ВЕСТНИК ВИЭСХ

№1(10) 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 04.03.2013 г.
Формат 60×84/8. Объем 10,5 печ.л.
Тираж 100 экз. Печать офсетная.
Заказ № 9.

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

Некрасов С.А. О требованиях к энергетике в условиях неоиндустриального общества…….. **3**
Стребков Д.С., Кузнецов И.М., Макеев М.В. Разработка и реализация концепции развития в регионах единой трехуровневой информационной системы оперативного управлений сельскохозяйственным производством в 2013-2015 гг. …… **13**
Аниканова Т.Ю. Оптимизация численности и кадрового состава управленческих работников как фактор повышения эффективности функционирования сельскохозяйственных организаций……. **23**
Халин Е.В. Инновационные способы и технологии обеспечения электробезопасности производства……. **31**
Мусин А.М. Влияние параметров микроклимата на эффективность биотехнической системы животноводства…….. **37**
Кириенко Ю.И., Башилов А.М. Разработка технического проекта на инновационное оборудование автоматизированных поточных линий для картофелехранилищ…….. **41**
Жидков Р.А., Малышев В.В. Плазменный облучатель для выращивания зеленных культур в теплицах…….. **45**
Тихомиров Д.А. Программный проект для расчета потребной мощности теплоэнергетического оборудования и годового расхода тепловой энергии на объектах животноводства…….. **47**
Руденко В.Л. Применение телеграфных уравнений для описания резонансов высоковольтного трансформатора……... **51**
Борисов Ю.С., Некрасов А.И., Некрасов А.А., Ефимов А.В. Варианты капитального ремонта электродвигателей…… **55**
Некрасов А.А. Диагностическая проверка технического состояния подшипников электродвигателей……. **62**
Гусаров В.А., Кулагин Я.В. Разработка газотурбинного двигателя, работающего на биогазовом топливе…… **68**
Новые идеи и дискуссии
Соколов В.Ф. Аннигиляционные движители……. **72**
Кусков А.И. Переносной свободно-поточный агрегат для обеспечения водоснабжения и электроснабжения сельскохозяйственных потребителей…… **77**
Информация
Общее собрание Российской академии сельскохозяйственных наук (13-14 февраля 2013 г., Москва)……. **81**

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

© ГНУ ВИЭСХ Россельхозакадемии, 2013.

УДК 621.311

О ТРЕБОВАНИЯХ К ЭНЕРГЕТИКЕ В УСЛОВИЯХ НЕОИНДУСТРИАЛЬНОГО ОБЩЕСТВА[1]

Канд. техн. наук, канд. экон. наук С.А. Некрасов
(Объединенный институт высоких температур РАН,
Экспертный совет Комитета по энергетике
Государственной Думы Российской Федерации)

Дан анализ развития систем энергоснабжения в стране, включая сельскохозяйственный сектор. Показан возрастающий рост цен на энергоресурсы в последние годы. Приведены сравнительные показатели стоимости электроэнергии у потребителей в разных странах. Дана оценка влияния качественных показателей энергоснабжения на производство, включая сельскохозяйственное, а также на работу самой системы электроснабжения.

Ключевые слова: *системы энергоснабжения; энергоресурсы; электроэнергия; энергоэффективное оборудование.*

The analysis of the development of energy supply systems in the country, including the agricultural sector. Shows the increasing growth in energy prices in recent years. Provides a comparison of the indicator of the cost of electricity for consumers in different countries. Assessment of the impact of the qualitative indicators of energy supply for production, including agricultural, as well as the operation of the power supply system.

Keywords*: system of power supply; energy; electricity; energy-efficient equipment.*

На протяжении последнего времени происходит рост цены электроэнергии в государствах, расположенных на территории бывшего СССР. В табл. 1 приведены тарифы на электрическую энергию бюджетной сферы Кореневского района Курской обл. за 2005-2010 гг. [1]. Выбор данной группы потребителей достаточно показателен по следующим причинам: цена электроэнергии для бюджетных потребителей регулируется государством и с целью снижения расходов бюджетных организаций поддерживается меньше аналогичного параметра для прочих, в том числе промышленных потребителей; районный центр Курской обл. является примером наиболее обжитой части европейской части России с достаточно мягкими климатическими условиями; Курская обл. – энергоизбыточный регион, в котором находится источник наиболее дешевой (как принято считать) атомной энергии – Курская АЭС.

Данная ситуация в целом характерна для большей части территории Российской Федерации. На рис. 1 показаны фактическое и прогнозируемое соотношения цены электроэнергии к базовому 1998 году, принятому за единицу, так как финансовый кризис 1998 года создал новые стартовые условия для развития российской экономики. На протяжении последних 14 лет обеспечивается достаточно стабильный курс российской валюты.

Таблица 1

Тарифы на электрическую энергию бюджетной сферы Кореневского района Курской обл. за 2005-2010 гг.

