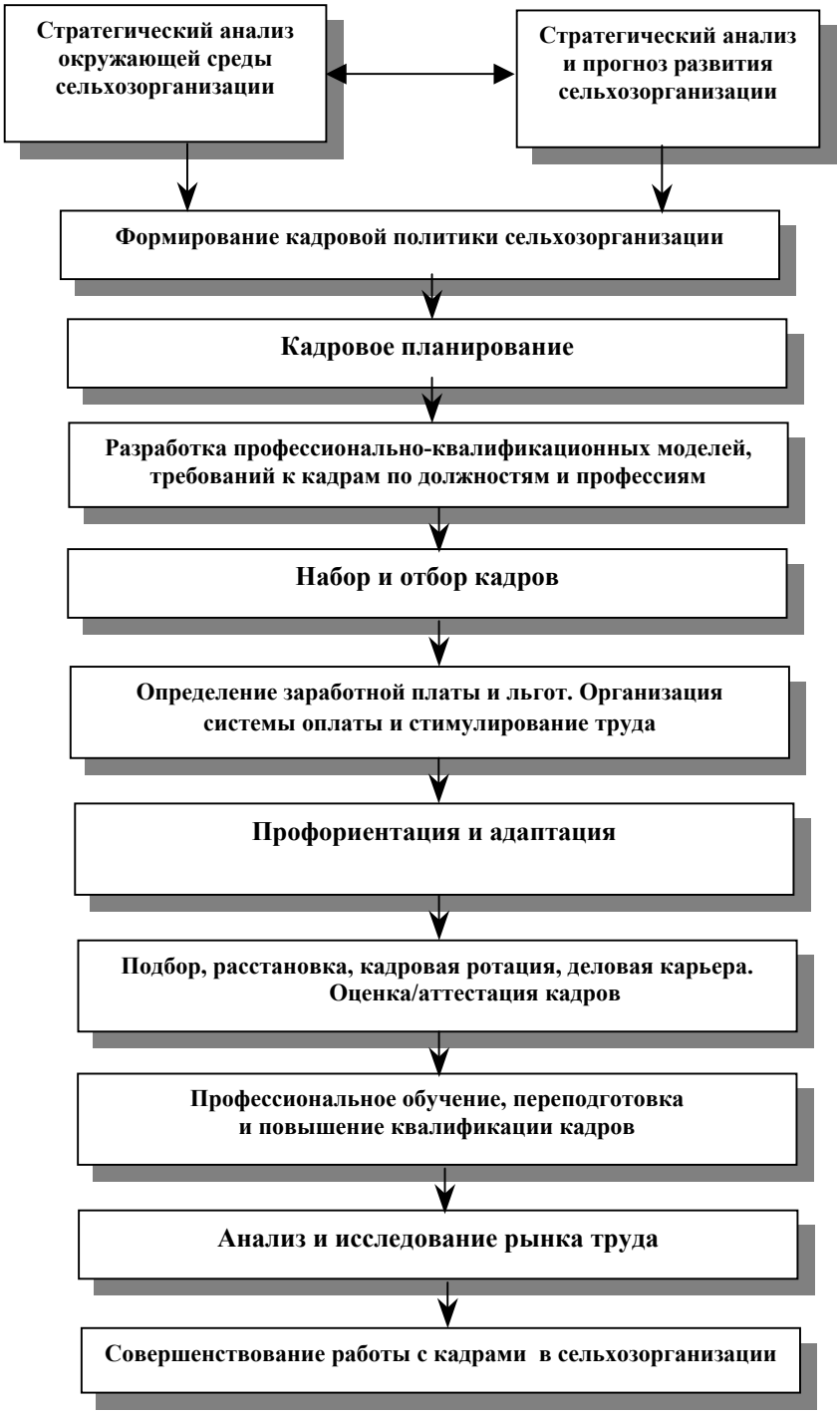

Рис. 1. Место кадрового планирования в системе управления трудовыми ресурсами сельскохозяйственных организаций

- планирование обучения, разработка программ обучения в целях эффективного выполнения работы и его продвижения;

- планирование сохранения (удержания) кадрового состава;

- планирование аттестации/оценки трудовой деятельности: разработка методик оценки трудовой деятельности и доведения ее до работников;

- планирование процедур повышения, понижения, перевода, увольнения: разработка методов перемещения работников на должности с большей или с меньшей ответственностью, развития их профессионального опыта путем перемещения на другие должности или участки работы, а также процедур прекращения договора найма;

- планирование подготовки руководящих кадров сельскохозяйственных предприятий, уп-

равление продвижением по службе: разработка программ, направленных на развитие способностей и повышение эффективности труда руководящих кадров и специалистов;

- планирование расходов на содержание кадров;

- планирование производительности труда.

Структурированные модели планирования, которые можно взять на вооружение при сравнительно незначительных затратах труда и средств, в целом вполне отвечают требованиям, предъявляемым к малым и средним организациям аграрного сектора АПК. Поэтому каждое отдельное сельскохозяйственное предприятие должно попытаться внедрить у себя планирование, соответствующее своим потребностям. Крупным организациям с дифференцированной структурой кадров придется осуществлять более детальное планирование, нежели малым организациям с относительно однородным трудовым коллективом.

С производственно-экономической точки зрения кадровое планирование представляет собой оптимальное соответствие между работником и его рабочим местом на определенном участке труда, оцениваемое с помощью экономических и организационных критериев. Хотя кадровое планирование методически имеет много общего с другими областями планирования, тем не менее, по ряду важных аспектов оно от них отличается. Проблемы кадрового планирования обусловлены:

- двойственностью системы экономических целей в кадровой политике организаций аграрного сектора АПК. Если при планировании в области маркетинга, инвестиций производства и т.д. цели планирования затрагивают экономические аспекты, то при планировании кадров к экономической добавляются компоненты социальной эффективности. Отсюда вытекают проблемы урегулирования конкуренции целей в планах, касающихся кадров. Проблемы согласования планов (на основании качественно различных целей) усугубляются отсутствием возможности сравнивать различную информацию по планированию. Если в других областях, не связанных с трудовыми ресурсами, можно оперировать количественными величинами (например, суммы денег), то данные при кадровом планировании носят преимущественно качественный характер (например, данные о способностях, оценки проделанной работы и др.);

- трудностью планирования кадров, в связи со сложностью прогнозирования трудового поведения, возможностью возникновения конфликтов и др. Возможности использования кадров в будущем и будущее отношение их к работе прогнозируются, с высокой степенью неопределенности. В связи с этим в процессе планирования они представляют собой ненадежные элементы. К тому же участники организации сопротивляются тому, чтобы быть «объектами» планирования, не соглашаются с результатами планирования и реагируют на это так, что не исключается возможность возникновения конфликта.

Кадровая проблема в целом – это проблема формирования и развития профессионального кадрового потенциала, слабая подготовка руководящего состава в вопросах планирования производства на всех уровнях управления сельскохозяйственных предприятий, и как следствие, кадрового планирования. К этому приводит следующее: разработка планов требует привлечения квалифицированных специалистов и, соответственно, оплаты их труда должным образом. Однако не все руководители сельхозпредприятий готовы осознать реальную необходимость привлечения соответствующих специалистов, и тем более, достойно оплачивать их труд.

Основа кадрового планирования – данные об имеющихся и запланированных на будущее рабочих местах, план проведения организационных мероприятий, штатное расписание и план замещения вакантных должностей. Основные задачи кадрового планирования:

- разработка процедуры кадрового планирования;

- увязка кадрового планирования с планированием сельскохозяйственной организации в целом;

- организация эффективного взаимодействия между плановой группой кадровой службы и плановым отделом сельхозорганизации;

- проведение в жизнь решений, способствующих успешному осуществлению стратегии сельхозорганизации;

- содействие организации в выявлении главных кадровых проблем и потребностей при стратегическом кадровом планировании;

- улучшение обмена информацией по трудовым ресурсам между всеми подразделениями организации аграрного сектора АПК.

Взаимосвязанные направления стратегического кадрового планирования:

- прогнозирование спроса – оценка будущих потребностей в рабочей силе на основе общих производственных и функциональных планов, и прогнозов будущих уровней деятельности;

- прогнозирование предложения – оценка предложения рабочей силы на основе анализа трудовых ресурсов и их наличия в будущем, с учетом потерь за счет текучести;

- прогнозирование потребностей – анализ прогнозов спроса и предложения для установления будущей нехватки или избытка рабочей силы при помощи моделирования, где это возможно;

- анализ производительности труда и издержек с целью выявления необходимости увеличения производительности и снижения издержек;

- планирование деятельности – разработка планов по предотвращению нехватки или избытка рабочей силы с целью совершенствования ее использования, увеличения производительности и сокращения издержек;

- бюджетирование и контроль – составление бюджета расходов на содержание трудовых ресурсов, мониторинг выполнения планов по ним.

Кадровое планирование сельхозорганизации требует постоянной корректировки, поскольку цели сельхозорганизации нестабильны, а среда ее деятельности неопределенна. Сколько работников, какой квалификации, когда и где потребуется? Как лучше привлечь нужных работников? Как эффективно использовать кадры в соответствии со способностями, изменениями и внутренней мотивацией? Каким образом обеспечить условия для развития кадров? Каких затрат потребуют запланированные мероприятия? На все эти вопросы отвечает эффективное кадровое планирование сельхозорганизаций.

Говоря о кадровом планировании, следует отметить, что на предприятии всегда должен быть резерв кандидатов на все должности, из которых организация аграрного сектора АПК отбирает наиболее подходящих. При этом учитываются такие факторы, как уход на пенсию, текучесть, увольнения в связи с окончанием срока договора найма, расширение сферы деятельности организации. Кадровая политика сельхозпредприятий связана с выбором целевых задач, рассчитанных на дальнейшую перспективу, текущая кадровая работа ориентирована на оперативное решение кадровых вопросов. Между ними должна быть, естественно, взаимосвязь, которая бывает обычно между стратегией и тактикой достижения поставленной цели. Кадровое планирование носит и общий характер, когда касается кадров сельхозпредприятия в целом, и частный, когда ориентируется на решение частных задач (в пределах отдельных структурных подразделений сельскохозяйственного предприятия, функциональных или профессиональных групп работников, категорий трудовых ресурсов).

Выводы

Кадровое планирование сельскохозяйственных предприятий – это целостная кадровая стратегия организации, направленная на подготовку кадров, обеспечение пропорционального и динамичного развития кадров предприятий аграрного сектора АПК, обучение и повышение квалификации, способствующая снижению текучести кадров, росту удовлетворенности трудом, снижению затрат на мотивацию. В связи с чем, организации аграрного сектора АПК, стремящиеся к сохранению позиций на рынке, завоеванию новых сегментов рынка, как в текущем, так и в стратегическом плане, должны иметь специалистов, обладающих соответствующим квалификационным потенциалом, стремящихся постоянно повышать уровень знаний и готовых к работе в быстро меняющихся внешних условиях. Без четко налаженной кадровой системы сложно увеличивать возможности сельскохозяйственных предприятий, реагировать на изменяющиеся требования технологии и рынка в ближайшем будущем, создавать благоприятные условия труда, обеспечивать возможность продвижения по службе и необходимую степень уверенности в завтрашнем дне. Система работы с кадрами должна быть спланирована таким образом, чтобы постоянно добиваться увеличения в составе рабочей силы сельскохозяйственных предприятий тех людей, которых обладают требуемыми умениями, навыками, знаниями.

Сложившаяся ситуация в аграрном секторе требует более серьезного отношения руководителей, директоров сельскохозяйственных предприятий к подготовке и переподготовке своих кадров, кадровых работников, владеющих основами рыночного планирования. Организационно-технические изменения сельхозпроизводства делают необходимым своевременный поиск и подготовку кадров для решения новых производственных и управленческих задач. Эти задачи нельзя решить за короткий срок. Кадровое планирование призвано обеспечить оптимальное раскрытие потенциала наемных работников и их мотивацию в условиях противоречия между производственными требованиями и задачами сельскохозяйственных организаций, с одной стороны, и интересами и потребностями работников — с другой.

Литература

1. *Назаркина Ю.Н.* Формирование потребности в кадрах руководителей и специалистов сельскохозяйственных организаций: на материалах Алтайского края // Экономика и управление народным хозяйством. Научная библиотека диссертаций и авторефератов disserCat http://www.dissercat.com/content/formirovanie-potrebnosti-v-kadrakh-rukovoditelei-i-spetsialistov-selskokhozyaistvennykh-orga#ixzz2THreLsgz
2. *Комов В.Г.* Основные направления и методы совершенствования планирования в сельскохозяйственном производстве. http://dissers.ru/avtoreferati-doktorskih-dissertatsii1/a20.php
3. Архивное и кадровое делопроизводство. http://www.arkadacentre.ru/kadrovPlanir.htm
4. *Маркелова Л.К.* Формирование системы кадрового планирования на предприятии (Организационный аспект). http://www.lib.ua-ru.net/diss/cont/80179.html
5. *Суменков С.М.* Внутрифирменное планирование оптимальной численности персонала промышленных предприятий. http://www.dissland.com/catalog/vnutrifirmennoe_planirovanie_optimalnoy_chislennosti_personala_promishlennih_predpriyatiy.html
6. Кадровое планирование. Сущность и цели кадрового планирования. http://www.grandars.ru/college/biznes/kadrovoe-planirovanie.html
7. *Амирова Э.Ф.* Необходимость планирования и прогнозирования в условиях рыночной экономики: Статьи и лекции по аграрной экономике. http://www.agroekonomika.ru/2010/01/blog-post_28.html
8. *Мельник Е.С.* Проблема планирования кадрового потенциала на предприятиях // Актуальные вопросы экономических наук. Материалы междунар. заоч. науч. конф. Уфа, 2011. С. 113-115.

УДК 621.327.539

ВЛИЯНИЕ ОТКЛОНЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛЕНТОЧНЫХ ТРАНСПОРТЕРОВ

Канд. техн. наук В.В. Савченко, канд. техн. наук А.Ю. Синявский (Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, г. Киев)

В работе приведены результаты исследований влияния отклонения напряжения на производительность и потери энергии в электроприводе ленточных транспортеров. Установлены зависимости производительности и удельного расхода электроэнергии от напряжения. Проведены исследования переходных процессов в электроприводе транспортеров при отклонении напряжения.

Ключевые слова: *ленточный транспортер; электропривод; отклонение напряжения; производительность; удельный расход электроэнергии; потери мощности; переходный процесс.*

The paper presents the results of the influence of voltage deviation on the performance and energy losses in the electric drive of belt conveyors. The dependencies of the performance and the specific energy consumption of the voltage are established. The investigations of transients in the electric drive of conveyors have been conducted at voltage deviates.

Keywords*: belt conveyor; electric drive; voltage deviate; productivity; specific energy consumption; loss of power; transient.*

При отклонении напряжения от нормированных значений возникают экономические убытки, вызванные низким качеством электрической энергии, которые имеют две составляющие: электромагнитную и технологическую. Электромагнитная составляющая определяется в основном потерей активной мощности и изменением срока службы электрооборудования. Технологическая составляющая потерь обусловлена влиянием качества электроэнергии на производительность технологических установок и себестоимость выпускаемой продукции [1].

Допустимое отклонение напряжения в России и Украине составляет ± 5 %, а предельно допустимое отклонение ± 10 % [2]. Однако фактическое отклонение напряжения в электросетях значительно превышает допустимое значение. Математическое ожидание отклонения напряжения находится в пределах 16 %, а диапазон изменения напряжения составляет 15–28 % от номинального значения [3].

Отклонение напряжения вызывает изменение угловой скорости двигателя, которая, в свою очередь, обуславливает изменение технологических характеристик рабочих машин. При этом также изменяются потери мощности в электродвигателе.

Цель исследований – установить влияние отклонения напряжения на технологические и энергетические характеристики ленточных транспортеров.

В установившемся режиме работы асинхронный электродвигатель работает на рабочем участке механической характеристики, которую можно считать линейной [4]:

$$M_д = \beta_д(\omega_0 - \omega), \qquad (1)$$

где $M_д$ – момент двигателя, Н·м; $\beta_д$ – жесткость механической характеристики электродвигателя, Н·м·с; ω_0 – синхронная угловая скорость, $с^{-1}$; ω – заданная угловая скорость, $с^{-1}$.

При отклонении напряжения механическая характеристика электродвигателя на рабочем участке описывается уравнением:

$$M_д = \beta_д U_*^2(\omega_0 - \omega), \qquad (2)$$

где $U^2_*=U/U_н$ – напряжение в относительных единицах.

В ленточных транспортеров момент статических сопротивлений не зависит от угловой скорости, т.е. M_c = const [5].

Тогда в установившемся режиме работы

$$\beta_д U_*^2(\omega_0 - \omega) = M_c, \qquad (3)$$

или

$$\beta_д U_*^2(\omega_0 - \omega_н\omega_*) = M_c, \qquad (4)$$

где $\omega_*= \omega/\omega_н$ – угловая скорость в относительных единицах.

После преобразования получим:

$$\omega_* = v_* = \frac{\omega_0}{\omega_н} - \frac{M_c}{\beta_д \omega_н U_*^2}, \qquad (5)$$

где v_* – линейная скорость движения транспортерной ленты в относительных единицах.

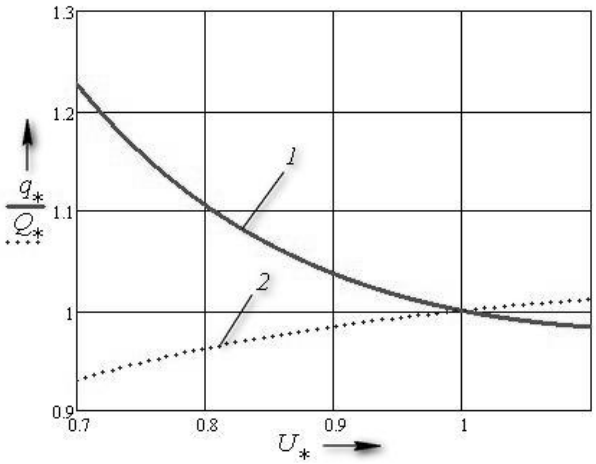

Рис. 1. Зависимость удельного расхода электроэнергии (1) и производительности (2) ленточного транспортера от напряжения

Производительность ленточного транспортера связана со скоростью ленты зависимостью:

$$Q = 3{,}6vF\rho, \qquad (6)$$

где Q – производительность транспортера, т/час; v – скорость движения ленты, м/с; F – поперечное сечение материала, м^2; ρ – плотность материала, т/м^3.

В относительных единицах согласно (6)

$$Q_* = v_*. \qquad (7)$$

Тогда зависимость производительности ленточного транспортера от напряжения примет вид:

$$Q_* = \frac{\omega_0}{\omega_н} - \frac{M_c}{\beta_д \omega_н U_*^2}. \qquad (8)$$

Таким образом, скорость движения ленты и производительность ленточного транспортера обратно пропорциональны квадрату напряжения.

При экспериментальных исследованиях ленточного транспортера для магнитной обработки сельскохозяйственной продукции напряжение на обмотке статора двигателя изменяли при помощи автотрансформатора и при этом измеряли частоту вращения ротора тахометром. Зависимость изменения скорости и производительности ленточного транспортера от напряжения показана на рис. 1.

При изменении напряжения изменяется жесткость механической характеристики двигателя, соответственно, будет изменяться и электромеханическая постоянная времени:

$$T_м = \frac{J}{\beta_д U_*^2} = \frac{T_{мн}}{U_*^2}, \qquad (9)$$

где J – приведенный момент инерции электропривода, кг·м^2; $T_{мн}$ – электромеханическая постоянная времени при номинальном напряжении, с.

Вследствие изменения электромеханической постоянной времени изменяется характер протекания переходного процесса.

Нагрузочную диаграмму ленточного транспортера на отдельных участках можно описать уравнением:

$$M_c = M_{снна} + \varphi t, \qquad (10)$$

где $M_{снач}$ – момент статических сопротивлений рабочей машины в начальный период времени, Н·м; φ – скорость изменения момента статических сопротивлений рабочей машины во времени, Н·м/с.

Тогда уравнения переходных процессов в электроприводе транспортера имеют вид:

$$T_э T_м \frac{d^2 M_д}{dt^2} + T_м \frac{dM_д}{dt} + M_д = M_{снна} + \varphi\ t; \qquad (11)$$

$$T_э T_м \frac{d^2\omega}{dt^2} + T_м \frac{d\omega}{dt} + \omega = \omega_0 - M_c/\beta_д = \\ = \omega_0 - \frac{M_{снач} + \varphi\ t}{\beta_д}, \qquad (12)$$

где $T_э$ – электромагнитная постоянная времени, с; $T_м$ – электромеханическая постоянная времени, с; $M_д$ – момент двигателя, Н·м.

Решения данных дифференциальных уравнений с учетом (9) имеют вид:

$$M_д = M_{снач} + \varphi\left[t - T_{мн}/U_*^2 + \right. \\ \left. + e^{-\alpha t}\left(\frac{T_{мн}}{U_*^2}\cos\lambda' t + \frac{\alpha T_{мн}/U_*^2 - 1}{\lambda'}\sin\lambda' t\right)\right]; \qquad (13)$$

$$\omega = \omega_{нач} - \frac{\varphi}{\beta_д U_*^2}\left[t - T_{мн}/U_*^2 - \right. \\ \left. - e^{-\alpha t}\left(\frac{T_{мн}}{U_*^2}\cos\lambda' t + \frac{\alpha T_{мн}/U_*^2 - 1}{\lambda'}\sin\lambda' t\right)\right], \qquad (14)$$

где $T_{мн}$ – электромеханическая постоянная времени при номинальном напряжении.

Из уравнений (13) и (14) следует, что в начале переходного процесса происходят колебания момента и угловой скорости с малой амплитудой, которые после двух-трех периодов затухают. При повышении напряжения возрастает частота колебаний, а их амплитуда уменьшается. При этом уменьшается динамическое падение скорости, а при снижении напряжения, напротив, увеличивается.

Снижение напряжения приводит к увеличению электромеханической постоянной времени. При определенном значении напряжения электромеханическая постоянная времени может более чем в 4 раза превысить электромаг-

нитную. Тогда устраняются колебания момента и угловой скорости, а переходные процессы описываются уравнениями:

$$M_д = M_{снач} + \varphi\left(t - T_{мн}/U_*^2 + \frac{1 + k_2^/ T_{мн}/U_*^2}{k_2^/ - k_1^/} e^{k_1^/ t} - \right.$$

$$\left. - \frac{1 + k_1^/ T_{мн}/U_*^2}{k_2^/ - k_1^/} e^{k_2^/ t}\right); \qquad (15)$$

$$\omega = \omega_{нач} - \frac{\varphi}{\beta_д U_*^2}\left(t - T_{мн}/U_*^2 + \frac{T_{мн} k_2^/ + U_*^2}{U_*^2 (k_2^/ - k_1^/)} e^{k_1^/ t} - \right.$$

$$\left. - \frac{T_{мн} k_1^/ + U_*^2}{U_*^2 (k_2^/ - k_1^/)} e^{k_2^/ t}\right), \qquad (16)$$

где $k_{1,2}$ – корни характеристического уравнения

$$k_{1,2} = -(1/2T_e) \pm \sqrt{(1/2T_e)^2 - (1/T_e T_м)}.$$

Нагрузочные диаграммы электродвигателя транспортера для магнитной обработки картофеля $M_д=f(t)$ при отклонении напряжения показаны на рис. 2.

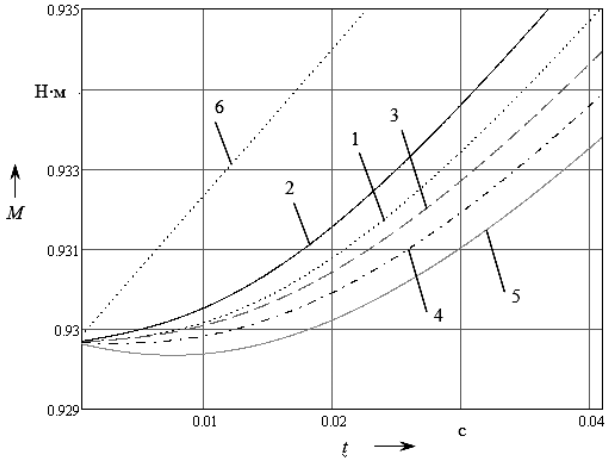

Рис. 2. Нагрузочные диаграммы электродвигателя транспортера для магнитной обработки сельскохозяйственной продукции при напряжении: 1 – номинальном $U_н$; 2 – 1,1$U_н$; 3 – 0,9$U_н$; 4 – 0,84$U_н$; 5 – 0,8$U_н$; 6 – нагрузочная диаграмма транспортера

Отклонение напряжения вызывает изменение потерь активной мощности в электроприводе транспортера. При этом изменяются как постоянные потери, к которым относят механические потери и в стали, так и переменные потери.

Механические потери пропорциональны квадрату угловой скорости [4]:

$$\Delta P_м = \Delta P_{м.н} \omega_*^2, \qquad (17)$$

где $\Delta P_{м.н}$ – механические потери при номинальном напряжении, Вт.

Потери в стали от вихревых токов и гистерезиса определяются по формуле [4]:

$$\Delta P_{ст} = \Delta P_{ст1} + \Delta P_{ст2} \approx$$

$$\approx \Delta P_{ст1н}\left(\frac{U}{U_н}\right)^2 \left(\frac{f_1}{f_{1н}}\right)^{1,3} \left(1 + s^{1,3}\right), \qquad (18)$$

где $\Delta P_{ст1н}$ – потери в стали статора при номинальных значениях частоты и напряжения, Вт.

При отклонении напряжения $f_1 = f_{1н}$ и выражение (18) примет вид:

$$\Delta P_{ст} \approx \Delta P_{ст1н} U_*^2 \left(1 + s^{1,3}\right). \qquad (19)$$

Зависимость скольжения двигателя ленточного транспортера от напряжения можно получить из уравнения (4):

$$s = \frac{K_з s_н}{U_*^2}, \qquad (20)$$

где $K_з$ – коэффициент загрузки двигателя.

Тогда уравнение (20) запишется в виде:

$$\Delta P_{ст} \approx \Delta P_{ст1н}\left(U_*^2 + \frac{K_з^{1,3} s_н^{1,3}}{U_*^{0,6}}\right). \qquad (21)$$

Переменные потери мощности в асинхронном двигателе определяются по формуле [4]:

$$\Delta P_v = \left(1 + \frac{R_1}{R_2^/}\right) M_д \left(\omega_0 - \omega\right), \qquad (22)$$

где R_1 – активное сопротивление обмотки ротора, Ом; R_2' – сопротивление обмотки ротора, приведенное к обмотке статора, Ом.

У ленточного транспортера M_c=const, тогда выражение (22) при отклонении напряжения можно записать в виде:

$$\Delta P_v = \left(1 + \frac{R_1}{R_2^/}\right) \frac{M_c^2}{\beta_д U_*^2}, \qquad (23)$$

или

$$\Delta P = \Delta P_{vн} / U_*^2, \qquad (24)$$

где $\Delta P_{vн}$ – переменные потери мощности при номинальном напряжении, Вт.

Таким образом, переменные потери мощности асинхронного двигателя обратно пропорциональны квадрату напряжения. При повышении напряжения они уменьшаются, а при снижении – возрастают (рис. 3). Постоянные потери мощности, наоборот, при снижении напряжения уменьшаются, а при повышении – возрастают. Поскольку постоянные потери мощности меньше переменных потерь, то при снижении напряжении потери в двигателе возрастают, а при повышении – несколько уменьшаются.

Важной энергетической характеристикой ленточного транспортера является удельный расход электроэнергии, кВт·ч/т, который определяется как

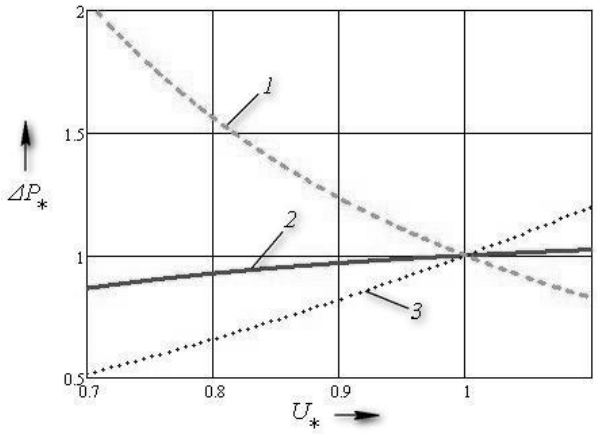

Рис. 3. Изменение составляющих потерь мощности в асинхронном электродвигателе при отклонении напряжения:
1 – переменные; 2 – механические;
3 - потери в стали

$$q = P_1 / Q, \qquad (25)$$

где P_1 – мощность, потребляемая двигателем из сети, кВт; Q – производительность транспортера, т/ч.