Показатель	Год					
	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Руб. / кВт·ч	1,63	2,0	2,36	2,78	3,56	5,20
Индекс цены		1,23	1,18	1,18	1,28	1,46

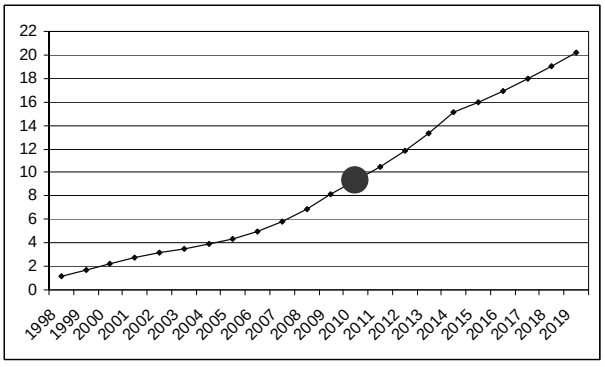

Рис. 1. Индекс цен электроэнергии в России в 1998-2020 гг. (факт - 1998-2010 гг.; прогноз - 2010-2020 гг.; 1998 г. = 1. Номинальные цены. Точкой выделен 2010 г.)

[1] Статья подготовлена по результатам НИОКР в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России 2007-2012 гг.» Минобрнауки России (ГК №16.526.12.6002).

Мы видим, что уровень 2010 г. (выделен точкой на рис. 1) не является переломным в представленном 30-летнем тренде, и до 2016 г. не предполагается изменения темпов существующей динамики. В Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации до 2020 г. предполагается продолжение ежегодного роста стоимости электроэнергии в ближайшие десять лет - при этом средняя цена на электроэнергию повысится за 2012-2015 г. примерно на 40-50%, за 2016-2020 гг. - на 25-27% [2]. Анализ роста цен на электроэнергию в приведенных значениях, скорректированных с учетом инфляционных ожиданий, показывает, что в 2008-2009 гг. он более чем на 8% опережал инфляцию, и в 2010 – 2020 гг. в среднем будет превышать инфляцию на 4,8% в год [3] .

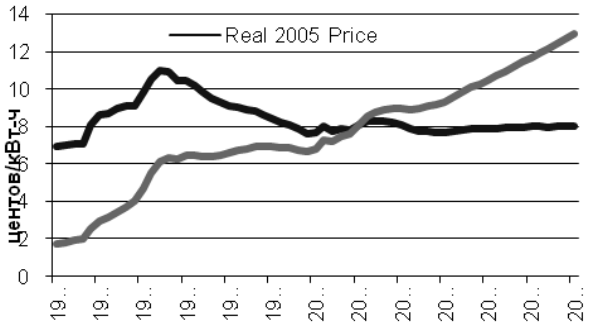

Рис. 2. Средние розничные цены на электроэнергию в США (1970-2030 гг. в номинальных ценах и ценах 2005 г.)
Источник: DOE, AEO2007

Отметим, что такая совокупность факторов, как топливно-энергетический и сырьевой кризис 1974-1975 гг., эмбарго на поставку нефти в США, война в Ираке и т.п., вызвали рост стоимости электроэнергии в США в приведенных ценах на 4,5% в год на протяжении 1973-1982 гг. Впоследствии в 1983-1995 гг. цена электроэнергии росла ниже инфляции и вернулась к прежнему уровню – 8 центов (в ценах 2005 г.) (рис. 2). Одним из ключевых пунктов энергетической стратегии Президента США Б. Обамы является отсутствие роста стоимости электроэнергии на ближайшие 20 лет. При этом обеспечивается сбалансированное развитие генерирующих мощностей, сетей и отсутствие платы за подключение новых потребителей.

Как видим, российская промышленность имеет неконкурентоспособные цены электроэнергии, которые будут расти согласно прогнозам Министерства экономического развития России и Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации до 2020 г. [4, 2] быстрее, чем в период энергетического кризиса 1970-х годов в США. По-видимому, в целом подобная картина будет типична для стран ЕЭП. Например, увеличение цены на электроэнергию произошло согласно постановлению правительства Республики Казахстан от 25 марта 2009 г. № 392 «Об утверждении предельных тарифов», и департамент агентства Казахстана по регулированию естественных монополий по городу Алматы согласовал экономически обоснованный тариф на электроэнергию для потребителей города Алматы и Алматинского региона области в размере 13,20 тенге за 1 кВт·ч с учетом 12% НДС, что соответствует более 8 центов за кВт·ч – стоимости электроэнергии в США (см. рис. 2) [5]; стоимость электроэнергии для промышленных предприятий в Белоруссии превышает 13 центов [6].

Энергосбережение в создавшейся ситуации является необходимым, но не достаточным условием для экономического развития. Покажем правомерность данного утверждения на примере конкретного хозяйствующего субъекта. Согласно данным генерального директора агропредприятия «Солгонское» Бориса Мельниченко за семь лет (2004-2011 гг.) предприятие снизило потребление энергии на 30% в физическом измерении, но в деньгах величина платежей выросла на 300%. 20 лет назад механическая сила обходилась предприятию в 4 коп., электрическая – в 1 коп. Сейчас они сравнялись и обходятся предприятию в 6 руб. Скоро ручной труд может стать дешевле электроэнергии [7]. Таким образом можно утверждать, что экономическое развитие в странах ЕЭП, которое неразрывно связано с востребованностью новых технологий, интенсификации производства, модернизации и т.п., вернулось на уровень, характерный для эпохи принятия плана ГОЭЛРО. Только необходимо отметить произошедшее качественное отличие: если для экономики страны 20-х годов XX века основной задачей была замена механического труда на основе электрификации народного хозяйства, то в результате реформирования энергетики последнего десятилетия вынужденным является снижение потребления электроэнергии, и в статус экономически эффективных переходят проекты замены электроприводов на механическую силу.

Стоимость электроэнергии является интегральным показателем, с одной стороны, включающим в себя издержки энергетики (самой капиталоемкой отрасли экономики [11]), а с другой - определяющим вектор развития экономики

и выбор технологических решений для ее модернизации.

Эффективность использования энергетических мощностей была основополагающим параметром в становлении советской энергетики и уже в 1940 г. достигла 4312 ч/год. В последующем системный подход отечественной энергетической школы позволил планомерно повышать число часов использования мощности (ЧЧИМ, час/год) в период с 1960 по 1991 гг. (рис. 3 построен по данным [27] до 1980 г. и [8] после 1981 г.). По уровню эффективности использования энергетических мощностей СССР стал лидирующей энергосистемой в мире.

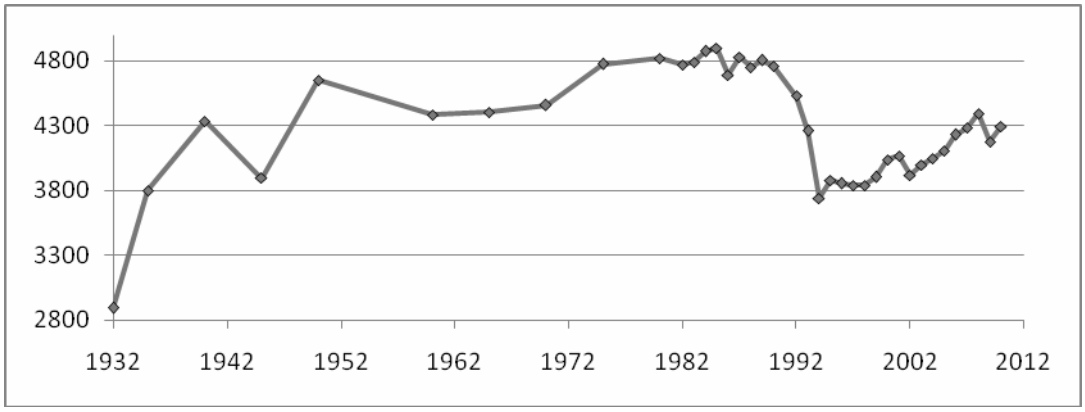

Рис. 3. Динамика ЧЧИМ России за 1940-2010 гг. (до 1991 г. СССР)

Таблица 2

Основные показатели объединенных энергетических систем стран ШОС в 2010 г. и их сравнение с 1979 г.

Энергетическая система (на 01.01.2011г.)	Установленная мощность электростанций, млн кВт	Выработка электроэнергии, млрд кВт·ч	ЧЧИМ 2010 г., ч/год	Изменение ЧЧИМ 1979-2010 гг., ч/год
Казахстан	18,73	78,09	4168	-1345
Белоруссия	8,032	32,82	4086	-810[1]
Украина	54,883	176,3	3212	-2312[2]
Россия	229,1	983,8	4294	-881[3]

[1] Сравнение с энергетической системой Северо-Запада.
[2] Сравнение с энергетической системой Юга.
[3] Сравнение с ЕЭС СССР.

С распадом СССР в 1991 г. и сокращением промышленного производства произошло снижение ЧЧИМ в Российской Федерации до 3377 часов в 1994 г.

В табл. 2 приведены данные о мощности энергосистем и выработке электроэнергии в 2010 г. и проведено сравнение с данными ЧЧИМ 1979 г. Мы видим снижение ЧЧИМ во всех энергосистемах.

Сопоставление ЧЧИМ с периодом плановой экономики показывает наличие значимого потенциала повышения эффективности использования существующих мощностей.

Развитые страны в среднем стабилизируют спрос, в частности Европейский Союз обязался сократить свой спрос на энергоресурсы в 2020 г. на 20%; а Япония намерена сократить потребление электроэнергии на 10% к 2030 г. [12]. Снижение производства электроэнергии в Германии в 2020-2050 гг. прогнозируется и в [13].