В относительных величинах выражение (25) можно записать в виде:

$$q_* = \frac{P_2 + \Delta P_c + \Delta P_v}{P_{2н} + \Delta P_{сн} + \Delta P_{vн}} \cdot \frac{Q_н}{Q} = \frac{P_2 + \Delta P_{vн}(\alpha + \Delta P_v / \Delta P_{vн})}{P_{2н} + \Delta P_{vн}(\alpha_н + 1)} \cdot \frac{Q_н}{Q}, \qquad (26)$$

где $P_{2н}$ и P_2 – соответственно мощность на валу двигателя при номинальном и отличном от номинального напряжении, Вт; $\Delta P_{сн}$ и ΔP_c – постоянные потери; $\Delta P_{vн}$ и ΔP_v – переменные потери; $\alpha_н$ и α – коэффициенты потерь.

Разделив числитель и знаменатель выражения (26) на $P_{2н}$ и учитывая то, что

$$P_2 / P_{2н} = M_c \omega / M_c \omega_н = \omega_*, \qquad (27)$$

$$\Delta P_н = P_{2н} \frac{1 - \eta_н}{\eta_н} = \Delta P_{vн}(\alpha_н + 1), \qquad (28)$$

где $\eta_н$ – КПД двигателя при номинальном напряжении, получим

$$q_* = \frac{\omega_* + \frac{1 - \eta_н}{\eta_н} \cdot \frac{(\alpha + 1/U_*^2)}{(\alpha_н + 1)}}{\omega_* \left(1 + \frac{1 - \eta_н}{\eta_н}\right)} = \eta_н + \frac{1 - \eta_н}{(\alpha_н + 1)} \cdot \frac{(\alpha + 1/U_*^2)}{\omega_*}. \qquad (29)$$

Если пренебречь механическими потерями и в стали ротора, тогда постоянные потери будут определяться выражением:

$$\Delta P_c = \Delta P_{сн} U_*^2, \qquad (30)$$

и формула (29) запишется в виде:

$$q_* = \eta_н + \frac{1 - \eta_н}{(\alpha_н + 1)} \cdot \frac{(\alpha_н U_*^2 + 1/U_*^2)}{\omega_*}. \qquad (31)$$

Таким образом, снижение напряжения вызывает возрастание удельного расхода электроэнергии в ленточных транспортерах (рис. 1), а повышение напряжения – небольшое снижение.

Выводы

При отклонении напряжения изменяется скорость движения транспортерной ленты и производительность транспортера обратно пропорционально квадрату напряжения.

При снижении напряжения увеличивается время переходного процесса в электроприводе транспортера и увеличивается удельный расход электроэнергии.

В результате проведения исследований установлено, что при снижении напряжения на 20 % производительность транспортера уменьшается на 4 %, а удельный расход электроэнергии увеличивается на 11 %.

Литература

1. *Аванесов В.М., Садков Е.В.* Анализ структуры потерь электрической энергии в электроустановках при отклонении напряжения от оптимального значения // Энергобезопасность в документах и фактах. 2005. №4. С. 19–21.
2. ГОСТ 13109-97 Межгосударственный стандарт. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. М.: Изд-во стандартартов, 1998. – 120 с.
3. *Перова М.Б.* Качество сельского электроснабжения: комплексный подход. Вологда: Вологодский государственный технический университет, 1999. – 72 с.
4. *Ключев В.И.* Теория электропривода. М.: Энергоатомиздат, 1995. – 560 с.
5. *Фоменков А.П.* Электропривод сельскохозяйственных машин, агрегатов и поточных линий. – 2-е изд. М.: Колос, 1984. – 288 с.

УДК 621.313.8:631.53.027:635.21

ИЗМЕНЕНИЕ БИОПОТЕНЦИАЛА И УРОЖАЙНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР ПРИ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКЕ СЕМЯН В МАГНИТНОМ ПОЛЕ

Канд. техн. наук В.В. Савченко, канд. техн. наук А.Ю. Синявский
(Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, г. Киев)

В работе приведены результаты исследований изменения скорости химических реакций и биопотенциала при предпосевной обработке семян в магнитном поле, на основании которых определен оптимальный режим обработки клубней картофеля. Установлена взаимосвязь изменения биопотенциала и урожайности сельскохозяйственных культур при магнитной обработке. Обоснован способ определения эффективности магнитной обработки семян по изменению биопотенциала.

Ключевые слова: *магнитное поле; магнитная обработка; скорость реакции; биопотенциал; магнитная индукция; энергетическая доза обработки; урожайность.*

The paper presents the research results of changes in the rates of chemical reactions and biopotential preliminary treatment of the seeds in a magnetic field, which is determined based on the optimal treatment of potato tubers. The relation between the changes in biopotential and crop yields in the magnetic treatment has been established. The method of determining the efficiency of magnetic seed treatment on change biopotential was justified.

Keywords: *magnetic field; magnetic treatment; the rate of reaction; biopotentia;, magnetic induction; the energy dose of treatment; yields.*

Применение электрофизических методов предпосевной обработки семян позволяет повысить урожайность и качество сельскохозяйственной продукции, снизить заболеваемость растений и уменьшить потери при хранении.

Магнитная обработка семян имеет преимущества перед другими методами благодаря высокой производительности установок, малому потреблению энергии, безопасности для обслуживающего персонала и окружающей среды.

Внедрение данной технологии требует установления механизма воздействия магнитного поля на семена и клубни сельскохозяйственных культур, выбор режимов обработки, что позволит создать оборудование, обеспечивающее оптимальный режим обработки.

Общим недостатком большинства существующих методов электромагнитной стимуляции является отсутствие инструментального определения эффективности обработки [1]. Ее оптимальное значение определяют, как правило, по урожайности, которая зависит от агроклиматических факторов, плодородия почвы, применяемой технологии возделывания.

Цель исследований – установление влияния предпосевной обработки семян и клубней сельскохозяйственных культур в магнитном поле на изменение их биопотенциала и урожайность для определения оптимальных режимов обработки.

Стимуляция развития сельскохозяйственных культур связана с ускорением протекающих в семенах и клубнях растений химических и биохимических реакций, которые являются преимущественно окислительно-восстановительными.

Исследование изменения скорости химической реакции при магнитной обработке семян было проведено с использованием положений теории столкновений [2], в которой реагирующие вещества рассматриваются как совокупность сферических частиц с радиусами r_1 и r_2, передвигающихся со скоростями $\vec{v_1}$ и $\vec{v_2}$ (рис. 1а). Вектор относительной скорости:

$$\vec{v} = \vec{v_2} - \vec{v_1}. \quad (1)$$

Известно, что химические последствия столкновения частиц зависят от кинетической энергии относительного движения вдоль линии центров [2]:

$$E = \frac{\mu v_n^2}{2}, \quad (2)$$

где v_n – нормальная составляющая скорости движения иона, м/с; μ – приведенная масса частиц, кг:

$$\mu = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}, \quad (3)$$

где m_1 и m_2 – массы частиц, кг.

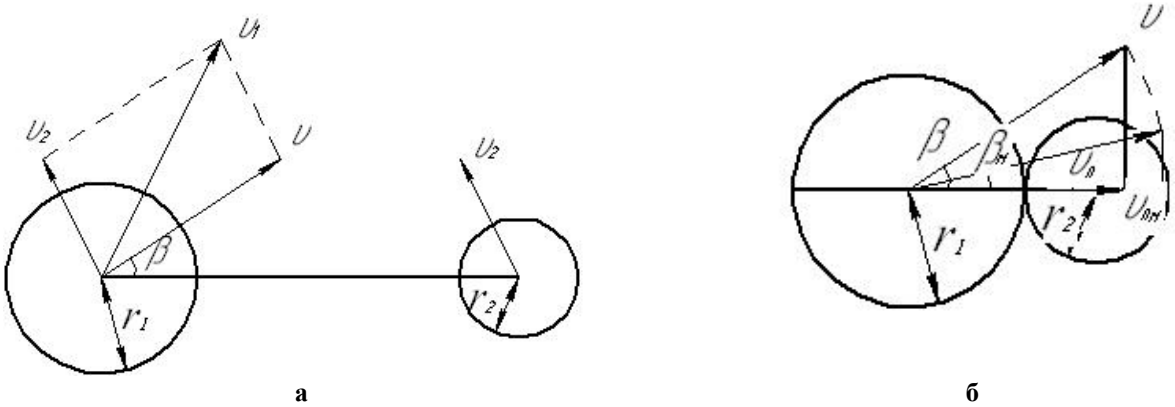

Рис. 1. Схема движения ионов (а) и диаграмма столкновений (б)

К химической реакции приводит только то столкновение, при котором кинетическая энергия относительно движения вдоль линии центров частиц, принимающих участие в реакции, выше за критическое значение E^*.

Считая распределение по скоростям поступательного движения максвелловским, для числа активных столкновений Z можно записать:

$$Z(E \geq E^*) = Z\exp(-E^*/kT), \qquad (4)$$

где Z – общее число двойных столкновений, определяемое по формуле:

$$Z = Z_0 n_i n_j / \sigma_{ij}, \qquad (5)$$

где Z_0 – удельное число парных столкновений; n_i, n_j – количество частиц i-го и j-го сорта в единице объема; σ_{ij} – фактор симметрии.

Величина Z_0 характеризует вероятность столкновения пары частиц в единицу времени в единице объема и определяется по формуле [2]:

$$Z_0 = \left(8\pi kT/\mu\right)^{1/2}(r_1 + r_2)^2, \qquad (6)$$

где k – постоянная Больцмана, Дж/К; T – температура, К.

Подставив (6) в уравнение (5), получим:

$$Z(E \geq E^*) = \\ = \frac{n_i n_j}{\sigma_{ij}}\sqrt{\frac{8\pi kT}{\mu}}(r_1 + r_2)^2\exp(-E^*/kT). \qquad (7)$$

Взаимная ориентация молекул в момент столкновения может быть неблагоприятной для осуществления реакции, что учитывается стерическим множителем p. Тогда скорость химической реакции будет определяться уравнением:

$$\omega = p\frac{n_i n_j}{\sigma_{ij}}\sqrt{\frac{8\pi kT}{\mu}}(r_1 + r_2)^2\exp(-E^*/kT), \qquad (8)$$

или с учетом (2)

$$\omega = p\frac{n_i n_j}{\sigma_{ij}}\sqrt{\frac{8\pi kT}{\mu}}(r_1 + r_2)^2\exp(-\mu v_{v*}^2 N_a/2RT), \qquad (9)$$

где v_{n*} – минимальное значение нормальной составляющей скорости частиц, при которой происходит химическая реакция, м/с; N_a – число Авогадро; R – универсальная газовая постоянная, Дж/(моль·К).

При попадании иона в магнитное поле на него действует сила Лоренца [3]:

$$F = qBv\sin\alpha, \qquad (10)$$

где q – заряд иона, Кл; B – магнитная индукция, Тл; v – скорость движения иона, м/с; α – угол между векторами скорости и магнитной индукции, град.

Сила Лоренца – это центростремительная сила, под действием которой движение иона осуществляется по окружности радиуса r:

$$F = \frac{mv^2}{r}. \qquad (11)$$

При этом изменяется нормальная составляющая скорости иона (рис. 1б):

$$\Delta v_n = v(\cos\beta_м - \cos\beta), \qquad (12)$$

где β и $\beta_м$ – углы между вектором скорости и линией, соединяющей центры частиц, без и при магнитной обработке соответственно.

Из выражений (10) и (11) получим формулу для определения скорости иона через параметры магнитного поля при $\alpha = 0$:

$$v = rqB/m. \qquad (13)$$

Тогда приращение нормальной составляющей скорости иона:

$$\Delta v_n = rqB(\cos\beta_м - \cos\beta)/m = KB, \qquad (14)$$

где K – коэффициент, м/(Тл·с).

Как следует из выражения (14), изменение нормальной составляющей скорости иона при магнитной обработке зависит от магнитной индукции и вида ионов (их массы и заряда). Кроме того, оно объясняет необходимость применения периодического магнитного поля. Поскольку при определенной ориентации ионов разность косинусов может быть отрицательной, то изменение

направления вектора магнитной индукции приводит к изменению ориентации ионов, и, соответственно, увеличению приращения скорости.

Вследствие изменения нормальной составляющей скорости ионов при магнитной обработке изменится их кинетическая энергия относительного движения вдоль линии центров:

$$E_{пм} = \frac{\mu v_{пм}^2}{2} = \frac{\mu(v_n + \Delta v_n)^2}{2}. \qquad (15)$$

Поэтому в химическую реакцию будут вступать ионы со скоростью v, меньшей за критическое значение v^*, что приводит к увеличению скорости химической реакции $\omega_м$:

$$\omega_м = pn_i n_j (8kT/\pi\mu)^{1/2} \times \times \exp(-\mu(v_{n*} - \Delta v_n)^2 N_a / 2RT), \qquad (16)$$

или

$$\omega_м = pn_i n_j (8kT/\pi\mu)^{1/2} \times \times \exp(-\mu(v_{n*} - KB)^2 N_a / 2RT). \qquad (17)$$

Вследствие изменения скорости химической реакции изменяется биопотенциал семян или клубней. Изменение окислительно-восстановительного потенциала определяется уравнением Нернста:

$$\Delta ОВП = 2{,}3\frac{RT}{zF}(\lg C_2 - \lg C_1), \qquad (18)$$

где R – универсальная газовая постоянная, Дж/(моль·К); T – температура вещества, К; z – валентность; F – число Фарадея, Кл/моль; C_1 – концентрация ионов, участвующих в реакции, до магнитной обработки, моль; C_2 – концентрация ионов при магнитной обработке, моль.

Учитывая (16), можно записать:

$$\lg C_2 - \lg C_1 = \lg \omega_{C_2} - \lg \omega_{C_1} = = 2{,}3\mu N_a \frac{v_n^2 - (v_n^2 + \Delta v_n)^2}{2RT}. \qquad (19)$$

Тогда изменение биопотенциала с учетом (14) составит:

$$\Delta БП = -\Delta ОВП = \frac{2{,}3^2 \mu N_a K}{zF}\left(\frac{KB^2}{2} + v_n B\right), \qquad (20)$$

или

$$\Delta БП = A_1 B^2 + A_2 Bv, \qquad (21)$$

где A_1 и A_2 – коэффициенты.

Таким образом, изменение скорости химической реакции и биопотенциала при магнитной обработке зависят от магнитной индукции и нормальной составляющей скорости движения ионов.

Коэффициенты, входящие в уравнение (21), аналитически определить не возможно. Их определяют на основании экспериментальных данных.

В качестве примера рассмотрим предпосевную обработку клубней картофеля в магнитном поле. Экспериментальные исследования выполнялись на лабораторной установке с электромагнитами. Магнитное поле создавалось двусторонней периодической магнитной системой. Магнитную индукцию в воздушном зазоре индуктора регулировали изменением напряжения постоянного тока, приложенного к катушкам индукторов. Величину магнитной индукции измеряли тесламетром 43205/1. Скорость движения картофеля через магнитное поле, создаваемое индукторами, изменяли с помощью преобразователя частоты Delta VFD004EL43A. Иономером ЭВ-74 в комплекте с платиновым измерительным и хлорсеребряным вспомогательным электродами измеряли окислительно-восстановительный потенциал картофеля до магнитной обработки и после нее.

При исследованиях использовался ортогональный центрально-композиционный план (план ПФЕ 22 и звездные точки). На основании проведенных однофакторных экспериментов [4] были определены значения нижнего, основного и верхнего уровня фактора, в качестве которых принималась магнитная индукция соответственно 15, 30 и 45 мТл, скорость транспортерной ленты – 0,5, 1,0 и 1,5 м/с.

В результате проведенного многофакторного эксперимента получили уравнение регрессии – изменения биопотенциала, которое для 5%-ного уровня значимости имеет вид (рис. 2):

$$\Delta БП = 24{,}12 + 1{,}44B - 19{,}66v + + 9{,}57Bv - 0{,}027B^2. \qquad (22)$$

Полученное уравнение дало возможность установить зависимость биопотенциала от энергетической дозы обработки, которая для периодического магнитного поля определяется по формуле:

$$D = \frac{B_m^2 l}{6\mu\mu_0\rho v}, \qquad (23)$$

где B_m – значение магнитной индукции в плоскости установки магнитов, Тл; l – путь, который проходит обрабатываемое вещество в магнитном поле, м; μ – магнитная проницаемость среды; μ_0 – магнитная постоянная, В·с/А; ρ – плотность вещества, кг/м^3.

Анализируя зависимость изменения биопотенциала картофеля от энергетической дозы обработки (рис. 3), можно сделать вывод, что наиболее существенно биопотенциал картофеля изменяется при энергетической дозе обработки 0,23 Дж·с/кг, которая соответствует магнитной индукции 30 мТл и скорости транспортерной ленты 1 м/с.

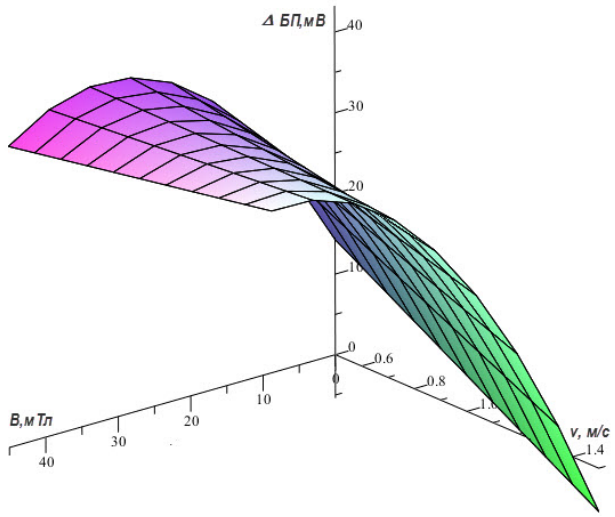

Рис. 2. Зависимость изменения биопотенциала картофеля от магнитной индукции и скорости движения транспортерной ленты при магнитной обработке

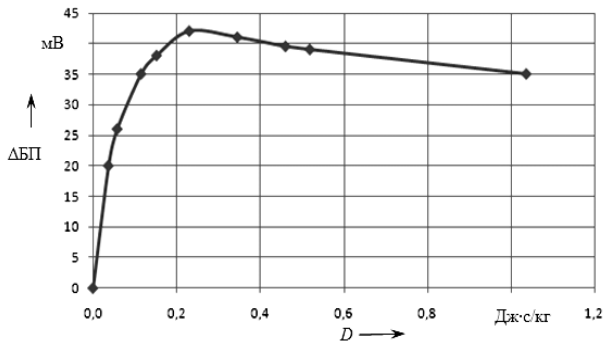

Рис. 3. Зависимость изменения биопотенциала картофеля от энергетической дозы обработки

Таблица 1

Урожайность с одного куста картофеля

Магнитная индукция по вариантам, мТл	Средняя урожайность по повторностям, кг				Среднее значение, кг	Отклонение, кг	$НСР_{05}$, кг
	1	2	3	4			
0	0,529	0,626	0,640	0,596	0,598	0	0,078
13	0,529	0,531	0,686	0,625	0,593	-0,005	
20	0,611	0,760	0,623	0,721	0,679	0,081	
30	0,686	0,691	0,749	0,763	0,722	0,125	
45	0,649	0,683	0,634	0,713	0,670	0,072	

Установленный на основании изменения биопотенциала режим магнитной обработки картофеля был проверен путем исследования урожайности и биометрических показателей растений картофеля сорта «Луговской» при магнитной обработке в соответствии с известной методикой полевого опыта [5].

Опытные участки площадью 20 м^2 размещались методом обычных повторений. Опыты выполнялись по следующей схеме: 1-й вариант (контрольный) – картофель выращивали без обработки в магнитном поле; 2-й вариант – картофель перед посадкой обрабатывали в магнитном поле с магнитной индукцией 13 мТл; 3-й вариант – 20 мТл; 4-й вариант – 30 мТл; 5-й вариант – 45 мТл. Скорость движения картофеля составляла 1,0 м/с.

В результате проведенных полевых исследований установлено, что наилучшие биометрические показатели и урожайность картофеля были получены при предпосадочной обработке в магнитном поле с индукцией 30 мТл и скоростью движения транспортерной ленты 1 м/с. При увеличении или уменьшении магнитной индукции биометрические показатели и урожайность картофеля уменьшаются (табл. 1).

Урожайность картофеля при магнитной индукции 30 мТл по сравнению с контролем повысилась на 21 %. При этом возросло количество крупных клубней на 15 %, в них увеличилось содержимое крахмала, витамина С, сухого вещества на 3–4 %, а концентрация нитратов уменьшилась на 6 %.

Выводы

При предпосевной обработке семян и клубней сельскохозяйственных культур в магнитном поле изменяется скорость происходящих в них химических реакций, что обусловливает изменение биопотенциала и урожайности, которые зависят от магнитной индукции и

скорости движения обрабатываемого материала в магнитном поле (энергетической дозы обработки). Установлена взаимосвязь между изменением биопотенциала и урожайностью сельскохозяйственных культур при магнитной обработке, что дает возможность определять эффективность обработки по изменению биопотенциала.

Литература

1. *Прищеп Л.Г., Якименко А.П., Шаповалов Л.В.* и др. Проектирование комплексной электрификации. М.: Колос, 1983. – 271 с.
2. *Никольский Б.П., Смирнова Н.А., Панов М.Ю.* и др. Физическая химия. Теоретическое и практическое руководство. Л.: Химия, 1987. – 880 с.
3. *Классен В.И.* Омагничивание водных систем. – 2-е изд. М.: Химия, 1982. – 296 с.
4. *Sinyavsky A., Savchenko V.* Magnetic treatment of potato tubers // Annals of Warsaw University of Life Sciences. SGGW. Agriculture (Agricultural and Forest Engineering). Warsaw, 2011. – № 57. – P. 57–64.
5. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований. М.: Колос, 1979. – 416 с.

УДК 620:631.365.22

ПОГЛОЩЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ СВЧ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

Канд. техн. наук Д.А. Будников
(ГНУ ВИЭСХ)

Применение методов диэлектрического нагрева с использованием энергии микроволновых и радиочастотных волн привлекает все большее внимание со стороны научной общественности и представителей промышленности. Грамотное применение данных технологий позволяет расширить сферу использования электротехнологий при разработке энергосберегающих методов переработки широкого перечня сельскохозяйственных культур.

Ключевые слова: *зерно; сушка; микроволны; диэлектрический нагрев.*

The use of methods with the use of dielectric heating of microwave and radio frequency waves are attracting more attention from the scientific community and industry. Proper application of these technologies allows to expand the use of energy-efficient electrotechnologies with a wide range of methods for processing of agricultural crops.

Keywords: *grain; drying; microwave; dielectric heating.*

Стремление снизить энергоемкость процессов переработки сельскохозяйственных материалов приводит к тому, что ученые все большее внимание уделяют разработанным еще в 1940-1950 годах технологиям электромагнитного воздействия на обрабатываемые материалы. Ранее недостаточная развитость элементной базы источников подобного воздействия и их высокая стоимость приводила к нецелесообразности использования электрофизических воздействий, таких как поля микроволнового диапазона. Кроме того, современными учеными отмечается неравномерность распределения СВЧ полей в сельскохозяйственных материалах, находящихся или перемещаемых толстым слоем.

Представленная работа направлена на исследование распространения электромагнитного поля микроволнового диапазона от нескольких источников в обрабатываемом материале. Равномерность распространения поля имеет особое значение при проведении процессов обеззараживания зернового материала.

Разогрев сельскохозяйственных материалов в поле действия микроволнового поля является диэлектрическим и обусловлен совокупностью действия многих факторов. Наиболее существенным является преобразование энергии электромагнитного поля в тепловую, обусловленное диэлектрическими свойствами материала. Токи сверхвысоких (СВЧ) частот преобразуются посредством объединенных процессов дипольной и ионной поляризации, которые приводят к нагреву материала.

Электромагнитная энергия, передаваемая материалу, характеризуется длиной волны λ, частотой *f*, напряженностями магнитного *H* и электрического поля *E*. Когда биологический материал подвергается воздействию СВЧ волн, часть поглощенной электромагнитной энергии преобразуется в тепло.

Мощность, поглощенная единичным объемом диэлектрика, зависит от его диэлектрических свойств, частоты и напряженности поля и может быть вычислена согласно закону Джоуля – Ленца:

$$P_{уд} = \omega \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon'' \cdot E^2 , \qquad (1)$$

где $P_{уд}$ – удельная мощность, Вт/м^2; ω – угловая частота; ε_0 – диэлектрическая постоянная; ε'' – коэффициент диэлектрических потерь; *E* – напряженность электрического поля, В/м.

Целесообразно проводить обработку материала, относительная диэлектрическая проницаемость которого ε' находится в диапазоне 2÷100 Ф/м.

Суворов С.С. считает, что диэлектрическую проницаемость влажной пшеницы можно вычислить по формуле:

$$\varepsilon = \varepsilon_0 + k \cdot W^n , \qquad (2)$$

где ε_0 – диэлектрическая проницаемость абсолютно сухого зерна; *W* — влажность зерна; *k*, *n* – коэффициенты, постоянные для данной частоты.

Аналогичная формула рекомендована им и для тангенса угла потерь пшеницы. Васильева И.А. для зависимости электропроводности зерна от влажности предлагает формулу:

$$\sigma = a \cdot \exp(b \cdot \omega) + C , \qquad (3)$$

где *a*, *b*, *C* — постоянные.

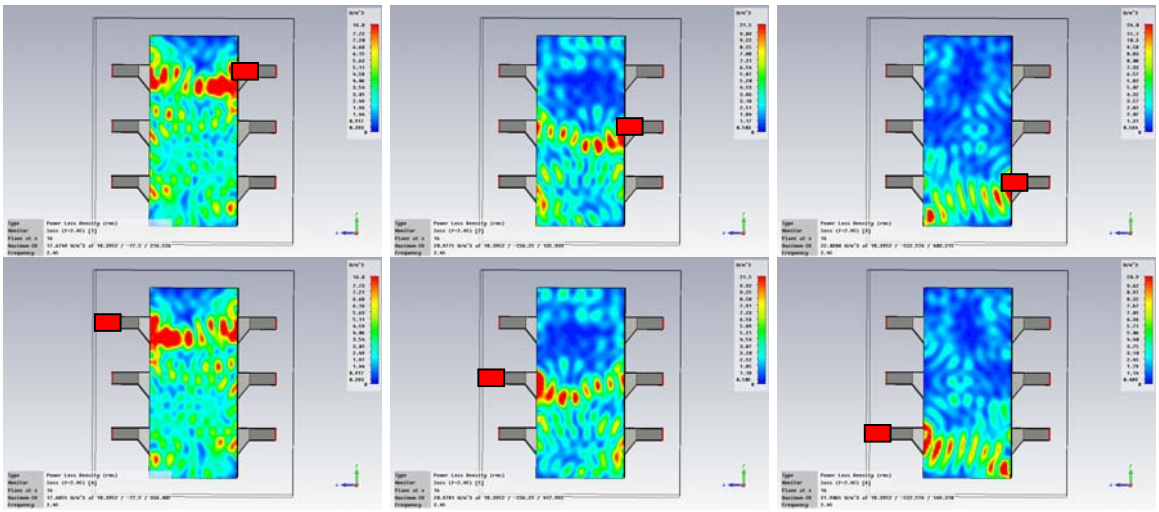

Рис. 1. Выделение мощности в пшенице при W = 14, f = 2450 МГц

Температура также непосредственно влияет на электрофизические свойства зерна, что связано с изменением состояния воды, поглощенной зерном. На это указывают данные С.С. Суворова. Он установил, что электросопротивление зернового слоя при повышении температуры снижается, причем тем заметнее, чем ниже влажность зерна. Такую особенность можно объяснить, если учесть, что при повышении температуры свойства воды, связанной с большей энергией, должны измениться значительнее, чем воды, связанной слабее. Графики зависимости логарифма электросопротивления зерна от температуры распадаются каждый на два прямолинейных отрезка. Причем критическое значение температуры $t_{кр}$ тем выше, чем ниже влажность зерна. Если сопоставить значения критической температуры с влагосодержанием зерна, то получается, что график имеет излом при влагосодержании 16,5%.

По данным А.А. Пикерегиля, с повышением температуры значения диэлектрической проницаемости возрастают, причем тем быстрее, чем больше влагосодержание зерна.