В этой связи отметим, что если на пригодной в сельскохозяйственном отношении территории СССР в 1950 г. только 15% колхозов и 76% совхозов использовали электроэнергию, то уже в 1973 г. доля таких хозяйств возросла до 99,9%. При этом несмотря на достигнутый уровень доступности электроэнергии на промышленных и сельскохозяйственных предприятиях рассматриваемой территории, XXVI съезд КПСС поставил задачу дальнейшей последовательной электрификации народного хозяйства как необходимого условия ускорения перевода экономики страны на интенсивный путь развития, подчеркивалось, что едва ли не большее

значение, чем просто количественный рост энерговооруженности труда, имеет последовательно проводимый принцип опережающего роста качества используемой энергии [14].

Для уточнения данной проблемы по состоянию на второе десятилетие XXI века для территорий централизованного электроснабжения бывшего СССР обратимся к исследованиям главного редактора журнала «Экономист» С.С. Губанова. В его работах выделяется две последовательные фазы индустриализации: первая фаза имеет своим результатом электрообеспечение производительных сил общества и способа производства, вторая – автоматизацию. Вторая фаза неосуществима без достижения первой: автоматизировать можно средства производства, которые уже электрифицированы. Чтобы автоматизировать труд, необходимо предварительно электрифицировать его. Соответственно автоматизированный труд обязательно должен быть электрифицированным, тогда как электрифицированный – не обязательно автоматизированный. По своему характеру оба они действительно соотносятся друг с другом как первичное и вторичное, исходное и основное, т.е. объективно выступают двумя последовательными фазами общего исторического процесса.

Процесс полной автоматизации производительных сил общества развивается на основе и в пределах эры электричества, на базе эры индустриализации, будучи качественно более высокой ступенью той же самой эры. Вторая фаза индустриализации, основанная на автоматизации производительных сил, определяется, как «неоиндустриализация». Каждая из обеих фаз индустриализации характеризуется рядом ключевых особенностей. Первыми по значению идут базисные продукты.

Для первой фазы базисным продуктом, без которого невозможно функционирование ни производства средств производства, ни производства предметов потребления, становится электричество. В период неоиндустриализации в дополнение к электричеству появляется еще один базисный продукт – микропроцессор. Известная тенденция удешевления микропроцессорной техники, нередко трактуемая в «постиндустриальном» духе, на самом деле связана с превращением микропроцессора в базисный продукт, социально общедоступный и повсюду применяемый, а потому олицетворяет ярко выраженную поступь неоиндустриализации. Оба базисных продукта современной эпохи соотносятся друг с другом в точности по тому же самому закону, как и две фазы индустриализации: без электричества микропроцессор бесполезен.

Первая фаза индустриализации заключается в обеспечении электроэнергией производительных сил, которая является не конечным пунктом, а одной из важнейших предпосылок дальнейшего их прогресса. Всеобщая электрификация выступает основой всеобщей автоматизации, или компьютеризации производительных сил. Действует принцип последовательности: компьютеризируется или автоматизируется только то, что электрифицировано. Вначале общество добивается электрификации, и лишь затем оно получает возможность автоматизации своих производительных сил. Обратный ход исторического процесса невозможен: нельзя компьютеризировать или автоматизировать то, что не электрифицировано [15].

Для выявления различия между снабжением электроэнергией и возможностью электрификации в целях обеспечения роста производительности труда проведем мысленный эксперимент для территории России. Предположим, некий предприниматель приобрел компьютеризированную линию по производству имеющего спрос продукта, для ее работы требуется электрическая мощность 5 кВт. Для обеспечения технологического процесса недопустимо отклонение параметров электроэнергии от ГОСТ 13109-97 и перерыв в электроснабжении более одного часа в месяц. Задача определить территорию, где ее можно установить, используя существующую инфраструктуру энергетики. По-видимому, это и будет определять границы территорий, где произошла электрификация. По факту обеспечить условия для ее устойчивой работы невозможно не только на южном побережье Северного Ледовитого океана, но и в значительной части населенных пунктов в зоне централизованного энергоснабжения. Причем можно указать такие поселения, находящиеся в 50-60 километрах от Кремля или Смольного, в 15-20 км от Рязанского, Смоленского, Астраханского, Тобольского кремля, в 2-3 км от Зарайского, Ростовского, Суздальского, Великолукского и т.д. кремлей. Действительно, перерывы в электроснабжении сельскохозяйственных потребителей составляют 70-100 ч в год (в развитых странах - 7-10), у 35% потребителей не обеспечивается напряжение, падающее вечерами до 190-200 В, несимметрия по фазам в сетях 0,4 кВ доходит до 50% [16]. Отметим при этом, что по данным исследования Национальной лаборатории им. Л. Беркли, ежегодные экономические потери от перерывов электроснабжения

в США доходят до 80 млрд долл. Существенную величину составляют при этом социальные потери, связанные с нарушением привычного образа жизни, а также со снижением уровня здоровья людей, а в некоторых случаях – и летальными исходами [17].