Процессы нагрева в СВЧ параметрах описываются системой нелинейных дифференциальных уравнений в частных производных, состоящей из уравнений Максвелла и при отсутствии массопереноса уравнения теплопроводности. Одной из систем, использующих данные закономерности при моделировании СВЧ устройств, является CST Microwave Studio. Результаты, получаемые данным продуктом, основаны на методе конечного интегрирования (Finite Integration Technique, FIT), который представляет собой последовательную схему дискретизации уравнений Максвелла в интегральной форме [3].

Результаты проектирования распространения электромагнитной волны СВЧ диапазона в поточной линии обработки сыпучих сельскохозяйственных материалов для различных сельскохозяйственных материалов при частоте поля 2,45 ГГц, выполненного в CST Microwave Studio, представлены на рис. 1.

Моделирование проводилось для модуля линии поточной обработки и представляет собой вертикальную полость, к которой подводится СВЧ энергия от источников, расположенных в трех уровнях и направленных встречно. Из полученных рисунков распространения выделяемой мощности четко видна неравномерность мощности, выделяемая от отдельных источников, которая выразится в последующем нагреве зернового продукта. Однако встречное направление и их расположение в несколько уровней позволяет получить относительно равномерный нагрев обрабатываемого материала.

Наличие дешевых источников малой мощности, работающих на частоте 2,45 ГГц, приводит к расширению исследований как в нашей стране, так и за рубежом, направленных на создание конструкций с их применением при разработке линий поточной обработки пищевой и сельскохозяйственной продукции.

Несмотря на очевидные преимущества диэлектрического нагрева, применение его в промышленных установках ограничивается рядом объективных факторов. Многочисленные отчеты исследователей свидетельствуют о возможности создания энергоэффективных установок с применением микроволновых источников, однако большинство этих исследований выполнено в лабораторных условиях для малых партий и тонких слоев материала, что исключает возможность

их масштабируемости для применения в коммерческих целях.

Основными проблемами являются неоднородность распределения температуры по слою и сравнительно высокие затраты на оборудование по сравнению с обычными методами обработки. Для обеспечения применимости научных исследований в данной области к условиям промышленного использования необходимо проведение дальнейшие исследования в следующих направлениях:

- разработка поточных линий обработки с управляемыми параметрами процесса обработки в режиме реального времени;
- активизация работ по изучению распределения электромагнитного поля в «сложных» материалах, таких как зерновой поток, комбикорма и др., посредством применения компьютерного моделирования и последующей экспериментальной и статистической проверке результатов моделирования;
- разработка комбинированных способов обработки, например СВЧ-конвективной сушки, с целью снижения себестоимости технологических процессов;
- получение масштабируемых моделей процессов диэлектрического нагрева, обеспечивающих возможность применения изучаемых процессов в промышленных технологических линиях;
- изучение зависимости диэлектрических свойств пищевых и сельскохозяйственных материалов как от влажности, так и от температуры;
- проведение исследований по обеспечению равномерности нагрева материалов под действием электромагнитных полей СВЧ в установках промышленного типа для обеспечения качественных показателей протекания процессов, а также экономической эффективности применения данного типа энергии.

Литература

1. *Трисвятский Л.А.* Хранение зерна. - Изд. 4-е, перераб. и доп. М.: Колос, 1975. - 400 с.
2. *Yunyang Wang.* Review of dielectric drying of foods and agricultural products/ Yunyang Wang, Yuanrui Li, Shaojin Wang, Li Zhang, Mengxiang Gao, Juming Tang // Int J Agric & Biol Eng Open Access at http://www.ijabe.org Vol. 4 No.1
3. *Курушин А.А., Пластиков А.Н.* Проектирование СВЧ устройств в среде CST Microwave Studio. М.: Издательство МЭИ, 2010. - 160 с.
4. *Будников Д.А.* Интенсификация сушки зерна активным вентилированием с использованием электромагнитного поля СВЧ: Автореф. дис. … канд. техн. наук. Зерноград: ФГОУ ВПО АЧГАА, 2007. - 16 с.

УДК 620:631.365.22

ВЛИЯНИЕ НЕРАВНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВЛАГИ В ЗЕРНЕ НА РАСЧЕТ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ПРИ СВЧ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИИ

Канд. техн. наук Д.А. Будников, А.А. Васильев
(ГНУ ВИЭСХ)

Статья посвящена влиянию особенностей уборки и обработки зерна на последующее распределение свободной воды в зерновке пшеницы. Учет распределения влаги внутри зерновки позволит лучше подбирать режимы обработки при обеззараживании зерна микроволновым полем.

Ключевые слова: *обеззараживание зерна, электротехнологии, микотоксины, микроволны.*

The article is devoted to the influence of features of harvesting and processing of grain on the subsequent distribution of free water in the caryopsis of wheat. Accounting for the distribution of moisture inside the weevil would better select treatment regimens for disinfection of grain microwave field.

Keywords: *disinfection of grain, electrotechnology, mycotoxins, microwaves.*

Анатомически зерно разделяется на три главные части: эндосперм, зародыш и окружающие их оболочки, которые резко различаются между собой по структуре и свойствам. Более детально строение наружных покровов зерновки показано на рис. 1 [2]. Здесь хорошо видно, что плодовая оболочка P образована несколькими рядами пустотелых клеток. Ниже расположена семенная оболочка NE, далее следует эндосперм, крайний слой которого – алейроновый Al – значительно отличается от остальной его части – крахмалистого или мучнистого эндосперма E. Алейроновый слой совместно с плодовой оболочкой представляют собой пористую структуру, которая легко впитывает влагу, но так же легко ее и отдает. Вода в капиллярах, образованных стенками молекул этого слоя находится в жидкой фазе, и может хорошо поглощать СВЧ излучение. Диэлектрическая проницаемость свободной воды равняется 80, для связанной воды ее значение падает до двух. Отсюда влага поступает в эндосперм через клеточные мембраны, где может находиться как в связанном, так и в жидком состоянии. Скорость этого процесса зависит от состояния клеточных мембран и содержания влаги внутри зерновки, то есть ее влажности.

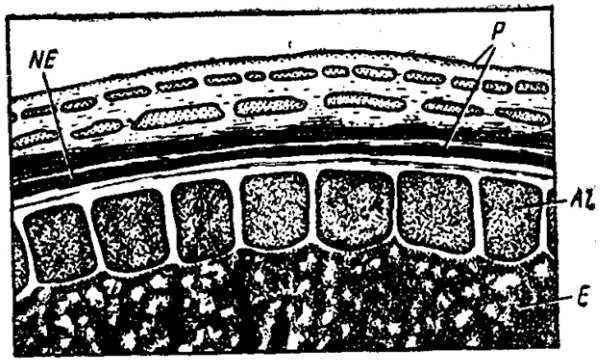

Рис. 1. Поперечный срез зерновки пшеницы

Распределение влаги в зерновке при его послеуборочной обработке зависит от таких факторов как сроки уборки и погодные условия при уборке.

Существенное влияние на процесс водоотдачи и поглощения воды семенами пшеницы в ходе созревания оказывает состояние клеточных мембран, которое по-разному проявляется на разных стадиях созревания. Одним из показателей состояния мембран служит оцениваемая по замедленной люминесценции фотохимическая активность хлорофилла «а» [3]. Как мы можем видеть на рис. 2, зерно сохраняет способность удерживать влагу через 21 и 28 дней после цветения.

Отличие по устойчивости и проницаемости мембран в свежесобранных семенах на различных стадиях созревания было показано и в Ижевском

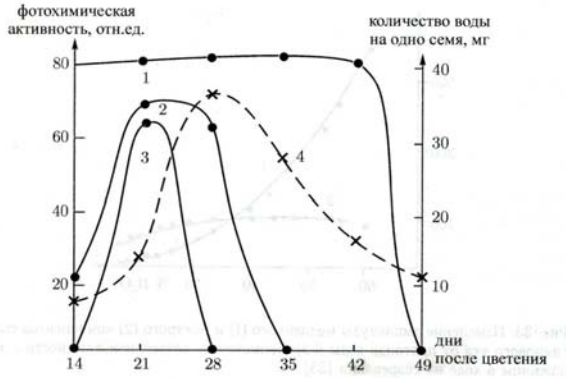

Рис. 2. Изменение фотохимической активности хролофилла «а» семян пшеницы сорта «зернофуражная-125» на разных стадиях созревания: 1 – первый день сбора, 2 – через сутки подсушивания на воздухе, 3 – через двое суток, 4 – общее содержание воды на одно семя

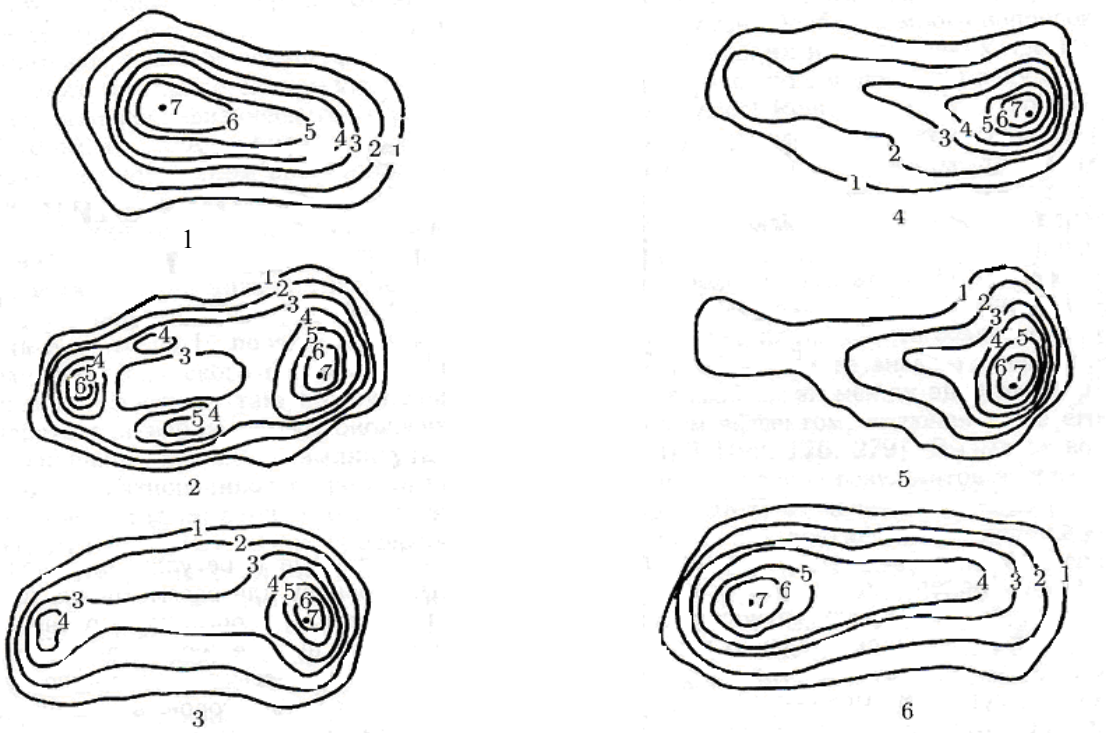

Рис. 3. Двухмерное изображение распределения спинового зонда в семенах пшеницы сорта «Зернофуражная-125», собранных и высушенных на разных стадиях созревания: 1 – через 14 дней после цветения, 2 – через 19 дней, 3 – через 27 дней, 4 – через 32 дня, 5 – через 36 дней, 6 – через 39 дней (после дождя). Время фиксации семян в растворе 10 ч. Цифры на рисунке соответствуют концентрации зонда по отношению к его концентрации в зародыше, принятой за 7 единиц

институте компьютерных исследований. С использованием метода спинового эха ЯМР и ЭПР-томографии были проведены эксперименты, отражающие распределение влаги в зерновке пшеницы на разных этапах созревания при повторном увлажнении [1]. На рис. 3 видно как влажность зерна меняется в объеме зерновки на разных сроках уборки. Области, малодоступные для воды в жидкой фазе на ранних этапах созревания, становятся, наоборот, доступными после окончательного созревания зерновки.

В семенах собранных после сильного дождя, несмотря на более позднюю стадию созревания, вода способна проникнуть в большую часть объема эндосперма, что, вероятно, обусловлено нарушением структуры мембран в некоторой части этого объема из-за повторного увлажнения и дополнительного высушивания уже созревших семян.

Для выполнения расчета нагрева зерновки при воздействии поля СВЧ необходимо задать начальные и граничные условия, которые зависят от того какую структуру имеет зерновка. Чтобы математическая модель адекватно отражала процессы, происхождение в зерновке, необходимо учесть и описать все основные взаимодействия. Учитывая малые размеры зерновки для математической модели, будет достаточно описание процесса нагрева зерновки в трех зонах: центральной, средней и внешней. Тогда, для упрощения задачи примем, что зерновка имеет форму шара и разделена на три зоны, влажность в которых распределена равномерно (рис. 4).

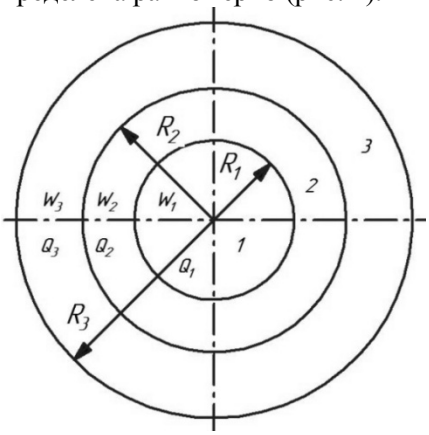

Рис. 4. Условное представление зерновки и разделение ее на три зоны по влажности

С учетом симметрии задача теплопроводности для зерновки может быть сведена к решению задачи теплопроводности для стержня. Поскольку температура вокруг стержня всегда будет равна температуре внутри стержня, поэтому теплообмена с боковой поверхности стержня осуществляться

не будет. Следовательно, задача аналогична задаче для стержня с изолированной поверхностью.

Запишем краевую задачу с начальными и граничными условиями.

Для СВЧ нагрева

Формулировка краевой задачи для первого участка: получить уравнение изменения температуры в стержне длиной R_1, с теплоизолированной боковой поверхностью и левым конусом ($x = 0$), если начальная температура стержня равна θ_0. Внутри стержня имеется равномерно распределенный источник энергии Q_{v1}. На правом краю стержня температура изменяется по закону

$$\theta_{гр1} = \frac{\theta_1(\tau) + \theta_2(\tau)}{2}.$$

Краевая задача для первого участка стержня будет иметь следующий вид.

$$\begin{cases} \dfrac{\partial \theta_1}{\partial \tau} = a_1^2 \dfrac{\partial^2 \theta_1}{\partial x^2} + \dfrac{Qv_1}{\rho_1 c_1}, \quad 0 < x < R_1, \quad 0 < \tau < +\infty \\ \theta_1(x, 0) = \theta_0, \quad 0 < x < R \\ \theta_1(R_1, \tau) = \dfrac{\theta_1(\tau) + \theta_2(\tau)}{2} = \theta_{гр1}(\tau) \\ \lambda S \dfrac{\partial \theta_1}{\partial x}(0, \tau) = 0, \quad 0 < \tau < +\infty \end{cases}, \tag{1}$$

где a_1 – коэффициент температуропроводности центральной части (шара/зерновки м^2/с), ρ_1 – плотность участка зерновки, кг/м^3; c_1 – удельная теплоемкость участка зерновки, кДж/кг·к; Qv_1 – удельная мощность выделяемая в участке зерновки при действии СВЧ поля, Вт/м^3; S – поперечное сечение стержня, м^2; Q – тепловой поток.

Для второго участка стержня краевая задача будет иметь следующий вид.

$$\begin{cases} \dfrac{\partial \theta_2}{\partial \tau} = a_2 \dfrac{\partial^2 \theta_2}{\partial x^2} + \dfrac{Qv_2}{\rho_2 c_2}, \quad R_1 < x < R_2, \quad 0 < \tau < +\infty \\ \theta_2(x, 0) = \theta_0, \quad R_1 < x < R_2 \\ \theta_2(R_1, \tau) = \theta_{гр1}(\tau), \quad \theta_2(R_2, \tau) = \theta_{гр2}(\tau), \quad 0 < \tau < -\infty \end{cases}. \tag{2}$$

Для третьего участка зерновки, с учетом того, что с правого конца происходит конвективный теплообмен по закону Ньютона, краевая задача будет иметь следующий вид:

$$\begin{cases} \dfrac{\partial \theta_3}{\partial \tau} = a_3 \dfrac{\partial^2 \theta_3}{\partial x^2} + \dfrac{Qv_3}{\rho_3 c_3}, \quad R_2 < x < R_3, \quad 0 < \tau < +\infty \\ \theta_3(x, 0) = \theta_0, \quad R_2 < x < R_3 \\ \theta_3(R_2, \tau) = \theta_{гр2}(\tau), \\ \theta_3(R_3, \tau) = h\,[\theta_3(R_3, \tau) - Тм_3(\tau)], \quad 0 < \tau < +\infty \end{cases}, \tag{3}$$

где h – коэффициент теплообмена между поверхностью стержня и окружающей средой, температура которой равна Тмз (τ); λ – коэффициент внутренней теплопроводности участка зерновки, Вт/мск.; Тмз (τ) – температура межзернового пространства.

Без воздействия СВЧ поля

После прекращения действия поля СВЧ части зерновки начнут остывать. Краевые задачи для каждой части будут иметь следующий вид.

Для первого участка:

$$\begin{cases} \dfrac{\partial \theta_1}{\partial \tau} = a_1^2 \dfrac{\partial^2 \theta_1}{\partial x^2} + \dfrac{Qv_1}{\rho c_1}, \quad 0 < x < R_1 \\ \theta_1(x, 0) = \theta_{1к}, \quad 0 < x < R_1 \\ \lambda S \dfrac{\partial \theta_1}{\partial x}(0, \tau) = 0, \quad \theta_1(R_1, \tau) = \theta_{гр1}(\tau) \end{cases}. \tag{4}$$

Для второго участка:

$$\begin{cases} \dfrac{\partial \theta_2}{\partial \tau} = a_2^2 \dfrac{\partial^2 \theta_2}{\partial x^2}, \quad R_1 < x < R_2 \\ \theta_2(x, 0) = \theta_{2к}, \quad \theta_2(R_2, \tau) = \theta_{гр2}(\tau), \quad 0 < \tau < +\infty \end{cases}. \tag{5}$$

Для третьего участка:

$$\begin{cases} \dfrac{\partial \theta_3}{\partial \tau} = a_3^2 \dfrac{\partial^2 \theta_3}{\partial x^2}, \quad R_2 < x < R_3, \quad 0 < \tau < +\infty \\ \theta_3(x, 0) = \theta_{3к}, \quad R_2 < x < R_3 \\ \theta_3(R_2, \tau) = \theta_{гр2}(\tau), \\ \theta_3(R_3, \tau) = -h\,[\theta_3(R_3, \tau) - Тм_3(\tau)], \quad 0 < \tau < +\infty \end{cases}, \tag{6}$$

где $\theta_{1к}$, $\theta_{2к}$, $\theta_{3к}$ – температура соответственно первого, второго и третьего участка зерновки после прекращения действия СВЧ поля.

При дальнейшем циклическом продолжении процесса «нагрев – охлаждение» конечные температуры этапа «нагрев» или «охлаждение» необходимо принимать в качестве начальных условий для следующего этапа. Таким образом, чтобы получить закономерности изменения температуры зерновки в циклическом процессе нагрев – охлаждение необходимо решить шесть краевых задач (1-6).

Литература

1. *Аксенов С.И.* Вода и ее роль в регуляции биологических процессов. М.; Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2004. – 212 с.
2. *Егоров Г.А.* Технологические свойства зерна. М.: Агропромиздат, 1985. – 334 с.
3. *Грунина Т.Ю.* Исследования состояния воды в семенах озимой пшеницы в процессе их созревания: Автореферат дисс. … канд. биол. наук, М.: МГУ, (1989). – 22 с.
4. *Лыков А.В.* Теория сушки. М.: Энергии, 1968. – 472 с.
5. *Эккерт Э.Р.*, *Дрект Р.М.* Теория тепло- и массообмена : пер. с анг. / под ред. А.В. Лыкова. – М.; Л.: Госэнергоиздат, 1961. – 680 с.
6. *Кутателадзе С.С.*, *Боришанский В.М.* Справочник по теплопередаче. М.; Л.: Государственное энергетическое издательство, 1958. – 414 с.
7. *Кутателадзе С.С.* Основы теории теплообмена. – Изд. 5-е, перераб. и доп. М.: Атомиздат, 1979. – 416 с.
8. *Араманович И.Г.*, *Левин В.И.* Уравнения математической физики. М.: Наука, 1969. – 288 с.
9. *Кошляков Н.С., Глинер Э.Б., Смирнов М.М.* Уравнения в частных производных математической физики: учеб. пособие для мех.-мат. фак. ун-тов. М.: Высшая школа, 1970. – 712 с.
10. *Самарский А.А., Вабищевич П.Н.* Вычислительная теплопередач. М.: Едиториал УРСС, 2003. – 784 с.
11. *Мартинсон Л.К., Малов Ю.И.* Дифференциальные уравнения математической физики: Учеб. для вузов / под ред. В.С. Зарубина, А.П. Крищенко. – Изд. 4-е, стер. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. – 367 с.
12. *Шарма Дж. Н., Синх К.* Уравнения в частных производных для инженеров. М.: Техносфера, 2002. – 320 с.

УДК 621.311

АНАЛИТИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА СВЕТОДИОДНОГО СВЕТИЛЬНИКА

Асп. А.А. Михалев, канд. техн. наук Л.Ю. Юферев
(ГНУ ВИЭСХ)

Рассмотрено устройство светодиодного светильника и отдельного светодиода. Показан принцип теплопередачи при работе светодиодной лампы. Рассчитана максимальная температура светодиода для различной температуры внешнего воздуха.

Ключевые слова: *светодиод; светодиодный светильник; тепловой режим.*

The paper considers a device led lamp and led separately. Shows the principle of heat transfer by operation of the led lamp. Calculated maximum temperature LEDs for different temperature of external air.

Keywords*: led; led lamp; the heat mode.*

Постановка задачи. Светодиодный светильник (рис. 1) представляет собой открытый с одной стороны пластиковый короб размерами 450 × 40 × 25 мм с толщиной стенок 0.4 мм. Внутри короба установлена текстолитовая пластина размерами 449,2 × 39,2 мм и толщиной 1 мм, на которую напаян 21 светодиод, имеющий размеры 5,2 × 5,2 × 1,5 мм; открытая сторона короба защищена стеклом толщиной 3 мм. На рис. 2 изображена построенная трёхмерная модель светодиодного светильника.

Рис. 1. Опытный образец светодиодного светильника

Каждый светодиод состоит из подложки – представленной прямоугольным параллелепипедом размерами 5,2 × 5,2 × 1,3 мм и излучающего свет элемента (так называемого p-n перехода), имеющего в модельном приближении форму цилиндра диаметром 4,3 мм и толщиной 0,3 мм.

В процессе работы светодиодной лампы происходит нагрев конструкции за счёт тепла, выделяемого p-n переходом. В представленной конструкции тепло передаётся посредством теплопроводности от светодиода текстолитовой подложке, стеклу и пластиковому коробу; стекло, короб и текстолит охлаждаются за счёт возникающей естественной конвекции – при этом стекло и короб охлаждаются потоками окружающего воздуха, в то время как текстолит и внутренняя пластиковая поверхность охлаждается воздухом, циркулирующим внутри короба. Рассеиваемая тепловая мощность каждого светодиода Q_V составляет 0,3 Вт. Необходимые теплофизические свойства материалов представлены в табл. 1.

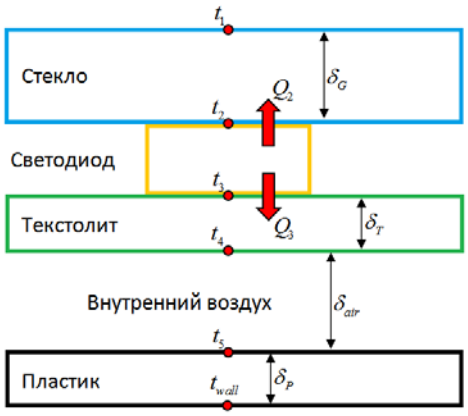

Рис. 2. Схематичное изображение одномерной расчётной области

Таблица. 1. Теплофизические свойства материалов

Материал	Теплоёмкость, C_i, Дж/кг	Коэффициент теплопроводности, λ_i, Вт/м·К	Плотность, ρ_i, кг/м^3
Пластик	1500	0.15	1380
Текстолит	840	0.4	1800
Стекло	700	1,15	2200
Алюминий	900	237	2700

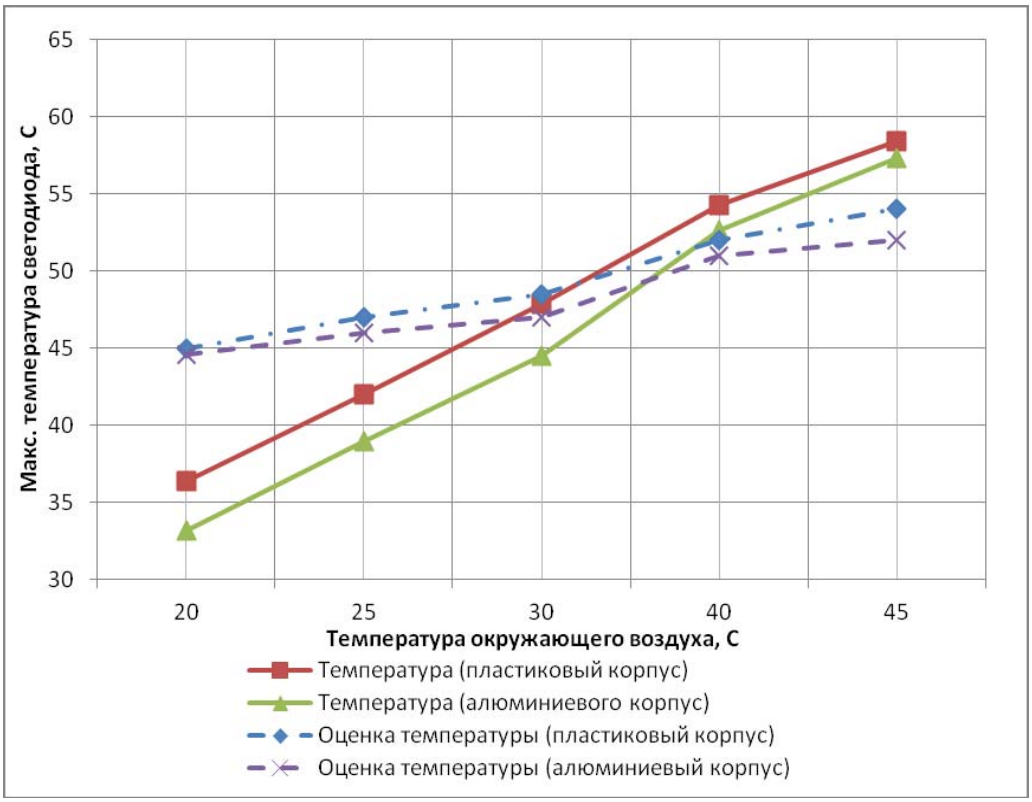

Рис. 3. Зависимость температуры светодиодов от температуры окружающего воздуха для двух вариантов корпусов

Аналитическая оценка параметров теплового режима. Для получения приближённых параметров теплового режима светодиодной лампы задача решалась в одномерной постановке (рис. 2).

Поскольку наиболее важным параметром является максимальная температура светодиода – в расчёте рассматривается светодиод с прилегающей областью, через границы которой в силу периодического расположения светодиодов не передаётся тепло. Таким образом, не учитывался перенос тепла в горизонтальном (т. е. в плоскости стекла и текстолита) направлении. При решении задачи в данной постановке – в качестве площади, через которую происходит теплообмен, была взята площадь повторяющегося шаблона в ряду (светодиод и прилегающая поверхность) размерами 39,2×20,2 мм. В силу большой теплопроводности подложки светодиода и p-n перехода будем считать в расчётах температуру светодиода одинаковой:

$$t_2 = t_3 = t_{LED}.$$

Искомая температура светодиода t_{LED} может быть найдена из уравнения теплового баланса:

$$t_{LED} = \frac{Q_V + \frac{t_{env}}{R_2} + \frac{t_{wall}}{R_3}}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}, \qquad (1)$$

где $R_2 = \frac{1}{S_2} \cdot \frac{\delta_G}{\lambda_G} + \frac{1}{S_1} \cdot \frac{1}{\alpha_{env}}$,

$R_3 = \frac{1}{S_3} \cdot \frac{\delta_T}{\lambda_T} + \frac{1}{\overline{S_4}} \cdot \frac{\delta_{air}}{\overline{\lambda_{air}}} + \frac{1}{S_5} \cdot \frac{\delta_P}{\lambda_P}$, $\overline{S_4}$ - эффективная площадь теплообмена внутреннего воздуха с пластиковым коробом, здесь $\overline{\lambda_{air}}$ - эффективный коэффициент теплопроводности объёма воздуха, находящегося внутри корпуса; δ_i - толщина слоя.