Среднее число повреждений, вызывающих отключения ВЛ напряжением до 35 кВ, составляет около 25 на 100 км линий в год. Надежность распределительных сетей существенно ниже, чем сетей более высокого класса напряжений. На долю первых приходится 70-75% от общего числа повреждений в энергосистемах. Сети 6-35 кВ удалены от системных генерирующих источников двумя-тремя ступенями трансформации [18].

Но по мере неоиндустриализации, насыщения производства и быта электронными приборами у потребителя возрастают требования к обеспечению качества электроэнергии. Принципиально отличаются требования к качеству и надежности энергоснабжения, необходимых для замены лучины или керосиновой лампы на бытовое электроосвещение и для современных технологических процессов. Это связано с более высоким уровнем компьютеризации, являющейся источником повышения производительности экономики XXI века, необходимостью последовательного замещения станочного парка на новые модели, неотъемлемой частью которых является микропроцессорная техника. Для надежной работы современных станков предъявляются требования к качеству электроэнергии, устойчивое соблюдение которых весьма проблематично в российской глубинке. Мировая инженерная практика говорит о том, что воздушные ЛЭП напряжением 10 кВ протяженностью 10 км без резервного электроснабжения не позволяют организовать нормальное товарное производство (при отключении электричества продукты портятся, скот остается не доенным, не кормленным, не поенным. Цыплята, поросята и другой молодняк погибают) [19]. Для организации промышленного производства на основе современного оборудования требования к качеству энергоснабжения являются более жесткими, чем для сельскохозяйственного производства. Причем требование компьютеризации экономики является повсеместным, универсальным и постоянно возрастающим. Например, в США в настоящее время более 10% электроэнергии потребляется компьютерным оборудованием. Мы видим, что во всем мире наблюдается возникновение целого ряда факторов, определяющих необходимость кардинальных преобразований в электроэнергетике: общая тенденция к повышению уровня автоматизации процессов; появление и развитие новых технологий, устройств и материалов, потенциально применимых в сфере электроэнергетического производства, и в первую очередь нарастающие темпы и масштабы развития компьютерных и информационных технологий; повышение требований потребителей к набору и качеству услуг [17].

При этом локальные решения обеспечения качества энергоснабжения на уровне отдельных потребителей ведут к ухудшению ситуации на системном уровне. Действительно, наблюдаемый в максимум нагрузки в осенне-зимний период на вводах в жилые помещения в отдельных регионах крайне низкий уровень напряжений (до 160-170 В) не позволяет обеспечить нормальную работу электроприемников и зачастую приводит к выходу их из строя. В связи с этим многие индивидуальные потребители вынуждены приобретать и устанавливать достаточно мощные стабилизаторы напряжения для поднятия уровня напряжения. Однако с точки зрения энергосистемы это является решением, ухудшающим режим ее работы, так как стабилизаторы напряжения, являясь электроприемниками с достаточно низким коэффициентом мощности, способствуют еще большему росту потерь напряжения [20].

Кроме того, в последнее время увеличение доли токоприемников с нелинейными характеристиками, вызывающих гармонические искажения, заставляет все больше обращаться к проблемам, связанным с гармоническими искажениями сетевого напряжения питания. Развитие производства современных силовых полупроводниковых приборов, ведет к росту количества приборов, управляемых тиристорами, конверторами (инверторами) и др. Примеры нелинейных электропотребителей, являющихся причинами гармонических искажений: статические преобразователи (выпрямители, источники бесперебойного питания, тиристорные регуляторы, импульсные источники питания, преобразователи частоты, регулирующие скорость вращения электродвигателей переменного тока, и т.п.); газоразрядные осветительные устройства и электронные балласты; электродуговые печи постоянного и переменного тока; сварочные аппараты; устройства с насыщающимися электромагнитными элементами и т.п. [21].

В результате параметры промышленной питающей электросети в ряде случаев не соответствуют требованиям ГОСТ 13109-97 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электроэнергии в системах электроснабжения общего назначения». И если при изначально спроектированных расчетных режимах в планово работающей экономике соблюдение стандартов по качеству электроэнергии являлось достаточно сложной задачей, то по истечении трети века с переходом энергосистемы на нерасчетные режимы, обеспечение в российской глубинке возможностей экономического развития с применением современного оборудования является фактически невозможным. Подчеркнем, что речь идет не о районах автономного энергоснабжения, составляющих более 70% России, а о территории, на которой охват централизованным электроснабжением составлял 99,9% еще по состоянию на 1973 г.