При рабочем положении лампы нагретая поверхность (стекло) ориентирована вниз, тогда, используя связь между числами подобия, описывающими процесс [2], α_{env} может быть выражено следующим образом:

$$\alpha_{env} = \frac{\lambda \cdot \mathrm{Nu}}{L} = \frac{\lambda \cdot \mathrm{Gr}^{1/4}}{4L}. \qquad (2)$$

По аналогичной методике определим эффективный коэффициент теплопроводности воздушной прослойки внутри корпуса светильника:

$$\overline{\lambda} = \lambda_{air} \cdot 0.17 \cdot Gr_{air}^{0.25}. \qquad (3)$$

При помощи данных формул была рассчитана максимальная температура светодиода для различной температуры внешнего воздуха: 20 ^{0}C, 25 ^{0}C, 30 ^{0}C, 40 ^{0}C, 45 ^{0}C в двух случаях: корпус изготовлен из пластика и алюминия. Полученные результаты, а также результаты полного трёхмерного расчёта приведены на графике рис. 3.

Литература

1. *Сергеев В.А., Ходаков А.М.* Нелинейная тепловая модель гетеропереходного светодиода // Физика и техника полупроводников. 2012. Том 46. Вып. 5. С. 691-694.

2. *Михеев М.А., Михеева И.М.* Основы теплопередачи. М.: Энергия, 1977.

УДК 621.384.3:636

ЛОКАЛЬНЫЙ ЭЛЕКТРООБОГРЕВ В СВИНАРНИКАХ-МАТОЧНИКАХ

Асп. Ю.Б. Каткова
(ГНУ ВИЭСХ)

Обобщены результаты исследований по местному обогреву поросят раннего возраста. Предложено современное технологическое решение средств обогрева.

Ключевые слова: *микроклимат; локальный обогрев; инфракрасный обогрев; облучатель; облучательная установка; обогреваемый пол; установка комбинированного обогрева.*

Summarized results of research of local heating of piglets early age. Suggested modern technological solution means of heating.

Keywords: *microclimate; local heating; infrared heating; the irradiator; irradiation facility; heated floor; installation of the combined heating.*

В животноводческих зданиях с молодняком целесообразно создавать тепловые условия, дифференцированные по возрасту животных. Этот связано с тем, что поддержание в помещении температуры, требуемой для одной возрастной группы животных, часто оказывается неприемлемой для другой. В то же время очевидно, что с точки зрения обеспечения сохранности молодняка первостепенным является поддержание в здании требуемых для него тепловых условий (табл. 1). Поэтому снижение общего температурного фона в помещении до температуры, приемлемой для взрослого поголовья, возможно лишь при наличии действенных устройств локального обогрева, способных обеспечить молодняку комфортные тепловые условия в локальных зонах его отдыха. Создаваемый при этом дифференцированный микроклимат, кроме повышения иммунобиологического статуса организма, позволяет увеличить продуктивность животных, а также свести до минимума заболеваемость и отход молодняка как в период локального обогрева, так и после него.

Таблица 1. Требуемый тепловой режим в свинарнике-маточнике

Возраст поросят, суток	Температура, требуемая для поросят, °С	Тепловой фон в помещении, °С
1...7	30...26	18...20
8...14	25...24	18
15...21	23...22	18
22...28	21...20	18
больше 28	20...18	18

Различают четыре способа локального обогрева – см. табл. 2.

Для обеспечения необходимых тепловых условий для поросят обычно применяются средства локального обогрева. К ним относятся инфракрасные обогреватели, обогреваемые полы и установки комбинированного обогрева.

Инфракрасный обогрев осуществляют при помощи различных облучателей и облучательных установок, которые сравнительно дешевы и в большинстве случаев при правильной эксплуатации высокоэффективны. Они обладают целым рядом преимуществ по сравнению с обогревателями других типов. Поскольку инфракрасное излучение мало поглощается воздухом, подавляющая часть направленной на обогреваемый объект энергии может быть им поглощена. Поэтому при правильном применении таких обогревателей открывается возможность достижения высокого КПД использования энергии. Применение инфракрасных облучателей позволяет существенно снизить капитальные и эксплуатационные расходы на обогрев. Эти обогреватели малоэнергоемки, маломатериалоемки и достаточно просты по устройству. При выходе из строя нагревательных элементов (например, инфракрасных ламп) замена их в процессе эксплуатации не представляет трудности.

Инфракрасный обогрев эффективен при условии ограничения теплопотерь от тела животного к полу.

При выращивании молодняка на щелевых полах мощность инфракрасных облучателей используется нерационально, так как часть лучистого потока через щели пола теряется в грунте. Кроме того, инфракрасные лучи, попадая на смоченный экскрементами пол, нагревают их и активизируют процессы выделения вредных газов и влаги.

Таблица 2. Основные характеристики способов локального обогрева

Способ локального обогрева	Основные достоинства	Основные недостатки	Типы применяемого обогревательного оборудования	Общие рекомендации
Инфракрасный	Простота конструкции обогревателей, их низкая энерго- и материалоемкость. Простота автоматизации режимов работы оборудования. Дополнительный биологический эффект от ИК облучения.	Раздражающее действие яркого светового потока при использовании ламповых облучателей. Возможное временное переохлаждение нижней поверхности тела животных при контакте их с холодным полом. Сравнительно низкий срок службы излучателей. Необходимость применения подстилки.	“Светлые” и “темные” ИК облучатели и облучательные установки; низкотемпературные излучатели панельного типа с развитой излучающей поверхностью.	Основной и наиболее распространенный способ обогрева. Возможно применение в любых электрифицированных помещениях.
Контактный	Высокая технологическая эффективность. Низкая энергоемкость (по сравнению с ИК обогревом расход энергии на локальный обогрев можно снизить более чем вдвое). Возможность использования в ряде случаев “внепиковой” электроэнергии. Большой срок службы обогревателей. Возможность отказа от применения подстилки.	Возможное переохлаждение верхней поверхности тела животных при взаимодействии с холодным воздухом. Необходимость использования в ряде случаев понижающих трансформаторов. Повышенные требования к электробезопасности. Большая инерционность.	Обогреваемые полы, участки и полосы пола; панели; ковры; маты; грелки для обогрева и обсушки.	Применение напольных обогревателей возможно в любых помещениях. Использование обогреваемых полов и участков пола более целесообразно в строящихся и реконструируемых зданиях.
Комбинированный	Наиболее эффективное тепловое воздействие на организм животных. Все основные преимущества ИК и контактного обогрева. Возможность значительного снижения общего теплового фона в помещении вплоть до отказа в некоторых случаях от подогрева приточного воздуха.	Высокие капитальные затраты. Повышенные требования к качеству эксплуатации. Необходимость использования в некоторых случаях понижающих трансформаторов. Повышенные требования к электробезопасности.	Одновременно используемые средства ИК и контактного обогрева. Специальные комбинированные установки, комплекты и устройства.	Высокоэффективный способ для любых электрифицированных помещений.
Брудерный	Низкий расход энергии на локальный обогрев, защита от сквозняков, равномерность обогрева.	Сравнительно большая загазованность обогреваемой зоны. Затрудненный визуальный контроль за состоянием молодняка. Большая инерционность. Повышенная материалоемкость.	Специальные обогреватели брудерного типа; гнездовые ящики-маточники и др.	К настоящему времени получил распространение в основном в птицеводстве.

В настоящее время инфракрасный обогрев является основным и наиболее распространенным способом создания требуемых тепловых условий в локальных зонах размещения молодняка сельскохозяйственных животных и птицы.

Источники инфракрасного обогрева обычно называют инфракрасными (ИК) излучателями. Для защиты излучателей от механических повреждений и капель влаги, а также в ряде случаев для перераспределения потока излучения в пространстве применяют специальную арматуру. Источник излучения вместе с арматурой принято называть облучателем. Комплект облучателей со щитом управления обычно называют облучательной установкой.

Из "светлых" инфракрасных излучателей наиболее распространенными являются ламповые. По своей конструкции они аналогичны обыкновенным лампам накаливания. Колба лампы представляет собой стеклянный баллон параболоидной формы, внутри которого закреплена вольфрамовая нить. Последняя при работе нагревается до температуры порядка 2000°С, что на несколько сотен градусов ниже, чем у ламп накаливания. У ламповых инфракрасных излучателей до 70% потребляемой энергии преобразуется в инфракрасное излучение. Пониженная температура нити накала у инфракрасных ламп снижает долю видимого излучения, уменьшает скорость испарения вольфрама. В результате срок их службы увеличивается до 4000-6000 ч (по сравнению с 1000 ч у обычных ламп накаливания). Для направления потока излучения в обогреваемую зону и формирования его в пространстве требуемым образом инфракрасные лампы имеют внутренний отражатель (часть колбы, прилегающая к цоколю, покрыта зеркальным слоем).

В связи с тем, что эффективность использования инфракрасного излучения зависит от правильности сочетания оптических свойств излучателя и облучаемого объекта, а также от их взаимного расположения в пространстве (поглощающая способность поверхности животного уменьшается при увеличении угла падения излучения, правильный выбор излучателя в соответствии с видом животных требует учета оптических свойств их поверхности). Наибольший эффект от использования инфракрасного обогрева может быть достигнут при соответствии максимума спектрального распределения энергии падающего потока от радиационного теплоисточника максимуму спектральной чувствительности поверхности животного.

Наиболее распространена лампа ИКЗК-220-250 (рис. 1). Она, так же как и более мощная ИКЗ-220-500, излучает концентрированный тепловой поток. Поэтому указанные лампы по сравнению с другими при прочих равных условиях дают больший эффект в более холодных помещениях при необходимости сильного обогрева сравнительно небольших площадей.

Рис. 1. Обогрев поросят облучателем на базе инфракрасной лампы ИКЗК-220-250

Значительным преимуществом «темных» инфракрасных излучателей перед «светлыми» является также то, что в спектре излучения первых практически отсутствует видимый свет. Это преимущество объясняется тем, что при интенсивном освещении организм животных постоянно находится в напряженном состоянии, что оказывает на него отрицательное влияние.

Обязательное условие нормальной жизнедеятельности животного – правильное чередование бодрствования и сна, которое тесно связано со световым режимом в помещении. Суточный ритм активности животных, а также их физиологических отправлений, обусловлен естественным освещением – сменой дня и ночи. Очевидно, что бодрствование животных лучше протекает при освещении, а отдых (сон) – при затемнении. Свет же от «светлых» ламповых излучателей мешает животным спать. Поэтому в зонах отдыха, требуемые условия теплового комфорта в которых должны создавать установки (устройства) локального обогрева, освещение (особенно яркое) нежелательно.

Из современных отечественных «темных» инфракрасных излучателей наибольший интерес представляют ЭИС-0,25-И1 и ЭИС-0,25-И2. Эти излучатели относятся к типу "Ирис" (рис. 2). Источником инфракрасного излучения в них служит керамическая плитка, в которую запрессована нагревательная (нихромовая) спираль. Выводы оформлены в виде лампового цоколя с резьбой Е27. Корпус и отражатель выполнены из алюминия. Температура излучающего элемента – около 750°С. Спектральная характеристика излучателя достаточно хорошо сбалансирована со спектральными характеристиками поверхности животных.

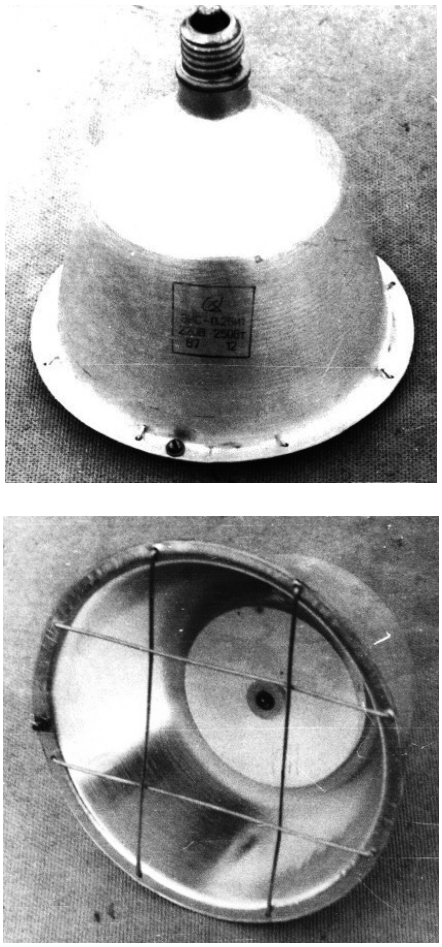

Рис. 2. Излучатель ЭИС-0,25-И1 «Ирис»

Излучатель может быть использован самостоятельно или в арматуре, разработанной для ламп типа ИКЗК-220-250. Характеристика излучателей типа "Ирис" близка к характеристике лампы ИКЗК-220-250, а по ряду показателей ее превышает. Дополнительным достоинством этого излучателя является практическое отсутствие в спектре его излучения видимого света, в связи с чем он не оказывает на животных слепящего воздействия.

С целью создания требуемых тепловых условий в зонах размещения поросят инфракрасные облучатели должны быть подвешены на определенной высоте, которая зависит от возраста животных и тепловых условий конкретного помещения. При этом следует учитывать, что высота подвеса большинства облучателей менее 500 мм недопустима исходя из требований безопасности эксплуатации облучателей (прежде всего – из требований пожарной безопасности).

Облучатели должны быть расположены в местах, недоступных для взрослых животных. В то же время молодняку должен быть обеспечен свободный доступ в зону обогрева.

Контактный обогрев осуществляется путем обогрева пола или отдельных его участков, а также применением различных напольных обогревателей (панелей, плит, ковриков, матов и др.). При расположении молодняка на нагретой до требуемой температуры поверхности значительно уменьшается отток теплоты от тела животного в пол, предупреждается переохлаждение жизненно важных органов. Это имеет существенное значение, так как поросята, например, около 70 – 80% времени суток находятся в лежачем положении. Контактный способ обогрева характеризуется высокой технологической эффективностью и низкой энергоемкостью. При его использовании, например, для обогрева поросят, можно полностью исключить применение подстилочных материалов.

Особый интерес представляют **комбинированные электрообогреватели**, сочетающие в себе «темные» ИК обогреватели и электрообогреваемую площадку пола (рис. 3). Правильное сочетание инфракрасных и контактных обогревателей в установках (устройствах) комбинированного обогрева позволяет устранить большинство недостатков, присущих этим средствам в отдельности, наиболее полно выразить их достоинства. Правильное применение комбинированного обогрева в большинстве случаев позволяет получить и значительный технологический эффект (повысить сохранность молодняка, увеличить прирост массы животных без дополнительного расхода кормов при сравнительно низких энергетических затратах).

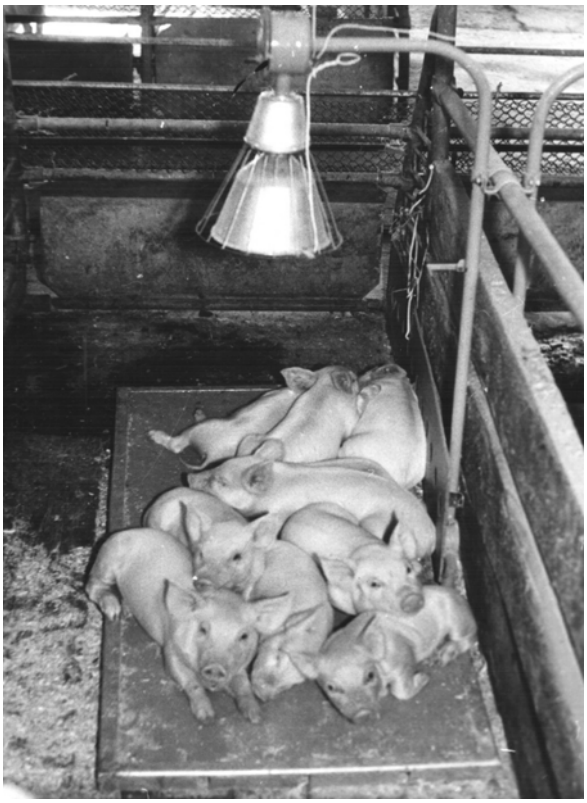

Рис. 3. Локальный комбинированный электрообогреватель автоматизированной установки ЭИС-11-И1 «Комби»

Однако в настоящее время отечественной промышленностью для нужд сельского хозяйства предлагаются практически только инфракрасные обогреватели на базе ламп типа ИКЗК или ИКЗ.

В то же время многолетние исследования в этой области дают основания полагать, что имеет смысл с учетом большого опыта НИР создание эффективных энергоэкономных локальных электрообогревателей и автоматизированных обогревательных установок на современной элементной базе.

Исследования показали, что наиболее эффективными могут быть локальные электрообогреватели, состоящие из «темных» ИК облучателей и теплоизолированных участков пола (напольного покрытия). Последние позволяют уменьшить контактную теплоотдачу от тела поросенка в пол, а действенный тепловой поток от верхнего облучателя обеспечивает необходимое уменьшение явной теплоотдачи от тела поросенка в окружающую среду. Выбор требуемых энергетических параметров таких устройств должен быть осуществлен на основе математического моделирования теплообмена организма поросенка при внешнем тепловом воздействии.

Проведенные исследования позволили разработать такой электрообогреватель.

Техническая характеристика электрообогревателя

Установленная мощность, кВт	0,5
Высота подвеса, мм	500,0
Габаритные размеры, мм	600×70×70
Масса, кг	0,38
Нагревательный элемент	Нихромовая спираль, помещенная в трубку из кварцевого стекла
Температура нагревательного элемента, ˚С	800 - 850

Рис. 4. Общий вид локального низкотемпературного электрообогревателя

Стендовые испытания электрообогревателя были проведены на лабораторной базе Отдела сельскохозяйственной теплоэнергетики и микроклимата ГНУ ВИЭСХ[1].

Использованная автоматизированная система измерения и регистрации полученных данных содержит следующие основные элементы:

- устройство контроля температуры УКТ-38;
- датчики температуры;
- адаптер интерфейса АС-2;
- персональный компьютер (ПК);
- автоматический выключатель QF, соединительные кабели.

Восьмиканальное устройство контроля температуры УКТ-38 (изготовитель – предприятие ОВЕН) предназначено для построения автоматических систем контроля производствен-

[1] Экспериментальные исследования выполнены совместно с д.т.н. С.А. Растимешиным, к.т.н. Д.А. Тихомировым, инж. А.В. Кузьмичевым.

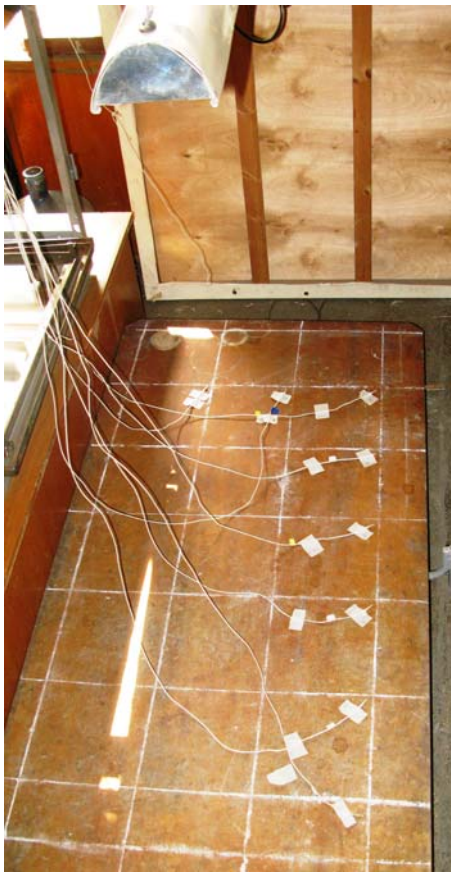

Рис. 5. Лабораторные испытания локального низкотемпературного электрообогревателя

ных технологических процессов в различных отраслях промышленности, сельского хозяйства и в быту. В рассматриваемом случае регистрация температуры производилась с помощью первичных преобразователей (датчиков) в восьми различных точках. Ее значение отображалось на встроенном цифровом индикаторе, передающем информацию на персональный компьютер (рис. 5).

В качестве датчиков температуры были использованы термоэлектрические преобразователи типа ДТПL011-0.5/5 с рабочим диапазоном температур -50…+300 °С.

В лабораторном стенде использован автоматический выключатель QF типа ABB 231, рассчитанный на номинальный ток 2А, осуществляющий защиту электрической цепи автоматизированной системы измерения и регистрации от токов короткого замыкания и сверхтоков.

SCADA – система OWEN PROCESS MANAGER (OPM) – программное обеспечение, предназначенное для осуществления связи ПК с приборами УКТ 38, подключенные через адаптер интерфейса АС2

В период проведения эксперимента температура воздуха $t_в$ в помещении поддерживалась в пределах 18-20 °С.

Проведенные испытания показали, что разработанный электрообогреватель обеспечивает для поросят-сосунов требуемые значения температуры в зоне их размещения в соответствии с ОНТП.

В настоящее время разработаны и утверждены в установленном порядке исходные требования на комплектную автоматизированную установку локального обогрева поросят на базе рассмотренного электрообогревателя.

УДК 631.171:636

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РОТОРНО-ПУЛЬСАЦИОННОГО АППАРАТА ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ГОМОГЕНИЗИРОВАННЫХ СМЕСЕЙ ИЗ СЕМЯН ЗЕРНОБОБОВЫХ КУЛЬТУР И ФУРАЖНОГО ЗЕРНА

Асп. Г.З. Бестаев, канд. техн. наук С.Г. Карташов
(ГНУ ВИЭСХ)

Рассмотрен роторно-пульсационный аппарат (РПА) для приготовления заменителя цельного молока (ЗЦМ) из семян зернобобовых культур. В результате проведенных НИР разработана новая модель конструкции установки для приготовления гомогенизированных смесей УПГС-1, на ней проведены лабораторные и приемочные испытания.

Ключевые слова: *роторно-пульсационный аппарат; заменитель цельного молока; люпин; диспергатор; гомогенезатор; ротор; статор; насос.*

The rotor and pulsation device (RPD) for preparation of the substitute of whole milk (SWM) from seeds of leguminous cultures is considered. As a result of carried-out NIR the new model of a design of installation is developed for preparation of the homogenized mixes of UPGS-1, on it laboratory and acceptance tests are carried out.

Keywords*: rotor the pulsatsionny device; substitute of whole milk; a lupine; a dispergator; a homogenizer; a rotor; a stator; the pump.*

Современные высококачественные заменители цельного молока (ЗЦМ) по своей биологической и энергетической ценности практически не уступают молоку, а для молодняка они даже полезнее.

Проведенный нами патентный поиск [1] позволил выявить, что в роторно-пульсационном аппарате (РПА), содержащем привод и установленные в корпусе ротор и статор, на их рабочих поверхностях выполнены зубчатые элементы, представляющие собой концентрично расположенные по окружности ряды, состоящие из выступов и впадин (патент РФ № 2124935. 1999). Недостатком такой конструкции является то, что она не обеспечивает подачу готовой продукции потребителю на месте выдачи готового корма и требует наличия дополнительного насоса.

Также известны роторно-пульсационные аппараты, которые совмещают в себе функции диспергатора, гомогенизатора и насоса, при этом они снабжены входными лопатками насоса, которые являются выступами последнего ряда зубчатого элемента ротора (патент РФ №2152810. 1999). Недостатком данной конструкции устройства является отсутствие возможности выполнения следующих функций: регулирование смещения входных лопаток при изменении физико-механических свойств измельчаемых компонентов.

Поэтому нами была поставлена задача: новые рабочие органы РПА должны быть регулируемыми.

Целью работы являлось добиться повышения производительности и снижения энергоемкости процесса, а также обеспечить регулирование стабилизации режимов работы модели при увеличении скорости потока в межлопаточном пространстве и обеспечение регулирования давления в рабочей камере в процессе работы.

В результате исследований разработаны новые конструкции рабочих органов, которые защищены патентами [4, 5] (рис. 1, 2).

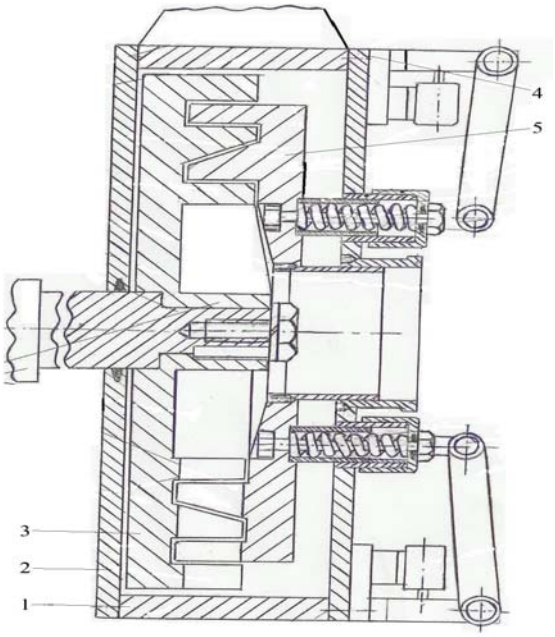

Рис 1. УПГС-1 с устройством регулирования зазора:
1 - корпус; 2 - передняя крышка; 3 - ротор; 4 - передняя крышка; 5 - статор

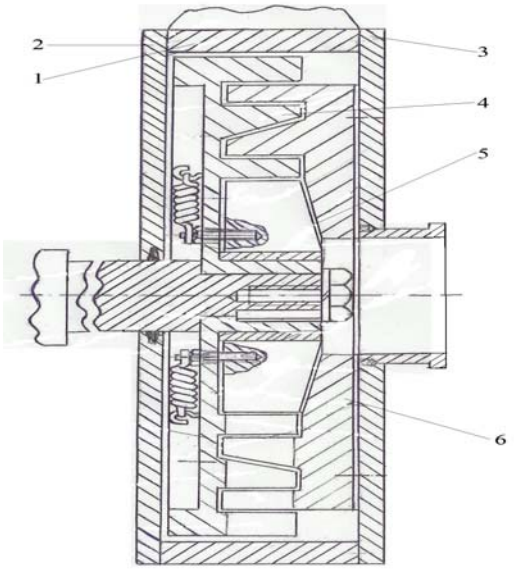

Рис. 2. УПГС-1 с регулируемыми лопатками:
1 - корпус; 2 - задняя крышка; 3 - передняя крышка; 4 - ротор; 5 - регулируемые лопатки; 6 - статор

Нами был изготовлен макетный образец «Установки для приготовления гомогенизированных смесей УПГС-1» (из семян люпина и зерна ячменя). Результаты исследований опубликованы в журнале «Вестник ВИЭСХ» [2].

По результатам исследований был изготовлен экспериментальный образец «УПГС-1», на котором проведены приемочные испытания на ФГБУ «Подольская МИС» (рис. 3, 4) [3].

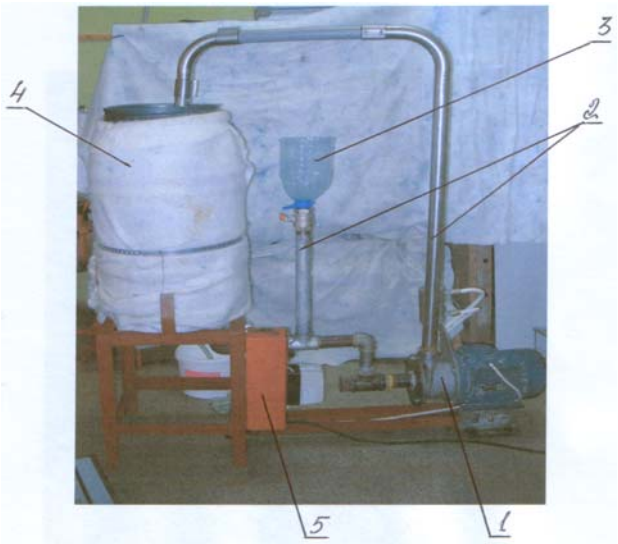

Рис. 3. Установка для приготовления гомогенизированных смесей «УПГС-1»:
1 - роторно-пульсационный аппарат; 2 –трубопровод; 3 - бункер для зерновых компонентов; 4 - бункер для готовой продукции; 5 - пульт управления

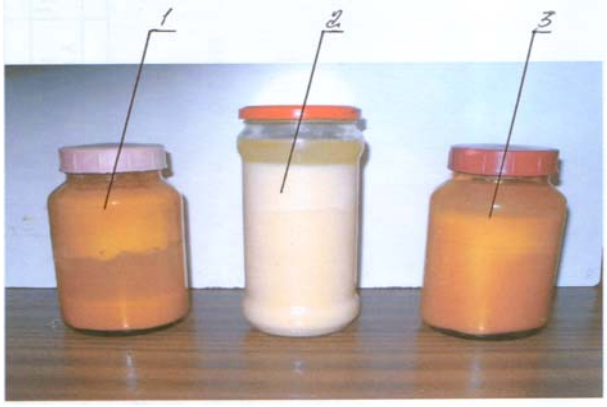

Рис. 4. Расслоение готового продукта:
1 - проба начала выгрузки; 2 - проба середины выгрузки; 3 - проба окончания выгрузки

Анализ результатов испытаний по зоотехнической оценке в соответствии со СТО АИСТ 10.6-2010. Испытания установки для приготовления гомогенизированных смесей (из семян люпина и ячменя) «УПГС-1» проводили по СТО АИСТ 19.6-2007 в соответствии с ТЗ, представленным ГНУ ВИЭСХ, и рабочей программы, утвержденной директором ФГБУ «Подольская МИС» [3].

Условия испытания являлись типичными для зоны деятельности МИС.

Испытания проводились с целью проверки качества выполнения технологического процесса установкой при приготовлении гомогенизированных смесей. Эксплуатацию установки осуществляли согласно рекомендациям ГНУ ВИЭСХ исходя из результатов экспериментов, полученных при исследовании работы машины.

При испытаниях установлено:

1. Установка обеспечивает приготовление жидкой однородной смеси (суспензии) из семян зернобобовых культур и тепловую обработку смеси до +37°С за 25 минут работы установки;

2. Производительность установки составила 104,76 кг/ч;

3. Приготовленная смесь являлась однородной по содержанию сухого вещества. Количество сухого вещества в различных порциях смеси, отобранных в процессе слива готового продукта, было практически одинаковым;

4. Однородность смеси сохраняется в процессе приготовления и слива готовой смеси, однако при хранении более 4-х часов происходит расслоение смеси (см. рис. 4);

5. По результатам зоотехнической оценки установка выполняет технологический процесс приготовления гомогенизированных смесей из семян зернобобовых культур в соответствии с требованиями ТЗ.

Выводы по результатам госиспытаний

На основании результатов государственных приемочных испытаний установки для приготовления гомогенизированных смесей из семян люпина и ячменя на ФГПУ «Подольская МИС» она рекомендуется к применению в сельскохозяйственном производстве после устранения замечаний, рекомендуется проведение классификационных испытаний.

Литература

1. http://www.abercade.ru/research/analysis/287.html
2. *Карташов, С.Г. Бестаев, Г.З.* Повышение эффективности процесса приготовления гомогенизированных дисперсных смесей из люпина, пшеницы в роторно-пульсационном аппарате // Вестник ВИЭСХ. Выпуск 4(9) /2012. С. 50-53.
3. Протокол № 09-42-12 (1010013) приемочных испытаний установки для приготовления гомогенизированных смесей «УПГС-1». Климовск, 2012. - 39 с.
4. Патент РФ № 106849. Устройство роторно-пульсационного аппарата / Карташов С.Г., Ромалийский В.С., Перов А.А. и др. // БИ. 2011. №20.
5. Патент РФ № 107965. Устройство роторно-пульсационного аппарата / Карташов С.Г., Ромалийский В.С., Перов А.А. и др. // БИ. 2011. №25.

УДК 637.11

СЕЛЕКТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ДОЕНИЯ С АНАЛИТИЧЕСКИМ БЛОКОМ ИЗМЕРЕНИЯ И ОТДЕЛЕНИЯ АНОМАЛЬНОГО МОЛОКА В ПОТОКЕ

Д-р техн. наук В.В. Кирсанов (Россельхозакадемия)
асп. О.В. Милешина (МГАУ им. В.П. Горячкина)

В настоящее время имеется ряд эффективных доильных установок, обеспечивающих в доильных залах поточную технологию доения коров. Однако в конструкции этого оборудования не реализована возможность разделения молока в потоке по качественным показателям. Доение больных животных производится в отдельную емкость, что затрудняет обслуживание большого поголовья животных в доильных залах. В связи с этим, совмещение методов ранней диагностики мастита с одновременным выделением аномального молока в потоке при доении на современных доильных установках является перспективным направлением.

Ключевые слова: *электропроводность; мастит; разделение молока; датчик-счетчик потока молока.*

Currently, there are a number of effective milking machines, milking parlors provide a flow technology milking cows. However, in the design of this equipment is not realized the possibility of separation of milk in a stream on quality indicators. Milking sick animals produced in a separate container, making it difficult to service a large number of animals in the milking parlors. In connection with this, combinedtion methods for early diagnosis of mastitis while emitting anomalous milk flow during milking on modern milking installations is a promising direction.

Keywords: *electrical conductivity; mastitis; milk separation; the sensor-counter flow of milk.*

Реализация биологического потенциала дойного стада во многом зависит от обеспеченности фермы современными средствами контроля и управления технологическими процессами, наиболее трудоемким из которых является машинное доение. В настоящее время имеется ряд эффективных доильных установок, обеспечивающих в доильных залах поточную технологию доения коров. Однако в конструкции этого оборудования не реализована возможность разделения молока в потоке по качественным показателям. Исключение составляют доильные роботы. Для предотвращения попадания в общий удой молока от больных животных существуют следующие технологические схемы:

1) Отделение больных маститом коров селекционными воротами для ветеринарного обследования и последующий перевод больного животного в отдельную группу для доения на специальных доильных установках;

2) Доение группы коров с субклиническим маститом в общем доильном зале после основного стада с перенаправлением потока некондиционного молока в отдельный танк;

3) Доение в ведро больных животных непосредственно в доильном зале без перегруппировки животных [2].

Следует отметить, что доение в отдельную емкость маститных коров и их перегруппировки значительно усложняют работу оператора и вызывают дополнительные стрессы у животных, необходимость применения дополнительного комплекта доильного оборудования и т. д.

Для решения этой проблемы нами предлагается селективная технологическая линия доения с аналитическим блоком измерения и отделения аномального молока в потоке по электропроводности.

Согласно анализу литературных источников коэффициент корреляции между электрической проводимостью молока и содержанием отдельных компонентов составляет: калия r = -0,543, натрия r = +0,785, pH r = +0,680, кальция r = -0,650. К тому же наблюдается прямая зависимость возрастания электропроводности от содержания в нем соматических клеток (СК). При содержании СК от 0 до 300 тыс./мл колебания уровня электропроводности незначительны и малодостоверны, затем наблюдается достоверное увеличение электропроводности молока (рис. 1) [1].

Болезнь коровы маститом оказывает большое влияние на электрическую проводимость молока и содержание соматических клеток. Эти показатели в период острого течения болезни увеличиваются примерно в 3,5 раза по сравнению с молоком из здорового вымени. Помимо того физико-химические изменения в

молоке начинаются задолго до проявления клинической формы мастита, и регулярное получение данных об электропроводности позволяет предупреждать развитие заболевания (табл. 1).

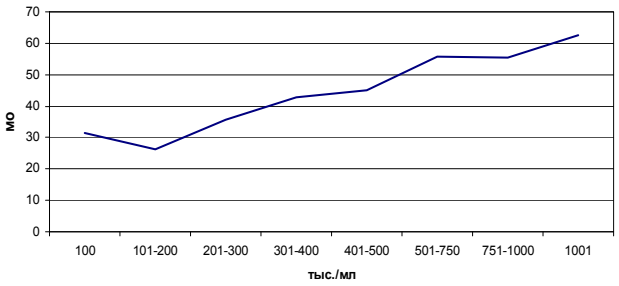

Рис. 1. Электропроводность молока в зависимости от содержания в нем соматических клеток

Таблица 1. Количество соматических клеток и значения электропроводности молока при различном состоянии вымени животного

Состояние животного во время наблюдения	Количество соматических клеток, тыс./мл	Электропроводность молока, мо
Здоровое	225	23,2
После болезни	367	37,9
Субклинический мастит	406	46,2
Мастит	857	61,7
Хронические изменения	1094	76,0

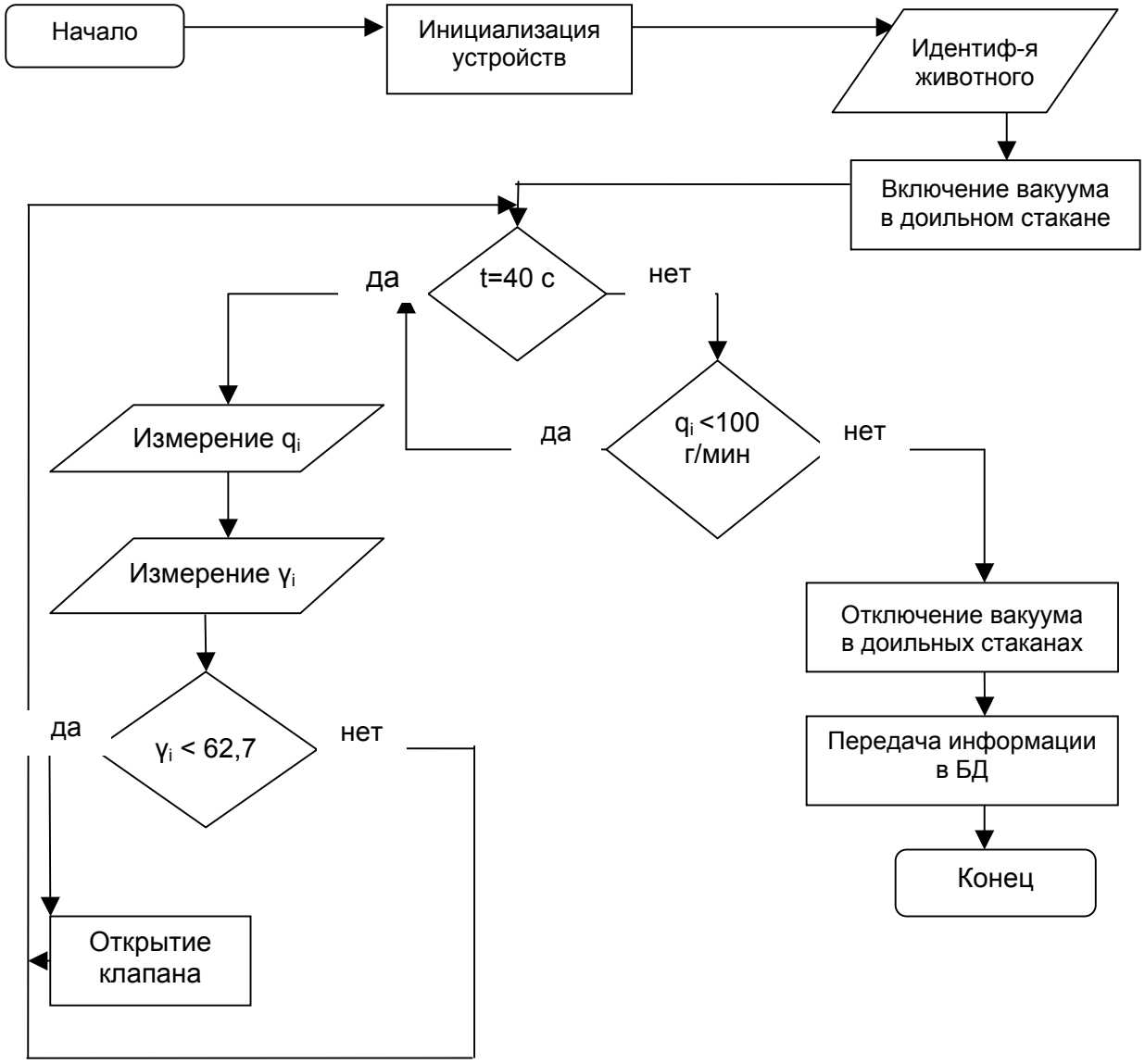

Рис. 2. Алгоритм работы аналитического блока измерения и разделения молока: t – время, с; q_i – скорость потока молока, г/мин; γ_i – электропроводность молока, мо

Алгоритм работы аналитического блока измерения и отделения молока изображен на рис. 2. Он заключается в следующем. После идентификации коровы в начале доения в базу данных вводится указание на утреннюю или вечернюю дойку, подается вакуум в доильные стаканы. В период всего доения через мерную камеру индивидуального счетчика молока пропускают электромагнитные периодические сигналы известной частоты, выходные характеристики которых обрабатываются микропроцессорным устройством согласно заданному алгоритму и записываются в базу данных.

Доение осуществляется согласно «Правилам машинного доения», с предусмотренным отключением доильного аппарата при снижении молокоотдачи q_i до 100 г/мин в течение 40 с. Одновременно с измерением скорости потока молока осуществляется измерение уровня его электропроводности. Если значение этого показателя превышает показатели здорового вымени, то по окончанию заполнения мерной камеры происходит открытие автоматического клапана для слива аномального молока в отводящий молокопровод.

На рис. 3 показано устройство аналитического блока индивидуального учета и разделения молока в потоке. Он состоит из выпускного патрубка 1, крышки 2, отводящей камеры 3, распределителя потока молока 4, вычислительного устройства 5, впускного патрубка 6, сливной трубки 7, калиброванного отверстия 8, электродных датчиков 9, мерной камеры 10, мензуры 11, выпускного патрубка для аномального молока 12, автоматического клапана 13, поплавка 14, отверстия между приемной и мерной камерами 15, приемной камеры 16, геркона 17, постоянного магнита 18, отводящего патрубка 19, подающей трубки 20, горизонтальной перегородки 21, блока управления 22.

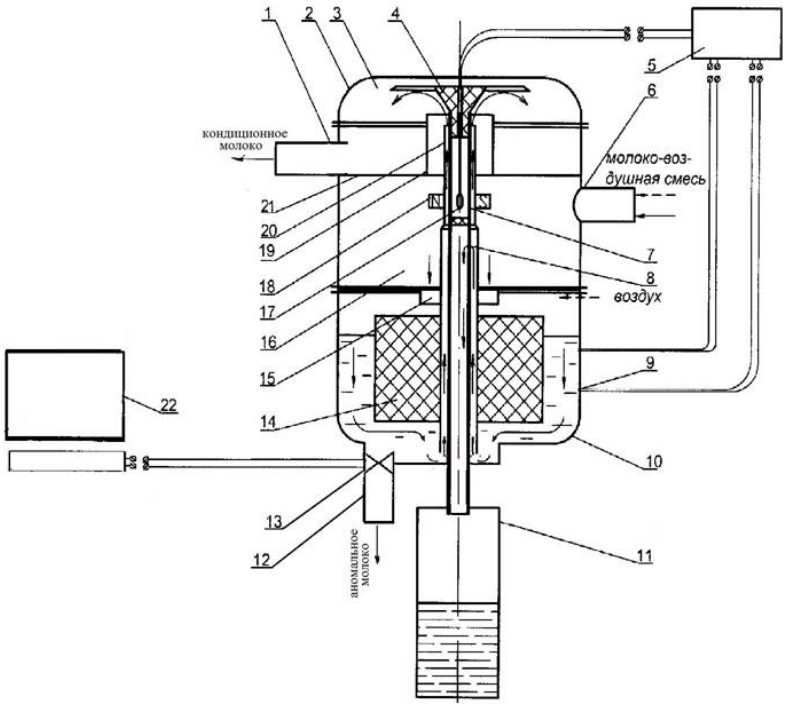

Рис. 3. Аналитический блок индивидуального учета и разделения молока в потоке при доении

Сам процесс отделения аномального молока происходит следующим образом. Молоко по входному патрубку 6 поступает в приемную камеру 16 и затем через отверстие 15 в мерную камеру 10. По мере поступления молока формируется порция заданной массы. Во время заполнения мерной камеры 10 замыкаются электродные датчики 9, регистрирующие скорость ее наполнения, адекватную скорости молокоотдачи, и качественные показатели молока. Данные поступают на блок управления. Исходя из требуемых качественных характеристик удоя, оператор направляет поток молока в основной или в санитарный молокопровод. При соответствии молока по качественным характеристикам норме воздух, поступающий через отверстие в мер-

ной камере 10, создает в ней избыточное давление по сравнению с приемной камерой 16, которое обеспечивает движение кондиционного молока по подающей трубке 20 из мерной камеры 10 в отводящую камеру 3 и далее через выпускной патрубок 1 выводится в общий молокопровод. Признанное аномальным молоко удаляется из мерной камеры через выпускной патрубок 12, путем открытия автоматического клапана 13.

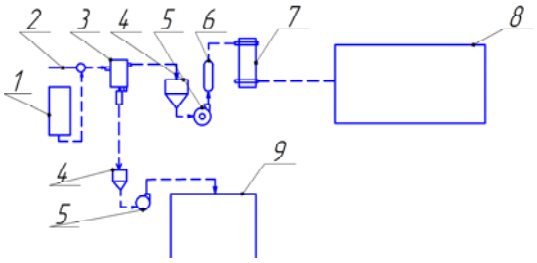

Рис. 4. Селективная технологическая линия для доильных залов: *1* - доильный аппарат; *2* - молокопровод; *3* - счетчик-разделитель молока; *4* - молокосборник-воздухоохладитель; *5* - молочный насос; *6* - фильтр; *7* - пластинчатый охладитель; *8* - емкость сборного молока; *9* - танк для некондиционного молока

На рис. 4 показан разработанный нами вариант селективной технологической линии. Принцип ее работы заключается в следующем: в каждом доильном стакане 1 установлены датчики электропроводности и температуры молока. Затем молоко поступает в специальный индивидуальный двухпоточный счетчик-разделитель молока 3, в котором происходит дополнительное определение электропроводности сборного молока и последующее автоматическое направление молочного потока в емкость для сборного молока 8 либо в танк для аномального молока 9.

Выводы

При доении коров с использованием предлагаемой технологической линии:

- предотвращается смешивание некондиционного молока с общим удоем;
- заболевание коров маститом выявляется на субклинической стадии;
- не нарушается привычный для животного режим доения;
- повышается качество получаемого молока;
- снижаются затраты труда и материальных ресурсов, повышается рентабельность производства молока;
- на 10 % уменьшается выбраковка высокопродуктивной части стада, связанная с несвоевременным выявлением и лечением заболеваний молочной железы.

Литература

1. *Голобоких П.И.* Измерение электропроводности молока коров в течение лактации. Автореферат дисс. … канд. с.-х. наук. М., 1991.
2. *Цой Ю.А.* Процессы и оборудование доильно-молочных отделений животноводческих ферм. – М.: ГНУ ВИЭСХ, 2010.

УДК 631.1.004.18:636.22/28

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ РЕАКТОРА-МОДУЛЯ БИОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК БЛОЧНО-МОДУЛЬНОГО ТИПА

Канд. техн. наук Д.А. Ковалев
(ГНУ ВИЭСХ)

В работе произведен расчет потребности в энергии на собственные нужды биогазовой установки блочно-модульного типа при мезофильном и термофильном температурных режимах. Обоснован выбор термофильного температурного режима сбраживания с точки зрения качества обеззараживания навоза, а также выбраны массогабаритные показатели модульного реактора с целью обеспечения удобства изготовления, транспортировки и монтажа оборудования, и его дальнейшего усовершенствования.

Ключевые слова: *термофильный режим, биогазовая установка, обеззараживание навоза.*

The paper presents the calculation of requirement for energy for own needs of biogas installation of block-modular type at mezophilic and thermophilic temperature modes. The choice of a thermophilic temperature mode of a digesting from the point of view of quality of disinfecting of manure is reasonable, and also weight and dimension indicators of the modular reactor for the purpose of ensuring convenience of production, transportation and installation of equipment, and its further improvement are chosen.

Keywords: *thermophilic temperature mode, biogas installation, disinfecting of manure.*

В настоящее время в мировой практике для утилизации навоза получили широкое распространение биогазовые установки. Эти установки обрабатывают навоз и навозные стоки в анаэробных условиях, а продуктами их переработки являются биологический газ и высококачественные органические удобрения. Обобщенная схема работы биогазовой установки показана на рис. 1.

Во время сбраживания в навозе развивается микрофлора, которая последовательно разрушает органические вещества до кислот, а последние под действием синтрофных бактерий и метанобразующих превращаются в газообразные продукты – метан и углекислоту. Одновременно при сбраживании навоза обеспечивается его дезодорация, дегельминтизация, перевод удобрительных веществ в легкоусвояемую растениями форму.

Однако существующие конструкции биогазовых реакторов для обработки навоза и навозных стоков имеют ряд существенных недостатков:

1 – значительный объем реактора, вследствие чего необходимо проведение большого объема НИР и ОКР, а также значительных затрат на изготовление и монтаж оборудования;

2 – длительный период запуска, связанный с необходимостью накопления требуемого количества биомассы;

3 – высокая чувствительность системы к внешним воздействиям, поскольку обработка происходит в одном объеме;

4 – низкая производительность, связанная с неэффективным тепло- и массообменном;

5 – низкая ремонтопригодность, т.е. при ремонте требуется остановка всей системы.

Решить указанные недостатки позволит предлагаемая новая архитектура построения биогазовых установок, основанная на блочно-модульном принципе.

Суть этого принципа заключается в делении требуемого объема реакторного пространства на наиболее эффективные объемы, отвечающие следующим критериям:

1. Эффективный тепло- и массообмен в выбранном температурном режиме обработки;

2. Массогабаритные показатели с точки зрения удобства транспортировки и монтажа в хозяйственных условиях;

3. Количество навоза, подвергаемого анаэробной переработке.

Главным звеном биогазовой установки является реактор для сбраживания навоза, потребный объем которого определяется суточным выходом навоза из животноводческой фермы, температурой и продолжительностью обработки.

В свою очередь, суточный выход навоза зависит от вида и поголовья животных или птицы и в соответствии с принятыми нормами

СНиП может составить от 2 до 200 т в сутки для ферм от 50 до 5000 условных голов КРС.

Так, для наиболее распространенного в России типа фермы КРС на 400 голов общий объем отходов, подаваемых на обработку, может составлять от 20 до 30 м^3 в сутки. Для анаэробной переработки такого количества отходов потребуется строительство реактора объёмом от 300 до 600 м^3, в зависимости от времени пребывания субстрата в реакторе, которое в свою очередь зависит от температурного режима обработки и составляет 10 суток при термофильном режиме и 21 сутки при мезофильном [4].

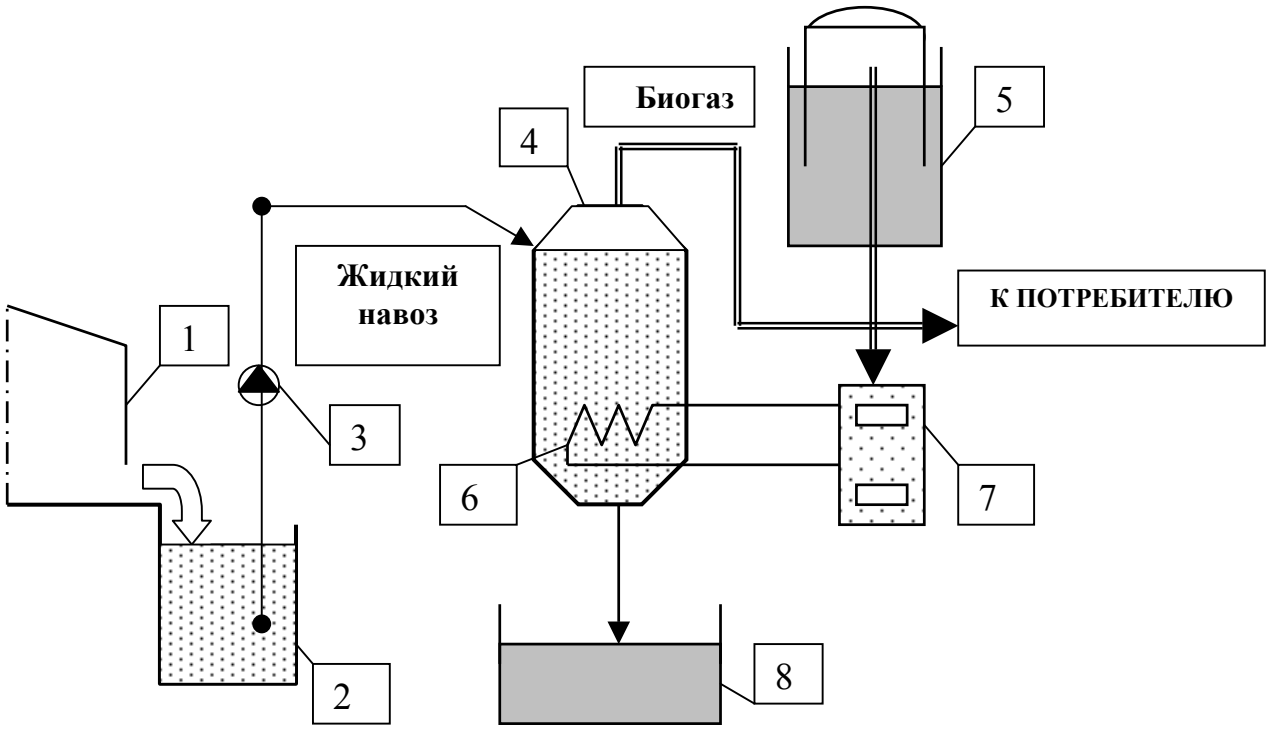

Рис. 1. Обобщенная схема работы биогазовой установки:
1 – ферма; 2 – навозоприемник; 3 – насос; 4 – метантенк; 5 – газгольдер; 6 – теплообменник; 7 – котел; 8 – навозохранилище

С целью уменьшения объема реактора, а следовательно, и капитальных затрат, увеличения выхода биогаза, обеспечения санитарных норм по обеззараживанию навоза и снижения затрат энергии на собственные нужды установки следует принять термофильный режим обработки (T=55^{0}C).

Из опыта применения метантенков в нашей стране, а также из результатов исследований известно, что методы мезофильной (анаэробной и аэробной) стабилизации осадка не обеспечивают необходимого снижения патогенных бактерий и яиц гельминтов. Об этом же свидетельствуют и зарубежные данные. Так, исследования, проведенные в Швеции, показали, что сальмонеллы присутствуют в 74% проб сырого осадка, в 70% проб избыточного ила и в 20% проб сброженного в мезофильных условиях осадка (число проб каждого осадка равно 190). Таким образом, при мезофильном сбраживании количество сальмонелл снижается на 70% [1].