Таким образом, если мы определим электрификацию как механизм повышения производительности труда, позволяющий использовать современные приборы, станки, средства автоматизации и т.д. в совокупности с обеспечением надежного и качественного энергоснабжения для его реализации (фактически это и есть определение, данное В.И. Лениным и Г.М. Кржижановским), то этому определению будет соответствовать не территория централизованного электроснабжения, а несвязанные участки, совпадающие с крупными городами, некоторыми воинскими объектами, покрывающие значительно менее 5% территории России. В случае усиления этого определения требованием возможности заявительного подключения новых электроприемников, повышающих производительность труда, то этой дефиниции будут удовлетворять островные участки, преимущественно совпадающие с территориями промышленных предприятий, снизивших объемы производства и, как следствие, имеющих возможность подключения нового оборудования в счет старых лимитов мощности. По-видимому, только на этой территории в настоящее время может рассматриваться вопрос о возможности неоиндустриализации и беспрепятственной со стороны энергетики модернизации экономики.

Вместе с тем, если мы проанализируем как варианты Энергетических стратегией России до 2020, 2030 года, Схему размещения объектов электроэнергетики до 2020 г., так и последний по состоянию на 25.11.2012 г. документ, определяющий развитие энергетики Российской Федерации, – Программу модернизации электроэнергетики на период до 2020 г., то увидим, что вопрос повышения качества и надежности энергоснабжения потребителя в российской глубинке является второстепенной задачей по сравнению с реконструкцией и увеличением мощности крупных электростанций и ростом инвестиций в системообразующие магистральные ЛЭП.

На основе анализа ЧЧИМ стран с установленной мощностью более 99% мировой энергетики можно прийти к заключению, что величину загрузки энергетического оборудования определяет не способность энергосистемы производить электроэнергию и не структура энергетических мощностей, а возможность равномерного потребления энергии экономикой страны [22]. Поэтому темп ввода новых мощностей, превышающий темп роста потребления электроэнергии, приведет к снижению ЧЧИМ и, как следствие, к дополнительному росту цен на электроэнергию. С другой стороны, как было показано выше, отсутствуют предпосылки для значительного роста потребления электроэнергии в странах, завершивших первый этап индустриализации.

В настоящее время высокие издержки сетевых компаний привели к снижению доли генерации в структуре стоимости электроэнергии конечного потребителя в большинстве регионов Российской Федерации до уровня менее 40%. В результате при существующем механизме ценообразования в электроэнергетике даже двукратное снижение издержек генерации электроэнергии (верхняя граница эффекта от реализации всех наилучших достижимых технологических решений) останется практически незамеченным для конечного потребителя [28].

Это дает основание предположить, что необходимо формирование условий, в которых реализация проектов, дополняющих существующую систему энергоснабжения и решающих проблему локальных энергодефицитов, возникающих в силу неравномерности экономического развития территорий, станет экономически привлекательна как для субъектов электроэнергетики, так и для потребителей. Размытие системного подхода к построению систем жизнеобеспечения населенных пунктов, реализация фрагментарных решений в тепло-, водо-, газо-, электроснабжении стали одной из причин роста энергоемкости экономики государств ЕЭП. Большинство единичных мероприятий, даже объединенные в целевые, городские, региональные и т.п. программы энергосбережения,

позволяя достичь локальных улучшений показателей ресурсоснабжения, как правило, не дают возможности получения синергического эффекта, который может быть реализован только при системном подходе к построению систем жизнеобеспечения. Стремление к выгоде каждого приводит к исчезновению синергии и снижению выгоды от работы системы в целом. Поэтому необходимо формирование нового системного подхода, в рамках которого возможна гармонизация интересов участников неразрывной технологической цепочки «производство-потребление энергетических ресурсов».

Одним из путей выхода из сложившейся ситуации может быть переход на новые технологические решения построения энергоснабжения в первую очередь удаленных в пределах централизованного энергоснабжения потребителей с целью снижения издержек. При их развитии необходимо учитывать следующие основные закономерностями в изменении структуры энергопотребления.

1. В электропотреблении:

- рост доли потребления коммунально-бытовым сектором и сферой услуг. Более половины роста (58% для Московской области) потребления электроэнергии будет обеспечено за счет жилищно-коммунального сектора;

- при отсутствии изменений в государственной энергетической политике в дальнейшем будет происходить разуплотнение графика потребления, так как система нормирования потребления плановой экономики ушла в прошлое, а принципы и средства управления электропотреблением в течение суток на основе рыночных механизмов работают недостаточно эффективно.