Таблица 1. Влияние анаэробно сброженного осадка на эффективность его обеззараживания [3]

Осадок	Уменьшение относительно исходного осадка, %	
	Сальмонеллы	Туберкулезные бактерии
Мезофильно сброженный	50-70	45
Термофильно сброженный	85-95	100
Мезофильно сброженный и подсушенный в течение: 14 сут.		
	60-80	21
30 сут.	60-90	51

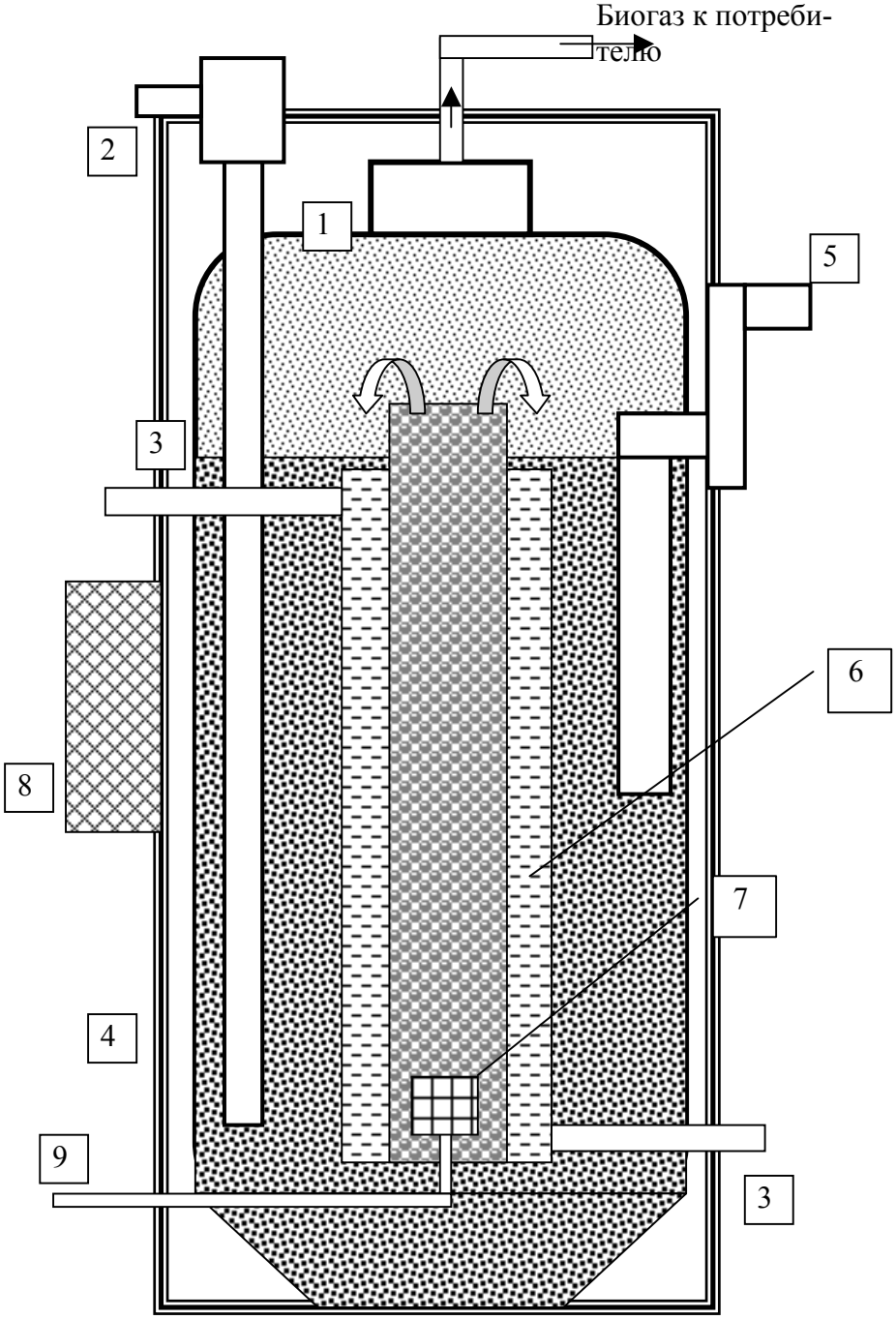

Рис. 2. Принципиальная схема модульного реактора:

1 – корпус биореактора; 2 – устройство загрузки; 3 – подача и отвод теплоносителя; 4 – несущая рама; 5 – устройство выгрузки; 6 – теплообменник; 7 – эжектор; 8 – теплоизоляция; 9 – патрубок подвода перемешивающего агента

При мезофильном сбраживании количество патогенных энтеробактерий может даже увеличиваться. По данным Кёзер [2], после четырехнедельного сбраживания осадок был заражен сальмонеллами в 2 раза больше, чем сырой (они обнаруживались в 90% проб сброженного осадка, тогда как в сыром – в 45% проб).

Термофильное сбраживание дает значительно более высокий санитарно-гигиенический эффект. Об этом свидетельствует практический опыт работы московских станций аэрации. В табл. 1 приведены данные по влиянию мезофильного и термофильного анаэробного сбраживания на уменьшение в осадке численности сальмонелл и туберкулезных бактерий [1].

Также термофильный режим является более выгодным в энергетическом отношении по сравнению с мезофильным. Сравнительный анализ затрат энергии на собственные нужды биогазовой установки блочно-модульного типа при обработке 10 т навоза КРС в сутки представлен в табл. 2.

Таблица 2. Сравнение затрат энергии на собственные нужды биогазовой установки при мезофильном и термофильном температурных режимах обработки

Параметр	Единица измерения		Среднее за отопительный период	Среднее за неотопительный период	Среднегодовое
Температура наружного воздуха	tв	^{0}C	-3,1	11,3	4,1
Температура исходного субстрата	t1	^{0}C	4	16	10
Теплота на нагрев всех суточных доз	Qн1	кВт·ч	7971,81	5072,97	6522,39
	Qн2	кВт·ч	5866,7	4486,3	5176,5
Теплота на компенсанцию теплопотерь за время удержания	Qк1	кВт·ч	1311,117363	840,2921755	1075,704769
	Qк2	кВт·ч	827,2459272	622,2142344	577,9743864
Теплота с уходящим биогазом	Qг1	кВт·ч	73,024105	46,800985	59,912545
	Qг2	кВт·ч	79,28390556	59,63350556	69,45870556
Теплота на собственные нужды	Qсн1	кВт·ч	9355,951468	5960,063161	7658,007314
	Qсн2	кВт·ч	6773,229833	5168,14774	5823,933092
Электроэнергия на собственные нужды	Есн1	кВт·ч	462	462	462
	Есн2	кВт·ч	110	110	110
Отношение	Qсн1/Qсн2	-	1,3813	1,1532	1,3149
Отношение	Есн1/Есн2	-	4,2	4,2	4,2
Примечание: 1- мезофильный режим; 2- термофильный режим.					

Перемешивание в метантенках осуществляется с помощью механических мешалок, а также путем циркуляции субстрата и рециркуляции газа. Последний способ реже применяется на практике, однако он более эффективен, чем применение механических мешалок. Благоприятное воздействие перемешивания газом на процесс брожения объясняется несколькими причинами. При подаче сжатого газа хорошее перемешивание создается за счет интенсивного подъёма пузырьков газа. При этом происходит также механическое отделение мелких пузырьков газа от метаногенных микроорганизмов, что облегчает их контакт с питательным субстратом. При подаче сжатого газа в метантенке повышается концентрация растворенной углекислоты, которая, являясь акцептором водорода, снижает его парциальное давление и тем самым улучшает условия жизнедеятельности ацетатразлагающих метаногенов, в результате чего повышается выход метана. При повышении концентрации CO_2 может быть увеличена нагрузка на метантенк. Повышение концентрации углекислоты может быть достигнуто введением топочных газов, а также повышением давления в метантенке. В работе, выполненной в МИСИ [5], показано, что для эффективного протекания процесса брожения необходимо поддерживать некоторое предельное минимальное соотношение между общим количеством растворенной углекислоты и массой ор-

ганического вещества загружаемого осадка, равное 1:40. Для этого необходимо уменьшить отток газообразной углекислоты и повысить количество растворенной углекислоты одним из указанных выше методов. Поднимая давление в метантенке до 0,15 МПа, можно обеспечить хорошие показатели термофильного сбраживания при более высоких (в 2-3 раза) нагрузках (13,5-18 вместо 6 кг/м^3 сут.). Этот прием может оказаться эффективным при сбраживании высококонцентрированных осадков [1].

По массогабаритным показателям объем реактора модуля должен вписываться в разрешенные транспортные габариты, наиболее оптимальным является использование емкостей на базе контейнеров морского типа длиной 40 футов или 12 м. Применение рамной конструкции значительно упрощает доставку, монтаж и теплоизоляцию установки.

Полный объём такого реактора составит 60 м^3, что позволит обрабатывать до 6 т бесподстилочного навоза КРС в сутки, при коэффициенте заполнения 0,85 и термофильном режиме сбраживания. Также использование реактора такого объема позволит применить вышеизложенные методы интенсификации процесса анаэробной обработки, не выходя за ограничения Гостехнадзора по сосудам, работающим под давлением. Принципиальная схема предлагаемого реактора-модуля представлена на рис. 2.

Выводы

1. Термофильный режим сбраживания отвечает требованиям по обеззараживанию навоза и энергетической эффективности процесса, среднегодовые затраты тепловой энергии на собственные нужды установки при термофильном режиме меньше в 1,3 раза, чем при мезофильном.

2. Объем реактора 60 м^3 вписывается в разрешенные транспортные габариты и рекомендуется для изготовления реакторов модулей на базе контейнеров морского типа (40 футов), что обеспечит удобство транспортировки и монтажа оборудования.

3. Конструктивные особенности предложенного реактора модуля позволяют осуществлять в нем эффективное перемешивание посредством рециркуляции биогаза и повысить его производительность за счет повышения давления в реакторном пространстве до 0,15 МПА, не выходя за ограничения Гостехнадзора по сосудам, работающим под давлением.

Литература

1. *Гюнтер Л.И., Гольдфарб Л.Л.* Метантенки. М.: Стройиздат, 1991.
2. *Туровский И.С.* Обработка осадков сточных вод.- 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Стройиздат, 1988. – 256 с.
3. *Strauch D.* Mikrobiologische Untersuchungen zur Hygieni – sierung von Klarschlamm // GWS-Wasser-Abwasser, 1980, N3, P.115-120.
4. Отчеты лаборатории биоэнергетических установок ГНУ ВИЭСХ за 2001-2006 гг.
5. Водоснабжение и санитарная техника. 1967. №3. С. 11.

УДК 631.1.004.18:636.22/28

ЭНЕРГОНЕЗАВИСИМАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ ЖИВОТНОВОДСТВА

А.А. Ковалев
(ГНУ ВИЭСХ)

Приведены основные зависимости теплового расчета биогазовой установки. Показана технологическая схема использования компрессионного теплового насоса в системе теплоснабжения биогазовой установки блочно-модульной конструкции. Показано, что использование блочно-модульной конструкции биогазовых установок с применением рекуперации теплоты эффлюента способно значительно повысить энергетическую эффективность их использования в сельском хозяйстве.

Ключевые слова: *компрессионный тепловой насос (КТН); биогазовая установка; рекуперация теплоты.*

The paper presents the main dependence of the thermal calculation of biogas installation. Shown a technological diagram of a compression heat pump used in heating system biogas installation of a modular design. It is shown that the use of modular construction of biogas plants with using heat recovery effluent can significantly improve the energy efficiency of their use in agriculture.

Keywords: *the compression thermal pump* (CTP); *biogas installation;* heat recovery.

Интенсификация животноводства создает проблему обработки и использования отходов, поскольку они имеют высокую биологическую активность и содержат значительное количество микроорганизмов и семян сорняков. Для переработки и обеззараживания отходов животноводства наибольшее распространение получают биогазовые установки, которые обеспечивают переработку отходов с получением удобрений и биогаза.

Технология анаэробной переработки органических отходов позволяет наиболее рационально и эффективно конвертировать энергию химических связей органических отходов в энергию газообразного топлива (биогаз) собственного производства с получением высокоэффективных органических удобрений. Производство биогаза позволяет предотвратить выброс метана в атмосферу. Метан оказывает влияние на парниковый эффект в 21 раз более сильное, чем CO_2, и находится в атмосфере 12 лет. Захват метана – лучший краткосрочный способ предотвращения глобального потепления. Произведенный биогаз может быть направлен в энергетические установки для выработки электроэнергии и тепла.

Кроме того, биогазовая установка решает проблему утилизации органических отходов и очистки сточных вод. Переработанные органические отходы применяются в качестве удобрения в сельском хозяйстве, что позволяет снизить применение химических удобрений. За счет этого сокращается нагрузка на грунтовые воды. Однако, несмотря на положительные стороны анаэробной обработки органических отходов, она имеет существенный недостаток – для обеспечения температурного режима в биогазовой установке требуется значительное количество выработанного биогаза (до 50%).

Одним из способов повышения энергетической эффективности биогазовых установок является использование тепловой насосов для рекуперации тепла эффлюента в системе теплоснабжения.

Нами была рассмотрена система обработки органических отходов в количестве 25 м^3/сут., основанная на их анаэробной обработке в блоках-модулях биогазовой установки, разработанных Лабораторией биоэнергетических установок ГНУ ВИЭСХ, с системой теплоснабжения, включающей в себя компрессионный тепловой насос.

Эффективное производство энергии на установке для переработки органических отходов животноводства, согласно [3, 4], возможно лишь в случае, когда суммарная энергия полученного биогаза будет значительно превышать расходы энергии на его производство, т.е. должно выполняться условие

$$\frac{V_r \cdot \lambda}{(E_{CH} / \eta_{эл} + Q_{CH} / \eta_T) \cdot 3600} >> 1, \qquad (1)$$

где V_r – общее количество полученного биогаза, м^3/сут.; λ – теплотворная способность биогаза, кДж/м^3; ЕСН – расход электроэнергии на собственные нужды установки, кВт·ч$^{эл.эн}$; $\eta_{эл}$ –

КПД. преобразовании энергии биогаза в электроэнергию; Q_{CH} – расход тепловой энергии на собственные нужды установки, кВт·ч$^{т.эн}$; η_T – КПД преобразовании энергии биогаза в тепловую энергию.

Количество товарной (неиспользованной на собственные нужды установки) энергии [кВт·ч$^{эл.эн.}$, кВт·ч$^{т.эн.}$] может быть представлено как

$$E_T / \eta_{эл} + Q_T / \eta_T = \frac{V_г \cdot \lambda}{3600} - (E_{CH} / \eta_{эл} + Q_{CH} / \eta_T). \quad (2)$$

Расход тепловой энергии на собственные нужды установки равен:

$$Q_{CH} = Q_H + Q_K - Q_P, \quad (3)$$

где Q_H – расход энергии на предварительный нагрев субстрата до температуры брожения, кВт·ч$^{т.эн}$; Q_K – суточный расход энергии на компенсацию теплопотерь от ограждающих конструкций и трубопроводов, кВт·ч$^{т.эн}$; Q_P – количество рекуперированной энергии, кВт·ч$^{т.эн.}$.

Расход тепла на предварительный нагрев субстрата [кВт·ч$^{т.эн}$] определяется как

$$Q_H = \frac{C_H \cdot \rho_H \cdot V_H \cdot (T_H - T_1) \cdot n}{24 \cdot 3600}, \quad (4)$$

где C_H – теплоемкость субстрата, кДж/(кг °С); ρ_H – плотность субстрата, кг/м^3; V_H – суточная доза загрузки, м^3/сут.; T_H – конечная температура нагрева субстрата, °С; T_1 – исходная температура субстрата, °С; n – число часов работы теплового насоса в сутки, ч/сут.

Среднесуточный расход тепла [кВт·ч$^{т.эн}$], необходимый для компенсации теплопотерь через ограждающие поверхности биореактора при среднегодовой температуре наружного воздуха:

$$Q_K = k \cdot F \cdot (T_H - T_B) \cdot 10^{-3} \cdot 24, \quad (5)$$

где k – коэффициент теплопередачи, Вт/м^{2}К; F – площадь ограждающих поверхностей биореактора, м^2; T_H – температура субстрата в биореакторе, °С; T_B – температура наружного воздуха, °С.

Максимальное суточное количество низкопотенциального тепла эффлюента [кВт ч$^{т.эн}$]:

$$Q_{eff}^{\max} = \frac{C_H \cdot \rho_H \cdot V_H \cdot (T_H - T_{OX\,\min}) \cdot 10^{-3}}{24 \cdot 3600}, \quad (6)$$

где T_{OXmin} – температура эффлюента в отстойнике, необходимая для прекращения остаточного газовыделения, °С.

Среднесуточное количество рекуперируемого тепла [кВт·ч$^{т.эн}$]:

$$0 \le Q_P \angle Q_{eff}^{\max} \cdot \left(\frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1}\right) \cdot n, \quad (7)$$

где ε – коэффициент преобразования теплового насоса с учетом изоэнтропического и механического КПД компрессора теплового насоса.

Энергонезависимая установка для переработки органических отходов животноводства состоит из емкости предварительного нагрева, в котором смонтирован теплообменник; блока-модуля с внутренним теплообменником для поддержания температурного режима сбраживания и выгрузными устройствами, которые связанны с отстойником эффлюента.

Теплота из блока утилизации теплоты от ДВС в зимний период (с декабря по февраль включительно) используется для компенсации тепловых теплопотерь через ограждающие поверхности биореактора (компрессионный тепловой насос работает только на предварительный нагрев субстрата), а в летний период – для нужд потребителей.

В отстойнике эффлюента смонтирован теплообменник для отбора тепловой энергии от эффлюента. Теплообменник посредством трубопроводов соединен с испарителем теплового насоса. В испарителе происходит теплообмен между подготовленной водой и низкопотенциальным хладагентом, который после повышения энергетического потенциала в компрессоре теплового насоса направляется в конденсатор теплового насоса.

Теплообменник, расположенный в емкости предварительного нагрева, посредством трубопроводов соединен с конденсатором теплового насоса.

В конденсаторе теплового насоса происходит теплообмен между высокопотенциальным хладагентом и подготовленной водой, которая затем направляется в теплообменник, расположенный в емкости предварительного нагрева, где происходит теплообмен между подготовленной водой и инфлюентом, в результате чего инфлюент нагревается до рабочей температуры процесса сбраживания и поочередно подается в блоки-модули.

Система теплоснабжения, включая теплообменники и трубопроводы, заполнена подготовленной водой. Подготовленная вода – химически умягченная с помощью комплексонов вода, применяемая для предотвращения выпадения накипи и железистых отложений, а также образования коррозии на стенках трубопроводов и оборудования.

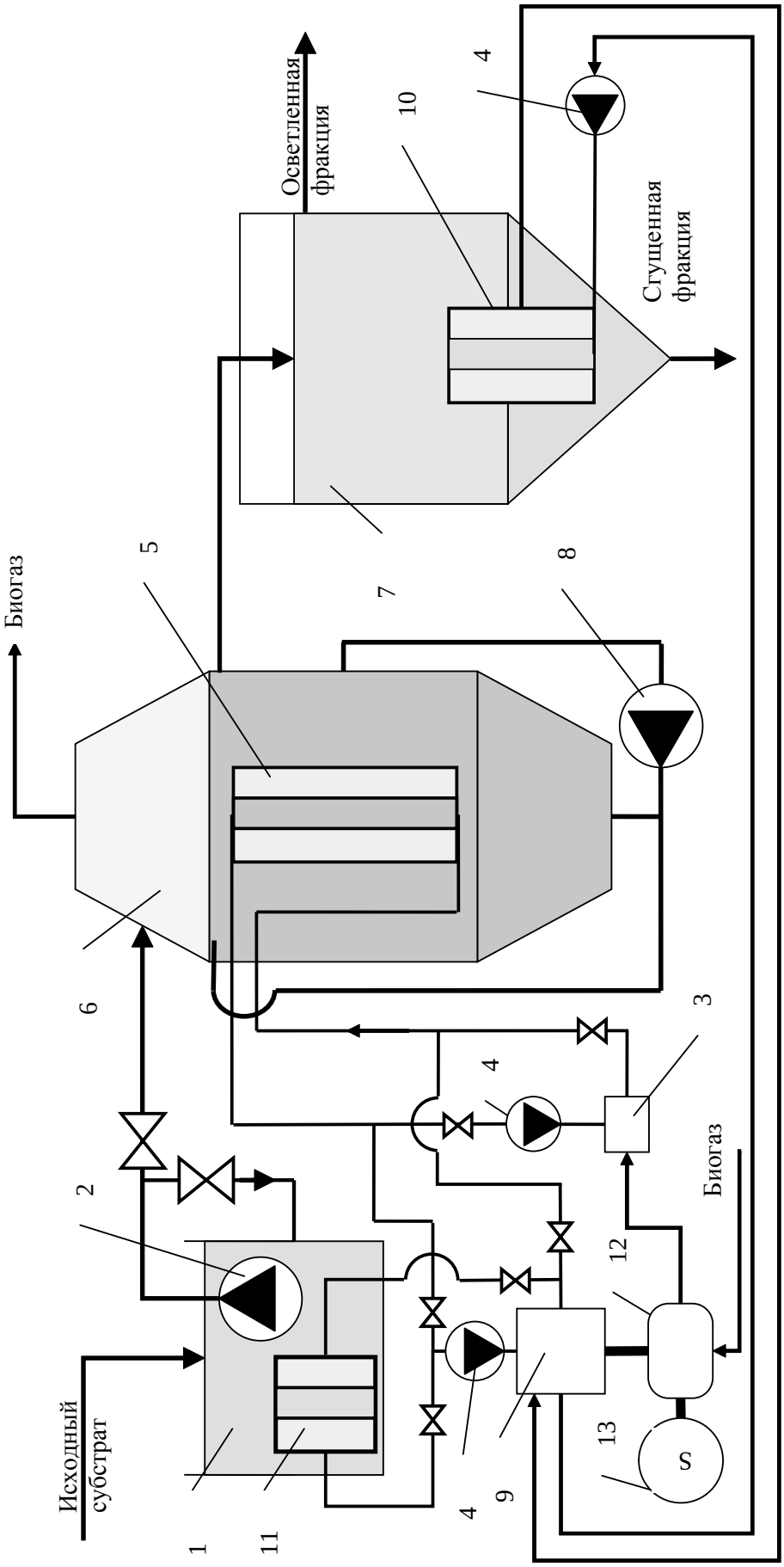

Рис. 1. Технологическая схема энергонезависимой установки для переработки органических отходов животноводства:
1 – емкость предварительного нагрева; 2 – насос загрузки; 3 – блок утилизации теплоты от ДВС; 4 – насос циркуляции теплоносителя; 5 – теплообменник блока-модуля; 6 – анаэробный биореактор; 7 – отстойник эффлюента; 8 – насос перемешивания субстрата; 9 – компрессионный тепловой насос; 10 – теплообменник-охладитель; 11 – теплообменник-нагреватель; 12 – ДВС; 13 – электрогенератор

Таблица 1

Энергетические показатели энергонезависимой установки для переработки органических отходов животноводства по среднегодовым температурам

Параметр	Ед. изм.	Значение
$Q_н$ - количество тепловой энергии на предварительный нагрев субстрата до температуры брожения.	кВт·ч$^{т.эн.}$	1294,125
$Q_к$ - количество тепловой энергии на компенсацию теплопотерь от ограждающих конструкций и трубопроводов.	кВт·ч$^{т.эн.}$	72,908
$Q_р$ - количество рекуперированной тепловой энергии.	кВт·ч$^{т.эн.}$	1553,4
$Q_{сн}$ - количество тепловой энергии на собственные нужды.*	кВт·ч$^{т.эн.}$	1367,033
$E_{сн}$ - количество электроэнергии на собственные нужды.	кВт·ч$^{эл.эн.}$	286
$Q_т$ - количество товарной тепловой энергии.	кВт·ч$^{т.эн.}$	926,798
$E_т$ - количество товарной электроэнергии.	кВт·ч$^{эл.эн.}$	132,8

* Показано как сумма количеств тепловой энергии на предварительный нагрев субстрата до температуры брожения и на компенсацию теплопотерь от ограждающих конструкций и трубопроводов.

Весь выработанный биогаз используется в ДВС для привода электрогенератора и компрессионного теплового насоса.

В процессе расслоения обработанного субстрата в отстойнике эффлюента сгущенная фракция эффлюента скапливается в нижней (осадочной) части аппарата. Из-за значительной концентрации анаэробных метаногенных микроорганизмов и наличия остаточного органического вещества субстрата в осадочной части развивается анаэробный процесс с выделением биогаза. Всплывающие пузырьки биогаза являются причиной резкого падения интенсивности процесса расслоения обработанного субстрата, так как развивается процесс встречного переноса твердой фазы за счет биофлотации.

Размещение в нижней части отстойника эффлюента охладителя эффлюента приводит к резкому снижению температуры осажденной биомассы, и, как следствие, к соответствующему снижению остаточного газовыделения. В конечном счете, сокращается продолжительность процесса разделения эффлюента на фракции.

Технологическая схема установки приведена на рис. 1.

Исходные данные для расчета:

- объем отходов – 25 м^3/сут.;
- расположение в Московской области;
- биореактор – блок-модуль объемом 60 м^3,
- площадь ограждающих поверхностей блока-модуля F = 90 м^2;
- теплоизоляция блока-модуля – минеральная вата толщиной 300 мм;
- коэффициент теплопередачи ограждающих конструкций биореактора k = 0,136 Вт/м^{2}К;
- режим работы биореактора – термофильный при температуре субстрата в биореакторе T_H = 55 °С;
- субстрат – бесподстилочный навоз КРС влажностью 95%, с теплоемкостью C_H = 4,06 кДж/(кг °К), плотностью ρ_H =1020 кг/м^3, исходной температурой T_1 = 10°С;
- температура эффлюента в отстойнике, необходимая для прекращения остаточного газовыделения, T_{OXmin} = 7 °С;
- температура наружного воздуха T_B = 4,1 °С;
- теплотворная способность биогаза λ = = 21 500 кДж/м^3.

Исходя из исходных данных:

- суточная доза загрузки одного модуль-блока V_H = 6,25 м^3/сут.;
- общее количество полученного биогаза V_r = 320 м^3/сут.;
- расход теплоты на предварительный нагрев субстрата Q_H = 1294,125 кВт·ч$^{т.эн}$;
- среднесуточное количество теплоты, необходимое для компенсации теплопотерь через ограждающие поверхности биореактора Q_K = = 66,455 кВт·ч$^{т.эн}$;
- максимальное суточное количество низкопотенциальной теплоты эффлюента Q_{eff}^{max} = = 1380,4 кВт·чт.эн.

В табл. 1 приведены расчетные выходы товарной энергии с учетом расходов энергии на собственные нужды установки для переработки органических отходов животноводства на основе блоков-модулей с системой теплоснабжения, включающей в себя компрессионный тепловой насос с непосредственным приводом от ДВС.

Выводы

Применение блочно-модульной конструкции биогазовой установки позволит:

интенсифицировать тепло- и массообмен в реакторах-модулях, что в свою очередь приведет к повышению производительности по сравнению с традиционными метантенками;

оперативно управлять важнейшими показателями оптимальных условий жизнедеятельности микробного сообщества в реакторном пространстве, что приведет к повышению устойчивости системы к внешним воздействиям;

сократить капитальные затраты на строительство и обеспечить высокое качество изготовления и монтажа оборудования.

Применение компрессионного теплового насоса с непосредственным приводом от ДВС в системе теплоснабжения установок для переработки органических отходов животноводства на основе блочно-модульных биореакторов позволит:

значительно сократить затраты на собственные нужды, что, в конечном счете, приведет к существенному увеличению объемов товарного биогаза;

обеспечить независимость установки для переработки органических отходов животноводства от тепловых и электрических сетей внешних источников энергоснабжения;

увеличить объемы выработки как тепловой, так и электрической энергии;

сократить время осаждения обработанного субстрата за счет его интенсивного охлаждения в отстойнике эффлюента.

Литература

1. *Рей Д., Макмайкл Д.* Тепловые насосы. М.: Энергоиздат, 1982.
2. *Шевелуха В.С., Калашникова Е.А., Кочиева Е.З.* и др. Сельскохозяйственная биотехнология. М.: Высшая школа, 2008.
3. *Ковалев А.А., Ковалев Д.А., Харченко В.В.* Сравнительные показатели тепловых насосов в системе теплоснабжения биогазовых установок // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2012. №4.
4. *Гюнтер Л.И., Гольдфарб Л.Л.* Метантенки. М.: Стройиздат, 1991.
5. *Баадер В., Доне Е., Бренндерфер М.* Биогаз: теория и практика. М.: Колос, 1982.

УДК 621.313.3

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ДВУХРОТОРНОГО ГЕНЕРАТОРА ДЛЯ ВЕТРОУСТАНОВКИ С УПРАВЛЯЕМЫМ УГЛОМ АТАКИ ЛОПАСТИ

Асп. К.С. Моренко
(Азово-Черноморская государственная агроинженерная академия)

В статье рассмотрены возможности применения двухроторного генератора для ветроустановок с управляемым углом атаки лопасти. Рассмотрены возможности совместной работы ветроустановки с другими источниками энергии.

Ключевые слова: *ветроустановка; двухроторный генератор; синхронизация.*

The article deals with the abilities of the uses of the double-rotor generator for the wind power plant with the regulation of the attack angle of the blade. The abilities of the co-operation the wind power plant with another power sources are described.

Keywords: *wind power plant; double-rotor generator; synchronization.*

Всё большее распространение в настоящее время получают различные установки по преобразованию энергии возобновляемых источников. На фоне роста цен на ископаемое топливо разработка способов получения энергии из неисчерпаемых возобновляемых источников становится всё более экономически целесообразной.

Среди различных возобновляемых источников энергии наиболее перспективными с точки зрения повсеместного распространения являются энергия солнца и ветра. Поступление солнечной энергии в значительной мере прогнозируемо, в то время как поступление ветровой энергии слабо предсказуемо, но ветроустановки по преобразованию ветровой энергии в разы менее металлоёмки и занимают значительно меньшие площади.

Конструкции ветроустановок высокой мощности в настоящее время хорошо разработаны, но широкому применению их препятствует необходимость значительного количества предварительных исследований местности для размещения установок ввиду их размеров. Малые ветроустановки выигрывают в этом случае в местах с более низким ветровым потенциалом из-за того, что требуют меньших затрат на установку.

Малые ветроустановки в настоящее время не получают широкого распространения и привлекают в основном только энтузиастов по причине значительных трудностей получения качественного напряжения на выходе генератора. В настоящее время применение находят установки с синхронным генератором с постоянными магнитами, аккумуляторной батареей и инвертором.

Основным недостатком таких установок является необходимость дополнительного преобразования энергии в инверторе для получения переменного напряжения необходимой величины и частоты. Способов регулирования величины выходного напряжения генераторов в настоящее время разработано значительное количество, чего нельзя сказать о способах стабилизации частоты.

Широкое распространение получил в настоящее время инверторный способ стабилизации частоты выходного напряжения, однако этот способ имеет ряд существенных недостатков. Недорогие инверторы генерируют напряжение со значительным содержанием высших гармонических составляющих, что негативно сказывается на работе всех подключённых к данной сети потребителей. Более дорогие инверторы включают в состав генерируемого напряжения меньшее количество гармоник, но значительно более дороги, чем сводят на нет получаемое преимущество.

В рамках существующего в науке системного подхода применение дешёвых инверторов, обладающих высоким собственным КПД, приводит к росту потерь в подключённых нагрузках и необходимости завышать установленную мощность. Таким образом, низкий уровень потерь в самом инверторе и его высокий КПД компенсируется высокими потерями в питаемых установках.

Решением данной задачи является получение непосредственно на выходе генератора напряжения установленной величины и частоты. Сделать это можно с помощью индуцирования в катушках обмотки напряжения магнитным полем с соответствующими параметрами.

В случае наличия переменной частоты вращения вала генератора применяются генераторы с двухсторонним питанием. В таких генераторах обмотка возбуждения имеет трёхфазное исполнение и питается переменным током вместо постоянного. Частота питающего тока определяется разностью между необходимой синхронной частотой магнитного поля и частотой вращения вала генератора.

Основным достоинством таких конструкций является возможность снизить мощность инвертора, поскольку в этом случае он питает только обмотку возбуждения, а не нагрузку. Тем не менее, в этом случае генерируемые в напряжении питания высшие гармоники через магнитное поле будут проникать в сеть, то есть приводить к снижению эффективности сети.

Другим способом стабилизации частоты выходного напряжения является приведение вала генератора во вращение с синхронной частотой. В этом случае конструкция упрощается исключением из неё инвертора, и прекращаются потери, связанные с наличием гармонических составляющих.

При этом возникает необходимость стабилизировать частоту вращения вала генератора. Это достигается установкой муфты или другого устройства в разрыв вала между ветроколесом и генератором. Недостатком применения электромагнитной муфты является постоянная работа в скользящем режиме, что приводит к повышенному износу. Применение других конструкций, таких как вращающиеся электрические машины [1], затруднительно ввиду сложности конструкций и дороговизны таких устройств. Кроме того, в этом случае не обеспечивается требуемая [2] защита ветроколеса от действия штормовых ветров, и возникает необходимость в дополнительных узлах ветроустановки, производящих остановку ветроколеса.

Таким образом, наиболее перспективным способом является регулирование количества отбираемой от ветра энергии для привода генератора. Такой способ не позволяет ветроколесу разгоняться при любой возможной скорости ветрового потока, что значительно упрощает узел защиты от штормовых ветров.

Одним из перспективных способов такого регулирования, к тому же применяемым на крупных ветроустановках, является регулирование поворотом лопасти вокруг оси маха [3]. Наиболее распространены следующие способы поворота лопасти: с помощью центробежного регулятора и с помощью сервопривода.

На малых ветроустановках применение сервопривода нецелесообразно ввиду низкой скорости отклика и усложнения конструкции установки необходимостью подвода электрической энергии на вращающийся узел. Центробежные регуляторы лишены этого недостатка, но не позволяют осуществлять оперативное регулирования частоты и обладают более низкой точностью по сравнению с электронными.

Решением задачи такого регулирования является применение описанной в [3] конструкции, приведённой на рис. 1. Предлагаемая конструкция позволяет с помощью генератора производить регулирование угла атаки лопасти. В установке используется особая конструкция генератора с аксиальными роторами и узел поворота лопастей с коническими шестернями. Таким образом, генератор является управляющим органом, а ветроколесо — воспринимающим и регулирующим органом. Ветроколесо в указанной конструкции является неотделимой от генератора частью.

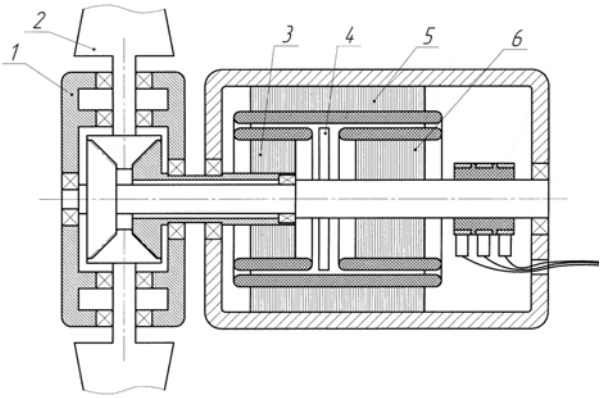

Рис. 1. Конструкция ветроустановки:
1 - узел с коническими шестернями; 2 - лопасть;
3, 6 - роторы; 4 - устройство управления;
5 - статор

Запатентованная конструкция генератора была испытана как на лабораторном стенде в различных условиях, так и на действующей ветроустановке, показанной на рис. 2. Во время испытаний было получено отклонение частоты выходного напряжения от требуемого менее чем на 1%, что свидетельствует о возможности обеспечения стабилизации частоты таким способом и о высоком качестве такого регулирования.

Простота синхронизации выходного напряжения генератора позволяет включать его в сети для работы с другими источниками электрической энергии: электрическая сеть, дизель-

ный генератор, аккумуляторная батарея с инвертором и др. Во время наличия ветрового потока установка генерирует энергию в сеть, а дополнительная потребность в энергии восполняется за счёт других источников.

Рис. 2. Действующая ветроустановка с регулируемым углом атаки лопасти

В случае работы совместно с инвертором и аккумуляторной батареей инвертор работает только во время отсутствия потока электрической энергии от ветроустановки, разряжая аккумуляторные батареи. Зарядка их производится во время наличия избытка электрической энергии, инвертор в этом случае не работает, и выработанная электрическая энергия направляется непосредственно потребителю.

Совмещение ветроустановки с дизельным или бензиновым электрическим генератором позволяет экономить топливо за счёт отключения генератора при наличии ветрового потока. Аналогичный экономический эффект получается при совместной работе с централизованной сетью.

Данная конструкция ветроустановки хорошо подходит для работы на малых участках распределённых электрических сетей для снабжения электрической энергией местных потребителей. Экономический эффект достигается за счёт экономии электрической энергии, получаемой от более дорогих источников.

Литература

1. *Никитенко Г.В., Коноплёв Е.В.* Ветроэнергетические установки в системах автономного электроснабжения. Ставрополь: АГРУС, 2008.
2. ГОСТ Р 51991-2002. Нетрадиционная энергетика. Установки ветроэнергетические. Общие технические требования.
3. *Фатеев Е.М.* Ветродвигатели и ветроустановки. М.: ОГИЗ-Сельхозгиз, 1948.
4. Патент РФ №2433301. Двухроторный ветрогенератор / Моренко К.С. // БИ. 2011. №31.

УДК 621.311

ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ РЕЗОНАНСНЫХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Канд. техн. наук Л.Ю. Юферев, асп. А.В. Соколов
(ГНУ ВИЭСХ)

Рассматривается воздействие электромагнитного поля на организм человека. Анализируется безопасность применения резонансной системы передачи электроэнергии. Результаты математического и практического анализа применения позволяют сделать вывод о безопасности применения резонансной системы электропитания мощностью до 4,5 кВт.

Ключевые слова: *электромагнитное поле; электромагнитное излучение; резонансная система передачи электроэнергии.*

Considers the impact of electromagnetic fields on the human body. Analyzes the safety of resonant transmission systems. Results of mathematical and practical analysis of the application allow to make a conclusion on the safety of the resonant system power capacity of 4.5 kW.

Keywords: *electromagnetic field; electromagnetic radiation; resonant system for the transmission of electric power.*

В настоящее время уровень электромагнитных полей превысил многократно естественный фон. Электромагнитное воздействие окружает человека повсюду: простые домашние электроприборы, точки беспроводных сетей, сотовая связь, линии электропередач. Организм подвергается сильным воздействиям электромагнитным полем, поэтому многие задумываются о пользе тех или иных вещей. Так что же такое Электромагнитное поле?

В 19 веке Максвелл опубликовал теорию о том, что электромагнитное поле представляет собой совокупность взаимосвязанных электрического и магнитного полей. Следовательно, электромагнитное поле есть форма материи, объективно вне нас существующей во времени и пространстве, а электрическое и магнитное поля суть две характеристики этого единого комплекса.

Любой источник электромагнитного воздействия создает в окружающем пространстве электрическое поле, напряженность которого снижается по мере удаления от него. Чтобы оценить воздействие, производят анализ нормируемых параметров, к которым относятся напряженность и соответствующее значение магнитной индукции.

Эксперты американского Национального совета по радиационной защите (NRSB) утверждают, что при длительном воздействии ЭМП, резко возрастает риск развития лейкемии у детей и у взрослых, а также риск возникновения рака головного мозга. Кроме того, отмечаются негативные изменения репродуктивной и иммунной систем, возникают сначала функциональные, а затем и более стойкие расстройства вегетативной и сердечнососудистой систем.

Согласно СанПиН 2971-84 [4], предельно допустимым уровнем в жилом здании считается уровень напряженности электрического поля 0,5 кВ/м, а при напряженности выше 1 кВ/м должны быть приняты меры по исключению воздействия на человека ощутимых электрических разрядов и токов стекания. Однако данные нормы применимы только к переменному току промышленной частоты, то есть 50 Гц.

Предельно допустимые уровни параметров источников электромагнитных полей в другом диапазоне частот выглядят следующим образом (СанПиН 2.2.4.1191-03 [6]) (табл. 1):

Таблица 1

Параметр	Максимально допустимые уровни в диапазонах частот (МГц)			
	0,03 - 3,0	3,0 - 30,0	30,0 - 50,0	50,0 - 300,0
E, В/м	500	300	80	80
H, А/м	50	-	3,0	-
B, мкТл	62,5	-	3,75	-

Полагаясь на утвержденные предельные допустимые уровни, достаточно просто установить безопасность того или иного изобретения, связанного с электромагнитным излучением. Одним из таких новшеств есть резонансная система передачи электроэнергии, достоинства которой рассмотрены учёными и аспирантами ГНУ ВИЭСХ в различных статьях [8-9], а также испытаниях. Однако стоит удостовериться в безопасности таких систем для здоровья людей.

Для начала проведем математический анализ напряженности переменных магнитного и электрического полей посредством известных формул.

Электрическое поле E(y) однопроводной линии электропередач [3], находящееся на уровне земли и представляющее собой вертикальную составляющую общего электрического поля, вычисляют по формуле

$$E_{(y)} = 120I\frac{h}{h^2 + y^2}, \qquad (1)$$

где I - ток, распространяющийся по проводу, А; h - высота провода над землей, м; y - расстояние между проекцией провода на землю и точкой измерения, м.

Магнитное поле бесконечно длинного проводника [2] вычисляется по следующей формуле

$$\overline{B} = \frac{\mu_0 I_0}{2\pi\, r}. \qquad (2)$$

Применим данные формулы (1) и (2) к расчету однопроводной линии электропередачи энергии на частоте 6 кГц, подвешенной в воздухе на высоте 2,5 м от пола, напряжением 1000 В и током 2 А. Напряженность электрического поля и магнитное поле согласно формулам 1 и 2 составят (табл. 2).

Таблица 2

Параметр	Расстояние между проекцией провода на землю и точкой измерения, м		
	0,7	1,5	2
E(y), В/м	89,0	70,6	58,5
B, мкТл	0,57	0,27	0,2

Полученные математические результаты удовлетворяют предельно допустимым уровням напряженности электрического и магнитного полей на рабочих местах.

Для проверки математического анализа и реальной безопасности проведены испытания измерителями электрического и магнитного полей соответствия нормам СанПиН 2.2.4.1191-03 [6] и СанПиН 2.1.8/2.2.4.1383-03 [8]. Результаты отражены в протоколах РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина № 24 и № 25 от 08 июня 2012 года [10-11].

Таблица 3

№ п/п	№ точки измерения	Напряженность электрического поля (В/м)	Плотность магнитного потока (мкТл)
ПДУ		500	62,5
1	1	150	1,7
2	2	120	0,9
3	3	100	0,6

Результаты измерений максимальных значений напряжённости переменных электрического и магнитного полей на рабочих местах персонала в полосе частот 2 - 400 кГц в 3-х (табл. 3) [10] и в 4-х (табл. 4) [11] точках вдоль резонансной линии электропередач, подвешенной в воздухе на 2-х опорах на высоте 2,5 м от пола в производственном помещении площадью 150 м^2. Рабочее напряжение резонансной линии электропередач составляло величину 980 В, величина передаваемой мощности 4,5 кВт. Измерения проводились на высоте 0,7, 1,5 и 2 м от пола.

Таблица 4

№ п/п	№ точки измерения	Напряженность электрического поля (В/м)	Плотность магнитного потока (мкТл)
ПДУ		500	62,5
1	1	30	1,5
2	2	30	0,062
3	3	30	0,061
4	4	30	0,06

По результатам измерений сделаны следующие выводы:

1. Измеренные максимальные значения переменного электрического поля в диапазоне частот 2 - 400 кГц составили величину 30 - 150 В/м, что значительно ниже предельно-допустимого уровня (ПДУ) на рабочих местах персонала, равного 500 В/м.

2. Измеренные максимальные значения переменного магнитного поля в диапазоне частот 2 – 400 кГц составили величину 0,06 - 1,7 мкТл, что также значительно ниже ПДУ на рабочих местах персонала, равного 62,5 мкТл.

Измеренные значения напряженности переменных электрического и магнитного полей соответствуют нормируемым значениям по СанПиН на рабочих местах персонала и по величине находятся значительно ниже значений предельно допустимых уровней.

Результаты математического и практического анализа применения позволяют смело сделать вывод о безопасности применения резонансной системы электропитания мощностью до 4,5 кВт.

Литература

1. *Гольдштейн Л.Д.* Электромагнитные поля и волны. М., 1971.
2. *Бабенко А.Н.* Электромагнитные поля и волны: учебное пособие. Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2012. – 444 с.
3. РД 50-723-93. Совместимость технических средств электромагнитная. Радиопомехи индустриальные от воздушных линий электропередачи и высоковольтного оборудования: методические указания.
4. СанПиН 2971-84. «Санитарные нормы и правила защиты населения от воздействия электрического поля, создаваемого воздушными линиями электропередачи переменного тока промышленной частоты».
5. СанПИН 2.2.4.0-95. «Гигиенические требования при работе в условиях воздействия постоянных магнитных полей».
6. СанПиН 2.2.4.1191-03. «Электромагнитные поля в производственных условиях».
7. СанПиН 2.1.8/2.2.4.1383-03. «Гигиенические требования к размещению и эксплуатации передающих радиотехнических объектов».
8. *Стребков Д.С., Юферев Л.Ю., Рощин О.А.* Экспериментальные модели резонансных систем передачи электрической энергии // Труды 7-й Международной научно-технической конференции "Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве". М.: ГНУ ВИЭСХ, 2010. Ч. 1. С. 295-301.
9. *Стребков Д.С., Рощин О.А., Юферев Л.Ю.* Исследование резонансной системы передачи электрической энергии // Информационные ресурсы России. 2011. № 3. С. 21-24.
10. Протокол № 24 от 08 июня 2012 г. лабораторных испытаний по гигиенической оценке физических факторов (РГУ нефти и газа имени И.М.Губкина). Заключение от 08 июня 2012 г. о результатах измерения величины электромагнитного поля.
11. Протокол № 25 от 08 июня 2012 г. лабораторных испытаний по гигиенической оценке физических факторов (РГУ нефти и газа имени И.М.Губкина). Заключение от 08 июня 2012 г. о результатах измерения величины электромагнитного поля.

УДК 621.22

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ КИНЕТИЧЕСКОЙ ГИДРОЭНЕРГИИ С ПОМОЩЬЮ СВОБОДНО-ПОТОЧНОЙ ГИДРОТУРБИНЫ

Асп. А.И. Кусков
(ГНУ ВИЭСХ)

Рассматривается решение проблемы использования возобновляемой кинетической энергии водного потока малых рек, а также возможность сохранения энергии и периодического получения электроэнергии мощностью, превышающей мощность, постоянно развиваемую гидротурбиной в потоке воды в реке или канале.

Ключевые слова: *микро-ГЭС; гидроаккумулирующая электростанция; кинетическая энергия водного потока; накопитель энергии; переносной свободно-поточный турбонасосный агрегат.*

The article considers the decision of a problem of use of renewable kinetic energy of the water flow of the small rivers, as well as the ability to save energy and periodic obtain electricity consumption capacity exceeding the capacity that is constantly growing water turbine in the flow of water in a river or channel

Keywords: *micro-HPP; hydro-accumulating electric power station; the kinetic energy of the water flow; energy storage; portable free-threaded turbopump unit.*

Характер распределения сельского населения и сетей централизованных энергосистем, ухудшение качества энергоснабжения, высокий темп роста тарифов на электроэнергию и другие факторы создают неблагоприятные условия для проживания и производства сельскохозяйственной продукции. В результате сложившейся ситуации назрела потребность введения автономного энергоснабжения с использованием местных ресурсов и возобновляемых источников энергии (ВИЭ), а где это возможно – только ВИЭ.

Развитие возобновляемой энергетики в России означает повышение экологической безопасности на локальных территориях, т.е. снижение вредных выбросов от электрических установок в местах проживания и массового отдыха населения, санитарно-курортных местностях и заповедных зонах.

Обеспечение энергией удаленных и энергодефицитных регионов требует значительных затрат. И здесь далеко не всегда выгодно использовать мощности существующей федеральной энергосистемы или организовывать массовое применение распределенных источников энергии разных типов. Сооружение энергетических установок возобновляемой энергетики – наиболее быстрый и дешевый способ энергообеспечения предприятий малого бизнеса, а это дополнительные рабочие места в деревнях и малых городах.

Повышенный интерес к ветроэнергетике, равно как и к другим видам ВИЭ, в последние 20–30 лет связан не с экономической выгодой, а с ее экологической безопасностью. Выработка электроэнергии на ветряных энергетических станциях (ВЭС) зависит от силы ветра – фактора, отличающегося большим непостоянством. По этой причине продукция ветроэнергетики рассматривается как нерегулируемый источник энергии. Меры, направленные на компенсацию этого недостатка, осуществляются в двух основных направлениях: создание гибридных ветроэнергетических станций, состоящих из ВЭС и какого-либо другого источника энергии (дизельного, бензинового, газотурбинного двигателей, фотоэлектрических, солнечных коллекторов, установок емкостного аккумулирования и т.п.) или создание объектов для сглаживания колебаний выработки электроэнергии (например, ГАЭС).

Интенсивность солнечной радиации нестабильна – это приводит к тому, что поступление солнечной радиации в средней полосе изменяется в широких пределах: от 6 кВт·ч/м² в весенний и летний день до 0,1 кВт·ч/м² в зимний пасмурный день [1]. Совсем не так уж велико количество энергии, приходящее на небольшую площадь. Вряд ли экономически целесообразно создавать в России приемники энергии, простирающиеся на квадратные километры. Очевидно, что заниматься превращением солнечной энергии имеет смысл в тех местностях, в которых много солнечных дней [2].

Географическое положение и климатические условия России не являются достаточно благоприятными для использования солнечной энергии. Они значительно менее благоприятны, чем во многих южных странах или в южных

республиках бывшего СССР, когда научные разработки и предпринимавшиеся практические меры были направлены на развитие использования этого энергоисточника прежде всего в наиболее солнечных регионах страны, а не собственно в РФ.

Бесперебойность в электроснабжении ответственных потребителей электроэнергии (парников, системы связи, управления и др.) достигается аккумуляторами различного типа. Необходимость аккумулирования энергии ветра и энергии солнца обусловлена вышеуказанными недостатками этих двух видов ВИЭ, которые состоят в том, что в процессе работы ВЭС и ФЭС образуются перерывы в получении энергии при отсутствии ветра или ночью. Для больших ветро- и фотоэлектрических станций таким аккумулятором является электрическая сеть, а для малых – вместо аккумулятора можно использовать в эти периоды дизельные генераторы. Электростанции на базе остальных видов ВИЭ (гидроэнергия, биомасса, геотермальная энергия) лишены указанных недостатков [3].

Однако геотермальные ВИЭ весьма рассредоточены, а потенциал солнечных и ветровых ВИЭ в России, помимо перерывов в получении энергии, недостаточно высок.

Наиболее востребованными ВИЭ в России могут оказаться гидроресурсы благодаря большому количеству малых рек как равнинных, так и горных. Оказывается, что из-за высоких эксплуатационных расходов гораздо экономичнее наряду с автономным энергоснабжением с использованием местных ресурсов развивать такие мощности ВИЭ, как мощности малой гидроэнергетики, экономический потенциал которой в России превышает потенциал таких возобновляемых источников энергии, как ветер, солнце и биомасса, вместе взятых [4]. Вообще использование гидроэнергии в мире имеет большое распространение: построены тысячи больших и малых ГЭС с плотинами и водохранилищами, занимающими много полезной площади; с целью экономии энергии тепловых электростанций рядом с плотинными ГЭС и отдельно построено много гидроаккумулирующих электростанций; работают также ГЭС с использованием морских приливов. В СССР, например, пока не были построены крупные ГЭС на Волге и других реках, а именно в послевоенный период – с 1946 по 1952 год было построено 7000 малых ГЭС, т.е. ежегодно вводилось в строй более 1000 ГЭС. Но они строились преимущественно в центральных регионах СССР, а в отдаленных местностях страны как не было мини-ГЭС, так их нет и теперь.

Однако анализ конструкций напорных микро-ГЭС показывает, что масса их энергоблоков превышает 34 кг даже без учета массы напорных водоводов. Для нормальной работы напорной микро-ГЭС необходим напор более 3 м, который обеспечивается прокладкой напорного водовода длиной более 60 м при уклоне 6 м/км. Такой уклон характерен для горных и предгорных рек.

В равнинных реках уклон редко превышает 2 м/км, поэтому применение рукавных микро-ГЭС ограничено горными районами и местами, где гидротехнические сооружения создают перепад воды (на каналах, шлюзах, плотинах).

На равнинных реках установка напорных микро-ГЭС требует либо прокладки длинного водовода, либо сооружения плотины, что для мобильных потребителей электроэнергии недопустимо. Относительно большая масса и трудность создания необходимого напора воды обуславливает ограниченное применение напорных, в частности рукавных, микро-ГЭС.

Нетрадиционным решением задачи электроснабжения автономных сельскохозяйственных потребителей является **создание бесплотинных установок, использующих не потенциальную, а кинетическую энергию текущей воды**. В этом случае не требуется устройств, организующих поток воды, (плотина или напорный водовод, отсасывающая труба) и усложняющих конструкции микро-ГЭС. Другим преимуществом бесплотинных станций является экологическая чистота, обусловленная тем, что при их работе используется только часть стока реки и вода проходит через гидротурбины под малым напором (0,05–0,5 м). Теоретический КПД лучших гидротурбин, работающих в свободном потоке, не превышает 59% [5], однако стоимость электроэнергии, получаемой от свободно-поточной микро-ГЭС может быть меньше, чем при использовании традиционного оборудования вследствие малых затрат на ее приобретение и эксплуатацию. Областью применения таких микро-ГЭС является электроснабжение маломощных (до нескольких кВт) потребителей, располагающихся постоянно или временно поблизости от энергонесущей реки или иного водотока.

Известно, что электрическую энергию как наиболее широко используемую в повседневной жизни накапливать и сохранять в достаточно большом количестве проблематично. Ее необходимо постоянно расходовать по мере производства. В то же время существуют различные накопители электрической энергии – химиче-

ские и емкостные аккумуляторы, но они не решают проблемы.

Характерной особенностью гидроэлектростанций, в отличие от ВЭС и ФЭС, – является беспрерывная выработка электроэнергии. Для работы крупных ГЭС используется нагрузка в виде большого предприятия или города, потребляющего энергию ГЭС, или сеть, принимающая и распределяющая вырабатываемую энергию. Эта особенность беспрерывной выработки энергии ГЭС дает возможность аккумулировать часть энергии в периоды малой нагрузки и возвращать ее в периоды повышенной нагрузки в сети, и таким образом получать больше полезной энергии, чем без аккумулирования. На этом принципе работают ГАЭС, позволяющие сглаживать колебания использования вырабатываемой электроэнергии. Правда, это связано с небольшими потерями, так как для работы насосов ГАЭС расходуется энергия из сети, которая возвращается в сеть не полностью (около 70% от израсходованной).

Суточные графики потребления электроэнергии автономных микро-ГЭС таковы, что они работают непрерывно в течение суток и из-за отсутствия внешней сети при автономном режиме работы практически до 20 часов на балластную нагрузку, т.е. без пользы расходуя вырабатываемую энергию.

В настоящее время имеется возможность отказаться от использования балластной нагрузки в автономных микро-ГЭС, если в периоды пониженной нагрузки накапливать энергию в аккумуляторах различного типа, а в периоды повышенной нагрузки получать энергию от аккумуляторов, причем с мощностью, превышающей в разы мощность генератора микро-ГЭС. Продолжительность таких периодов будет зависеть от запаса энергии в аккумуляторах и электрической нагрузки.

В 1993 г. по договору с МЭИ была изготовлена и испытана в естественных условиях демонстрационная переносная бесплотинная микро-ГЭС мощностью 180 Вт с генератором на 2900 об./мин в подводном исполнении, который через мультипликатор был связан с рабочим колесом свободно-поточной гидротурбины пропеллерного типа (рис. 1).

Небольшие автономные бесплотинные микро-ГЭС предлагаемой компоновки имеют преимущества перед плотинными МГЭС: быстрые сроки монтажа, отсутствие затопляемых территорий, простота обслуживания.

Рис. 1

Получаемая от переносных свободно-поточных турбогенераторов небольшой мощности электроэнергия, используемая в прибрежной местности, будет способствовать освоению необжитых районов, расположенных вдоль небольших речек, а также обеспечивать более комфортные условия для временно находящихся в этих местах специалистов: охотников, рыбаков, изыскателей, старателей, военнослужащих и др.

Каскад небольших работающих на локальную сеть автоматизированных микро-ГЭС предлагаемой компоновки, расположенных вдоль малых рек, позволит решить проблемы электроснабжения на местном уровне без больших материальных расходов и с быстрой окупаемостью.

Такой подход не принесет никакого вреда для рыбоводства, для берегов, а за счет повышения скорости течения, улучшения аэрации и самоочищения воды от вредных веществ будет положительно воздействовать на экологию рек.

Специфика сельскохозяйственных потребителей электроэнергии требует применения транспортабельных энергоисточников. С другой стороны, многие сельскохозяйственные потребители расположены вблизи водотоков. Поэтому представляют интерес транспортабельные или переносные микро-ГЭС. Анализ энергопотребления позволяет сформулировать основные требования к таким ГЭС:

- малая единичная мощность модуля ГЭС, небольшие габаритные размеры и вес;
- простота конструкции, безопасность обслуживания, надежность эксплуатации;
- высокое качество электроэнергии;
- удобство монтажа, демонтажа, транспортировки;
- отсутствие строительных работ, связанных с устройством плотины, водоприемников, здания ГЭС.

В настоящее время в ГНУ ВИЭСХ автором проводятся исследования вариантов преобразования ВИЭ и разработка метода преобразования и сохранения возобновляемой энергии, более подходящего к российским природным и экономическим условиям, на основе использования возобновляемого источника гидроэнергии с помощью переносного энергетического модуля, **состоящего из свободно-поточной гидротурбины с закрытым механическим мультипликатором и генератора**.

Бесплотинная микро-ГЭС позволяет использовать энергию любого водного потока без строительства гидротехнических сооружений (плотин и дамб, деривационной трубы, помещения ГЭС). В этом случае нет необходимости единовременно вкладывать большие средства в создание таких ГЭС, **а ожидать их от бюджета или от внебюджетного финансирования не приходится**. Здесь применима модульная система. Модули с началом их внедрения могут реализовываться по заказам, через оптовую или розничную торговую сеть и магазины хозяйственно-бытовых товаров в разобранном виде (с полным набором комплектующих элементов).