2. В потреблении тепловой энергии:

- отсутствуют предпосылки для сумммарного роста потребления тепловой энергии. Прекращение увеличения потребления тепла при росте отапливаемых помещений за счет повышения эффективности использования тепловой энергии делает маловероятным формирование зон теплоснабжения в городской застройке крупных городов необходимых для строительства ТЭЦ с суммарной присоединенной тепловой нагрузкой более 1000 Гкал/час;

- доля электроэнергии, произведенной в комбинированном режиме на ТЭЦ, снижается в результате фиксированного объема выработки тепла и роста производства электроэнергии, что ведет к росту удельного расхода топлива на производство электроэнергии и ухудшению удельных показателей существующих теплофикационных систем, что требует нового подхода, позволяющего в период жизненного цикла системы энергоснабжения (который в большинстве случаев превышает 50-70 лет), менять соотношение производимой электрической и тепловой энергии.

Поэтому следует самым серьезным образом рассмотреть вопрос о прекращении строительства крупных теплоэлектроцентралей и обратить внимание на широкое внедрение малых электростанций, работающих по комбинированному циклу. При этом прекратить массовое строительство трудно ремонтируемых и практически незаменяемых (в крупных населенных пунктах) тепловых сетей [23].

В общем потреблении тепла и электроэнергии населенными пунктами государств ЕЭП доля энергии на цели теплоснабжения, включая электроэнергию на функционирования систем теплоснабжения, превышает 80%. В связи с этим в государствах ЕЭП затраты на теплоснабжение в структуре энергообеспечения населения являются наибольшими в мире.

Существует ряд подходов, в рамках которых можно от фрагментарных решений перейти на системный уровень обеспечения гармонизации интересов различных участников процесса энергоснабжения, обеспечив условия для неоиндустриализации российской глубинки.

Так, распределенная энергетика (которая в настоящее время в большинстве случаев работает децентрализованно) является не только механизмом снижения стоимости энергоснабжения конечного потребителя (именно поэтому в качестве ответа на рост стоимости энергоснабжения объем ввоза малых генераторов в России превышает на протяжении последних лет вводы «большой» энергетики [24, 25]), но при системном подходе позволит достичь компенсации реактивной мощности во всех точках энергосистемы, обеспечив снижение потерь в сетях. При этом в основу определения первоочередных узлов для установки объектов распределенной энергетики следует выбирать точки распределительных сетей, где наблюдаются максимальные потери и будет получен наибольший эффект от компенсации реактивной мощности. Регулирование токов возбуждения синхронных генераторов, установленных в непосредственной близости от конечного потребителя, позволит обеспечить компенсацию реактивной мощности в распределительных сетях и обеспечить стабильность напряжения.

С этой целью приоритет должны получить объекты регулируемой распределенной генерации с возможностью работы по заданному графику, в свою очередь развитие нерегулируемых источников преимущественно на основе энергии ветра и солнца потребует создания систем аккумулирования электроэнергии либо поддержания в резерве мощностей, необходимых для ее производства по графику, задаваемому потребителем.

Проекты по комбинированному производству тепловой и электрической энергии на базе уже существующих отопительных котельных являются наименее капиталоемким решением по распределенной энергетике, имеют максимальную эффективность среди проектов по энергосбережению и могут дать кратно больший вклад в повышение энергоэффективности по сравнению с другими мероприятиями по энергосбережению.

На территории бывшего СССР созданная на протяжении десятилетий система централизованного теплоснабжения на основе котельных является «матрицей», на основе которой целесообразно формирование ценологически оптимального распределения генерирующих мощностей. При поэтапном наращивании производства электроэнергии на тепловом потреблении котельных можно обеспечить производство электроэнергии с эффективностью использования тепла топлива до 85%, начиная от выработки электроэнергии для нужд теплоснабжения и заканчивая обеспечением электропотребления населенного пункта.

Новый подход к реализации надстроек котельных: по одной электрогенерирующей установке на котельную с организацией сети параллельно работающих пространственно разделенных энергоблоков в пределах одной зоны действия понизительной подстанции позволит значительно снизить удельные капитальные затраты при реализации проектов по распределенной энергетике. На основе взаимодействия объектов распределенной генерации и сетей можно добиться решения следующих задач: повышения надежности энергоснабжения за счет первоочередной установки объектов распределенной энергетики у удаленных потребителей; снижения загрузки трансформаторных подстанций, снижения сетевых потерь в результате обеспечения компенсации реактивной мощности в распределительных сетях; обеспечения дополнительного резервирования энергоснабжения в местах расположения единичных энергоблоков; обеспечения работы каждого генератора в оптимальном режиме с минимальными удельными расходами топлива на производство электроэнергии; возможности более эффективного согласования электрических и тепловых нагрузок, в том числе путем установки аккумуляторов тепловой энергии.

На основе распределенной генерации можно обеспечить повышение надежности и качества энергоснабжения, что создаст условия для проведения модернизации экономики стран ЕЭП и завершения электрификации (роста производительности труда в результате возможности применения новейшего оборудования) их территории.