Несложные в изготовлении модули с покупными серийными насосами и генераторами могут стать продуктом массового изготовления без государственного финансирования, но по лицензии ГНУ ВИЭСХ. Для изготовления турбонасосных модулей не требуется специального оборудования, как, впрочем, и высокой квалификации специалистов.

Надо продемонстрировать возможность автономной эксплуатации бесплотинных микро-ГЭС в населенных пунктах, удаленных от существующих ЛЭП, но расположенных на берегах рек. Замену местной ДЭС жители прочувствуют по сокращению затрат на ее содержание и поставку топлива и поймут, что предложенный способ решения проблемы разумнее, а используемый метод эффективнее.

Модульная схема подключения электроэнергетического комплекса позволяет объединять модули в энергорайон с созданием локальных сетей со значительными мощностями у потребителей.

На государственном (макроэкономическом) уровне решаются следующие задачи:

- создание в короткие сроки энергорайонов, удаленных от энергосистем и их линий электропередач с незначительными капитальными вложениями в строительство локальных сетей, что позволяет решить миграционные и другие задачи, связанные с созданием эффективно работающих инфраструктур;
- обеспечение электроэнергией населения в условиях чрезвычайных ситуаций;
- снятие экологических проблем, так как электроэнергетический комплекс не имеет вредного воздействия на окружающую среду;

На региональных уровнях:

- обеспечивается занятость населения с созданием приемлемых социально-бытовых условий;
- обеспечивается возможность получения дополнительных мощностей без строительства новых генерирующих электростанций и без введения дополнительных трансформаторных подстанций.

Отдельному фермеру-предпринимателю:

- получение новых доходов за счет создания производств, с возможностью их электроснабжения, в тех местах, где ранее это было экономически невыгодно;
- быстрая переустановка энергетического оборудования;
- возможность работы фермы при отключении электроэнергии (аварии) на ЛЭП;
- снижение расходов на электроэнергию за счет ее накопления.

Частный владелец:

- получает электроэнергию высокого качества;
- обеспечивает себе при наименьших затратах наибольший уровень комфортности проживания;
- получает возможность обеспечения электроэнергией при перемещениях.

Литература

1. *Пивоварова З.И., Стадник В.В.* Климатические характеристики солнечной радиации как источник энергии на территории СССР. Л.: Гидрометеоиздат,1988. С. 292.
2. *Ландау Л.Д., Китайгородский А.И.* Физика для всех. М.: Наука, 1974. С. 373.
3. *Безруких П.П.* Состояние и перспективы развития возобновляемой энергетики // Возобновляемые источники энергии. Вып. 3. М.: МГУ, 2005.
4. Национальные приоритеты России. 2009. № 1(1).
5. *Каргиев В.М.* Плавучая бесплотинная ГЭС: Дисс. … канд. техн. наук. М.: ВИЭСХ, 1993. С. 159.

УДК 621.9.048.4

ВОССТАНОВЛЕНИЕ НЕПОДВИЖНЫХ СОЕДИНЕНИЙ МЕТОДАМИ ЭЛЕКТРОИСКРОВОГО ЛЕГИРОВАНИЯ И ГАЗОДИНАМИЧЕСКОГО НАПЫЛЕНИЯ

Канд. техн. наук Р.Н. Задорожний, канд. техн. наук В.А. Денисов
(ГНУ ГОСНИТИ)

Описаны этапы разработки технологии восстановления неподвижных соединений с использованием методов электроискровой обработки и газодинамического напыления на примере соединений постель блока цилиндров – вкладыш, нижняя головка шатуна – вкладыш.

Ключевые слова: *неподвижные соединения; износ; восстановление; электроискровая обработка; холодное газодинамическое напыление; микротвердость; фреттинг-коррозионная стойкость; контактная жёсткость.*

Stages of development of the technology recovery still connect using electrical discharge machines and gas dynamic spraying for example, compounds of the cylinder bed – liner, connecting rod – liner.

Keywords: *Fixed joints, wear and tear, restoration, spark erosion, cold gas-dynamic spraying, microhardness, fretting corrosion resistance, contact stiffness.*

С ростом объема сельскохозяйственного производства увеличивается парк дорожно-строительной, сельскохозяйственной и автомобильной техники, которая требует ремонта. Уже сегодня ремонтные предприятия не справляются с требуемыми объемами ремонта техники. Одна из причин такого положения это отсутствие высокотехнологичных процессов, способных повысить межремонтный ресурс восстанавливаемых деталей до уровня доремонтного. Особенно остро стоит вопрос ремонта и восстановления неподвижных соединений, таких как: постель блока цилиндров – вкладыш коленчатого вала, отверстие нижней головки шатуна – вкладыш шатунный коленчатого вала. Рассматривая эти сопряжения на примере деталей двигателя ЯМЗ-236(238), мы охватываем проблему восстановления изношенных поверхностей неподвижных соединений из легированного чугуна и качественных конструкционных сталей и их заменителей.

Существующие методы ремонта таких сопряжений не удовлетворяют экономическим и технологическим требованиям [1], поскольку рассчитаны на крупносерийный или массовый вид ремонта с использованием высокоточного дорогостоящего оборудования и оснастки. Для современных условий небольших производственных участков и предприятий с ремонтом техники разномарочного состава и типоразмеров требуется разработка новых перспективных технологий ремонта.

Разработка технологии восстановления неподвижных соединений деталей выполнялась поэтапно: определены типовые представители, проанализированы основные дефекты, выбраны способы их устранения, проведены экспериментальные исследования для оценки физико-механических и триботехнических свойств восстановительных покрытий, определены режимы их нанесения, установлены режимы механической обработки покрытий, произведены опытные восстановления партии деталей (соединений) и постановка их на эксплуатационные испытания.

Проведенный анализ основных дефектов, на примере неподвижных соединений вкладышей коленчатого вала с постелями блоков цилиндров и отверстий нижних головок шатунов двигателей ЯМЗ-236, показал наличие фреттинг-коррозионного износа, задиров по поверхности, нарушение формы сопрягаемых поверхностей и их расположения. Если дефекты не носили аварийного характера, то износы не превышали 100 мкм на диаметр.

При выборе способа восстановления определяющими факторами являлось: отсутствие термического воздействия на деталь (термической деформации), возможность нанесения раз-

мерного по толщине и площади, ровного и прочного при сцеплении с чугуном и сталью покрытия.

Анализ существующих методов восстановления показал, что наиболее точно этим условиям отвечает электроискровая обработка (ЭИО) поверхности. При электроискровой обработке металлической поверхности почти отсутствует термическое влияние на слои основного металла, расположенные непосредственно под легированным слоем [2]. Это достигается при использовании коротких (50-150 мкс) электрических импульсов, что позволяет легировать поверхности термически обработанных деталей. Весьма ценным свойством поверхностных слоев, получающихся при электроискровой наплавке, является исключительно прочная их связь с металлом-основанием. Толщина наносимого слоя при таком виде восстановления может достигать 50-100 мкм, в зависимости от материала электродов и режимов нанесения покрытий. Перед восстановлением не требуется специальной подготовки поверхности для ее наплавки, например тщательного обезжиривания или протравливания.

Обработанные электроискровым способом поверхности обладают пониженной склонностью к схватыванию по сравнению с исходным материалом того же состава. Это объясняется изменением структуры поверхности, искажением кристаллической решетки и появлением различных дефектов в поверхностных слоях. После электроискровой обработки поверхность более или менее шероховата, что очень положительно влияет на уменьшение фактора развития фреттинг-коррозии в сопряжении деталей вкладыша и шатуна (постели блока).

Другим перспективным способом восстановления неподвижных соединений является холодное газодинамическое напыление (ХГДН) порошками на основе Al, Cu, Zn на установке типа «ДИМЕТ».

В отличие от ЭИО толщина покрытия при ХГДН может составлять от десятых долей до нескольких миллиметров. Покрытие ХГДН обладает достаточно высокой адгезией и когезией (30-80 МПа), низкой пористостью (1-3%), легко обрабатывается лезвийным инструментом. Наряду с отмеченными преимуществами и высокой производительностью данный метод имеет существенный недостаток - при эксплуатации возможны отслоения нанесенного слоя.

Проведенные в 2010-2011гг. в ГНУ ГОСНИТИ экспериментальные исследования показали, что для современного ремонтного производства автотракторной и сельскохозяйственной техники для восстановления изношенных неподвижных соединений типа «отверстие нижней головки шатуна – вкладыш коленчатого вала» наиболее перспективным способом восстановления является ЭИО, а при устранении задиров (т.е. нанесении покрытий более 100 мкм) - ЭИО с последующей обработкой ХГДН. *При комбинированном способе* (ЭИО + ХГДН) на прочное покрытие, полученное электроискровой наплавкой, наносятся более мягкие материалы способом газодинамики, заполняющие впадины между вершинами ЭИН, что исключает отслаивание материала и расширяет возможности как электроискрового способа, так и газодинамики.

Обоснованность выбранных методов восстановления подтверждена результатами экспериментальных исследований, по которым анализировались: качество поверхности, дефектность, прочность покрытия, микротвердость, фреттинг-коррозионная стойкость, контактная жёсткость покрытия, параметры триботехнической работоспособности.

Результаты исследований покрытий, образованных методами ЭИО и ХГДН показали, что твердость последнего значительно ниже твердости бронзового покрытия, т.е. твердость ЭИ покрытия составляет 208…245 HV, в то время как покрытие ХГДН – 100 HV. Фреттинг-коррозионная стойкость ЭИ покрытия в 3,4-6,3 раз выше по сравнению с покрытиями ХГДН. Исследованиями доказано, что ЭИ покрытия обладают высокой пластичностью, т.е. по мере увеличения напряжения сжатия монолитная часть сжимается в 1,62 раза, а параметры шероховатости, характеризующие жесткость посредством изменения профиля поверхностного слоя, уменьшаются, например, максимальная высота выступа в пределах базовой длины (Rp) в 5,3 раза; средняя высота неровностей по 10 точкам (Rz) в 3,52 раза, среднее арифметическое отклонение профиля от средней линии (Ra) в 4,82 раза, максимальное расстояние пик-впадина (Rt) в 4,2 раза.

Однако методом ЭИО можно получить слой толщиной не более 0,2 мм, а методом ХГДН покрытие толщиной 10 мм, в связи с этим, для получения восстанавливающего слоя необходимой толщины, необходимо использовать комбинацию ЭИО и ХГДН, где недостатки одного метода будут устраняться за счет достоинств другого.

По результатам экспериментальных исследований были разработаны технологические процессы восстановления изношенных постелей БЦ и отверстий нижних головок шатунов двигателей ЯМЗ-236(238) и Раба-МАН с использованием ЭИО и ХГДН, обеспечивающие ресурс восстановленного изделия на уровне нового.

Разработанные технологические процессы включают следующие основные операции: при малых износах нанесение однослойного бронзового покрытия методом ЭИО с последующим разглаживанием медью, при значительных – нанесение многослойного бронзового покрытия методом ЭИО с последующим разглаживанием медью и/или применение ХГДН. Такой метод восстановления создает необходимый припуск под растачивание и последующее хонингование.

Отремонтированные по разработанным технологиям блоки цилиндров и шатуны как отечественного, так и зарубежного производства прошли эксплуатационные испытания, технология внедрена в МИП ООО «Агросервис» и ООО «ДАБ».

Литература

1. *Задорожний Р.Н.* Совершенствование технологии восстановление шатунов с косым разъемом. Дисс. … канд. техн. наук. Саранск: МГУ им. Н.П. Огарева, 2012. – 168 с.
2. *Бурумкулов Ф.Х., Лезин П.П., Сенин П.В., Иванов В.И., Величко С.А., Ионов П.А.* Электроискровые технологии восстановления и упрочнения деталей машин и инструментов (теория и практика). – Саранск: Тип. «Красный Октябрь», 2003. – 504 с.

УДК 338.32.053.4

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА ПО ОБСЛУЖИВАНИЮ И РЕМОНТУ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Канд. техн. наук М.Н. Костомахин, Я.Е. Рубцова,
канд. техн. наук М.И. Силина
(ГНУ ГОСНИТИ Россельхозакадемии)

Представлен анализ результатов деятельности сервисных предприятий, прошедших оценку производства услуг по техническому обслуживанию и ремонту сельскохозяйственной техники с учетом вступления России в ВТО.

Ключевые слова: *ВТО; качество; предприятия технического сервиса; менеджмент качества; сертификация.*

The analysis of results of activity of the service enterprises which have passed an assessment of production of services in maintenance and repair of agricultural machinery taking into account Russia's accession to the World Trade Organization is presented in article.

Keywords: *WTO; quality; enterprises of technical service; quality management; certification.*

Орган по сертификации услуг при ГНУ ГОСНИТИ Россельхозакадемии работает в рамках действующей «Системы добровольной сертификации услуг по техническому обслуживанию и ремонту сельскохозяйственной техники». Органом по сертификации ОСУ ГОСНИТИ за все время работы было сертифицировано более 500 предприятий технического сервиса. Чтобы оценить качество и эффективность их работы в условиях вступления России в ВТО, нами были выбраны 10 предприятий (методом случайного отбора), проходивших сертификацию во второй половине 2012 – в первой половине 2013 г. Объем выборки был определен с учетом требований по обеспечению необходимой точности результатов по формуле:

$$N = t_{\alpha\upsilon}^2 \frac{\nu^2}{\varepsilon^2}, \qquad (1)$$

где $t_{\alpha\nu}$ – квантиль распределения Стьюдента; при доверительной вероятности $\alpha = 0{,}8$ и числе степеней свободы $\nu = 30$; $t_{\alpha\nu} = 0{,}85$; ν – коэффициент вариации (0,3-0,6); ε – принятая погрешность расчетов (5–10%).

Для каждого из выбранных предприятий был установлен рейтинг удовлетворенности потребителей $R_{уд.}$, измерявшийся в баллах от 0 до 10. Этот рейтинг комплексно характеризует оценку деятельности предприятий технического сервиса потребителем и может быть принят в качестве определяющего параметра для искомых функций. Аргументами функций были технико-экономические показатели деятельности предприятий и их динамика за последний год.

Были проанализированы следующие показатели:

С – объем реализации товаров и услуг, млн руб.;

S – производственная площадь, га;

У – уровень рентабельности, %;

L – численность предприятия, чел.

А также производные этих показателей (индексы), определяющие:

$Д_с$ – темп роста объемов реализации по годам, руб./руб.;

C_s – удельное значение объема реализации товаров и услуг на единицу производственной площади предприятия, млн руб./га;

$Д_у$ – темп роста рентабельности производства по годам, % / %;

$C_ч$ – удельное значение объема реализации товаров и услуг в расчете на 1 человека, млн руб./чел.

Анализ результатов деятельности выбранных предприятий показывает положительную динамику развития. За 2012–2013 гг. средний темп роста объемов реализации товаров и услуг составил 45%, средний уровень рентабельности – 12% (размах вариации от 0 до 90%) и заработная плата составила в среднем 19 тыс. руб.

Исследования показали, что независимо от видов деятельности, при повышении уровня удовлетворенности потребителя растет объем реализации и уровень рентабельности предприятий сферы технического сервиса, динамика этих показателей по годам (рис. 1а; б; в).

Предприятия технического сервиса в настоящее время резко отличаются по занимаемой

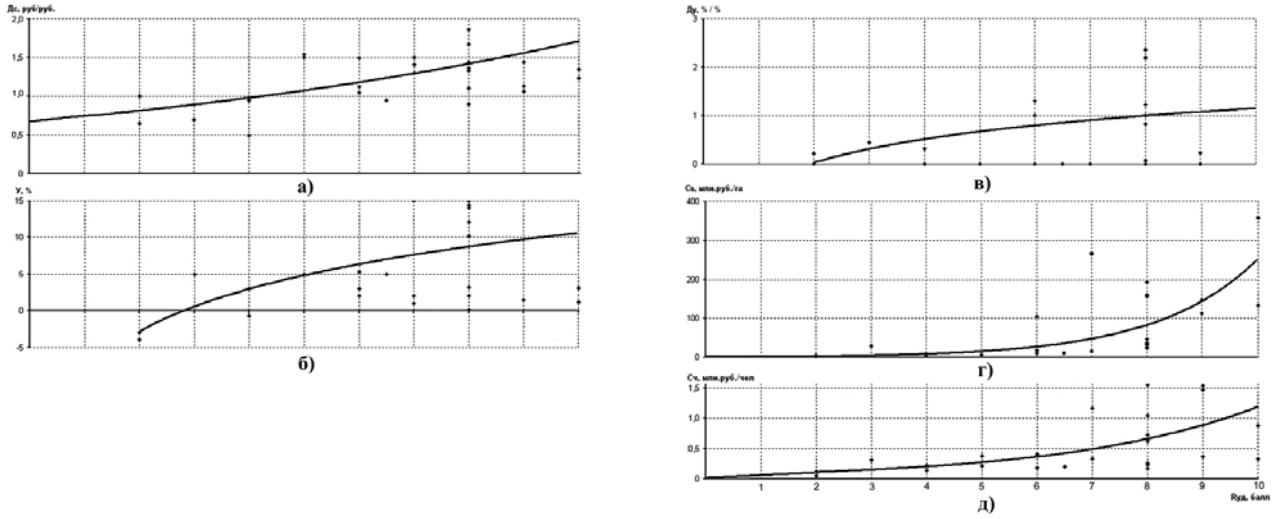

Рис. 1. Зависимость показателей эффективности деятельности предприятий технического сервиса от степени удовлетворенности потребителей:
а) - темпов роста объемов реализации товаров и услуг (Дс); б) - уровня рентабельности (У);
в) - темпов роста рентабельности (Ду); г) - объемов реализации товаров и услуг на единицу площади (Cs);
д) - объемов реализации товаров и услуг в расчете на одного человека (Сч)

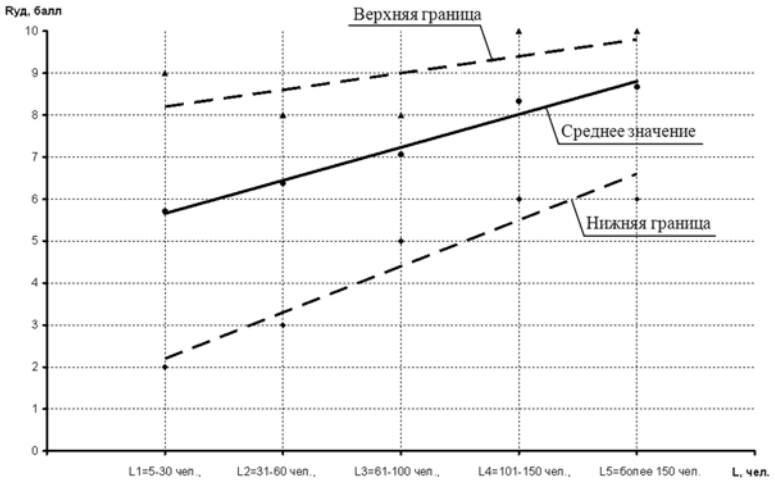

Рис. 2. Зависимость вероятности достижения удовлетворенности потребителей качеством товаров и выполняемых услуг ТС от численности предприятия

площади и численности. Тем не менее, эффективность их деятельности во многом характеризуется квалификацией специалистов и их отношением к качеству выполняемых работ и услуг. Поэтому как на крупных, так и на малых предприятиях можно достигнуть высоких успехов. На рис. 1г, д для исключения влияния фактора «величина предприятия» показаны зависимости объемов реализации товаров и услуг в расчете на единицу площади и в расчете на одного человека. Полученные зависимости показывают, что при росте степени удовлетворенности потребителя качеством работ и услуг предприятие получает больший доход. Однако в более крупных организациях достичь больших успехов легче (рис. 2).

Средний рейтинг удовлетворенности потребителя увеличивается при росте численности работников на предприятии. Полученные размахи вариации оценок их деятельности доказывают, что чем меньше численность, тем больший риск для привлечения сельских товаропроизводителей к услугам предприятия. Чем меньше предприятие, тем меньше возможностей для организации и обеспечения качественного выполнения услуг, расширения их номенклатуры, осуществления мероприятий по продвижению товаров и услуг на рынок и других факторов.

В настоящее время развиваются как малые, так и крупные предприятия технического сервиса численностью от 5 до 700 чел. Однако для успешного функционирования любых из них

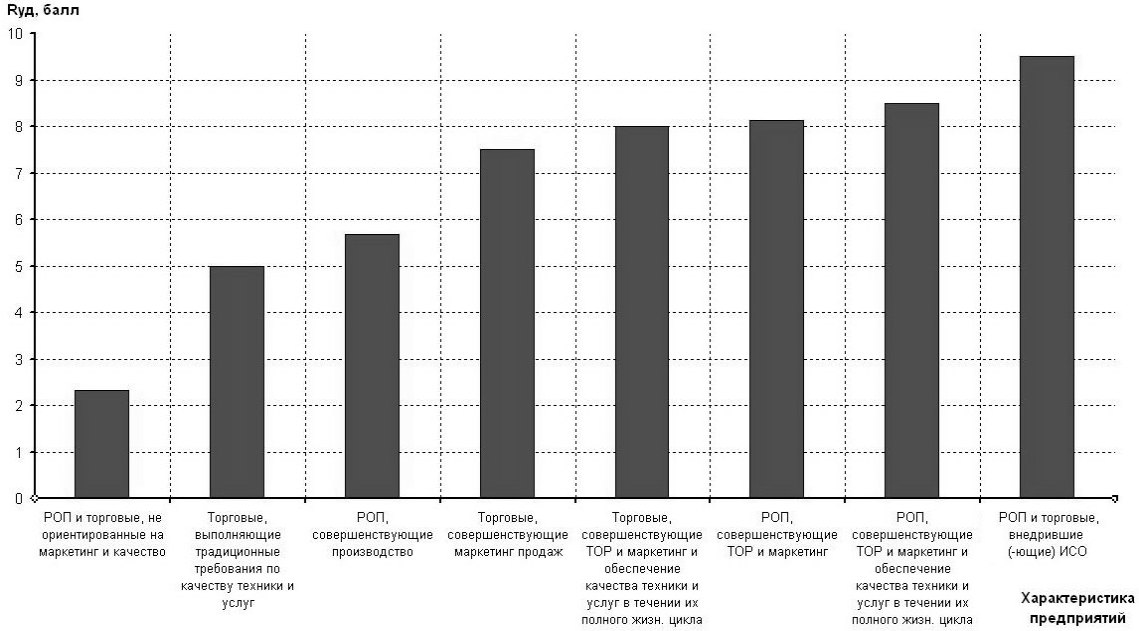

Рис. 3. Зависимость уровня удовлетворенности потребителей ($R_{уд}$ в баллах) от характеристики деятельности предприятий

необходимо не только выполнить технические требования к качеству ремонта, но и улучшить культуру обслуживанию своих клиентов. Важными параметрами для этого становятся как показатели надежности и безопасности техники, так и цена ремонта, скорость обслуживания, система скидок и бонусов, другие технико-экономические стимулы, повышающие привлекательность услуг и имидж предприятия. Такие параметры уже давно внедрены за рубежом и имеют большую эффективность. Такой подход ведет к повышению доверия потребителей и спроса на услуги технического сервиса. В результате у предприятий, совершенствующих технологии производства, маркетинг, финансовую политику и менеджмент качества, растет рейтинг удовлетворенности потребителей. Такие предприятия участвуют в национальных и региональных проектах по оказанию помощи селу. Многие из них могут похвастаться золотыми и серебряными медалями, дипломами за участие в региональных выставках и достижения в области качества услуг технического сервиса.

Зависимости рейтингов удовлетворенности потребителей от направлений совершенствования деятельности предприятий технического сервиса показаны на рис. 3. Для этого все виды рассматриваемых предприятий были разделены на 8 групп, учитывающих их отношение к технической (технологической) политике качества, маркетингу и степени охвата услуг в течение срока службы машин, или по-другому – степени охвата жизненного цикла услуг технического сервиса.

Выводы

При невнимательном отношении к качеству средний рейтинг удовлетворенности потребителей не превышает 2,3 балла.

Для торговых предприятий, выполняющих только традиционные требования по качеству техники и услуг, не обращающих особого внимания на их совершенствование, $R_{уд}$ = 5 баллов.

Для ремонтно-обслуживающих предприятий, ориентированных только на соблюдение технологического качества ремонта или осуществляющих некоторое совершенство данной деятельности, $R_{уд}$ = 5,7.

Торговые предприятия, занимающиеся изучением потребителей и совершенствующие маркетинг продаж, получили 7,5 баллов.

Торговые и ремонтно-обслуживающие предприятия, которые активно осваивают услуги технического сервиса и маркетинговые технологии для их оказания в течение срока службы техники, имеют наибольшие рейтинги от 8 до 8,5 баллов.

Предприятия, внедряющие или внедрившие у себя систему менеджмента качества по ГОСТ ISO 9001-2011, получили R = 9,5 баллов.

Итогами проведенной сертификации предприятий, работающих в условиях вступления в ВТО, является то, что практически все сертифицированные предприятия пополнили свои библиотеки современной нормативной документа-

цией. В большинстве случаев они имеют устойчивые связи с ведущими фирмами-изготовителями, осуществляют входной контроль качества запасных частей и материалов, пооперационный и приемочный контроль качества отремонтированной техники, стараются приобрести новое оборудование и внедрить прогрессивные технологии ремонта, включая оригинальные методы восстановления деталей. Они отличаются активной позицией в области освоения новых видов услуг, в том числе модернизации эксплуатируемой техники, вторичного рынка, а также дилерского (фирменного) технического обслуживания и ремонта машин. Значительные успехи наблюдаются у предприятий, расширяющих номенклатуру услуг, охватывающих полный жизненный цикл от поставки до списания машин.

В заключение следует сказать, что сертификация не только контролирует качество услуг технического сервиса, но и позволяет выявить лучшие из предприятий, определить прогрессивные направления развития технического сервиса. Наличие у предприятия сертификата соответствия является серьезным рекламным и конкурентным фактором, помогающим предприятиям обрести устойчивое положение на рынке услуг и успешность деятельности.

Литература

1. *Черноиванов В.И., Лялякин В.П., Фрибус В.К.* и др. Методика оценки технико-экономической деятельности предприятий сферы технических услуг с целью повышения их конкурентоспособности, выхода из кризиса и сертификации. М.: ГОСНИТИ, 2008. – 120 с.
2. *Соловьев Р.Ю., Лялякин В.П., Фрибус В.К.* и др. Типовой проект построения эффективной системы менеджмента качества в соответствии со стандартами ИСО 9000 для предприятий технического сервиса АПК. М.: ГОСНИТИ, 2009. – 160 с.
3. *Костомахин М.Н., Халфин С.М.* Анализ качества и технического уровня отечественной сельскохозяйственной техники // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. 2005. № 12. С. 45–48.

ВНИМАНИЮ АВТОРОВ!
Правила оформления статей

Редакция принимает к публикации рукописи статей в 2-х экземплярах, отпечатанные через 1,5 интервала на компьютере. Рукопись должна быть подписана всеми авторами. Вместе с бумажными копиями обязателен диск с текстом, набранным в Word 97/2000/2003/2007 шрифтом 14 пт, или файл по электронной почте vestnikviesh@gmail.com.

Объем статьи до 12 стр., включая таблицы (не более 5), рисунки (не более 5), библиографию (до 15 названий).

Приведенные в статье формулы должны иметь пояснения и расшифровку всех входящих в них величин с указанием единиц измерения в СИ. Таблицы должны иметь порядковый номер и название.

Все графические материалы должны быть выполнены четко (фотографии jpg или tif с разрешением не меньше 300 dpi), вставлены в текст статьи, пронумерованы, подписаны и иметь ссылку в тексте.

Использованная литература приводится в порядке очередности упоминания, в тексте – цифровые ссылки в квадратных скобках. Список литературы помещается в конце статьи и оформляется в соответствии с ГОСТ Р 7.05-2008.

Статья должна содержать следующие обязательные элементы:

1. Название и ФИО авторов статьи на русском и английском языках.
2. Аннотацию (3–5 предложений) на русском и английском языках.
3. Ключевые слова (3–6 слов/словосочетаний) на русском и английском языках.
4. Индекс статьи по Универсальной десятичной классификации (УДК).
5. Сведения обо всех авторах (в конце статьи) – фамилия, имя, отчество (полностью), ученая степень, ученое звание, полное название научного или учебного учреждения и его структурного подразделения, контактный телефон и адрес электронной почты автора.

Рукописи авторам не возвращаются. Автору выдается бесплатно один экземпляр журнала с его публикацией. С аспирантов плата за публикацию не взимается.