На основе новейших отечественных разработок возможно достижение электрического КПД при мощностях от десятков киловатт до 5 МВт не ниже наилучших парогазовых установок, сегодняшний рынок и дальнейшее обслуживание которых фактически утрачены для российского энергомашиностроения. Свободнопоршневой двигатель (СПД) позволяет существенно увеличить степень сжатия и поднять эффективный КПД выше 52-56 % за счет отсутствия ограничений по жесткости и на максимальное давление цикла. Данная разработка может быть применима не только в газифицированной части государств ЕЭП, но и использовать твердые виды топлива (местные угли, бытовые отходы, щепа и т.п.). Предварительные оценки, представленные на заседании научного семинара РАН [26] показывают, что замещение половины от ныне используемого на ДЭС дизельного топлива в Северо-Западном, Сибирском и Дальневосточном федеральных округах - регионах, богатых местными видами твердых топлив (уголь, отходы лесозаготовок, торф), позволило бы высвободить ресурсы дорогостоящего жидкого топлива на сумму свыше 15 млрд рублей в год. Получаемый газ обладает низкой теплотворной способностью (не более 1200 ккал/м^3), на нем существующие газопоршневые агрегаты могут работать только в двухтопливном режиме при добавке дизельного топлива. Свободнопоршневой двигатель это единственный тип двигателя, который может работать с воспламенением от сжатия без дополнительных активаторов сгорания на газах широкого фракционного состава.

В целях обеспечения энергетической безопасности; экологии; создания новых рабочих мест; формирования условий для расширения сельскохозяйственного и промышленного производства; других внешних эффектов, плохо улавливаемых рынками, государство, а не част-

ные компании должно быть в большей степени заинтересовано в развитии распределенной энергетики. Поэтому определение эффективности проектов по распределенной энергетике целесообразно проводить на основе простой формулы: расчет эффективности «с проектом» и «без проекта». В частности сетевые и сбытовые надбавки стоимости электроэнергии, выработанной распределенной генерацией, должны включать в себя только прирост издержек участка распределительной сети в той части, который возник при передаче электроэнергии, произведенной конкретным объектом распределенной генерации.

Выводы

1. Опережающий инфляцию рост стоимости энергетических ресурсов и невозможность повышения производительности труда на основе доступного и качественного энергоснабжения приводят к замедлению социально-экономического развития Российской Федерации. Увеличение объемов инвестиционных программ в энергетике вызывает дополнительное снижение доступности электроэнергии.

2. В мире эффективность использования энергетических мощностей (число часов использования мощности, ЧЧИМ, ч/год) является фактором, влияющим на стоимость электроэнергии в государстве. Анализ эффективности использования энергетических мощностей более 99% мировой энергетики показывает, что величину загрузки определяет не способность энергосистемы производить электроэнергию и не структура мощностей, а возможность равномерного потребления энергии совокупностью электротехнических комплексов и систем. Ввод новых мощностей, опережающий рост потребления, приводит к снижению ЧЧИМ, так как объем потребления электроэнергии определяется потребностью экономики.

3. Регулируемые объекты распределенной генерации, производство энергии на которых в отличие от нерегулируемых обеспечивается по заранее заданному графику, выполняя задачи повышения качества и надежности централизованного энергоснабжения, имеют объективные предпосылки для развития в Российской Федерации. В результате надстройки когенерационными установками существующих источников тепла будет сформировано ценологически оптимальное распределение энергетических мощностей.

Литература

1. Районная целевая Программа «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности Кореневского района Курской области на период 2010-2015 гг.» (по состоянию на 22.08.2010 г. представлена на утверждение в Администрацию Кореневского района Курской области).
2. Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации до 2020 года / Утверждена Распоряжением Правительства Российской Федерации от 17.11.2008 г. № 1662-р. http://www.ifap.ru/ofdocs/rus/rus006.pdf
3. *Грачев И.Д., Некрасов С.А.* О тройной институциональной ловушке экономического развития Российской Федерации со стороны электроэнергетики и вступлении России в ВТО // Микроэкономика. 2010 . №6. С. 179-194.
4. Прогноз социально-экономического развития Российской Федерации на 2010 г. и плановый период 2011 и 2012 гг. М.: Минэкономразвития РФ, 2009.
5. http://newskaz.ru/economy/20120329/2893619.html
6. http://www.camarade.biz/node/3597
7. *Кудияров С.* Всегда есть другой путь // Эксперт. 2011. №27. С. 32-34.
8. http://www.eia.gov
9. *Некрасов С.А.* Взаимосвязь эффективности использования мощностей электроэнергетики и нового строительства электростанций // Национальные интересы. Приоритеты и безопасность. 2012. №4. С. 19-45.
10. *Лапицкий В.И.* Организация и планирование энергетики. 2-е изд. М.: Высшая школа, 1975. - 488 с.
11. *Мелентьев Л.А.* Оптимизация развития и управления больших систем энергетики. М.: Высшая школа, 1982. - 319 с.
12. World Energy Outlook 2012.
13. Integration der erneuerbaren Energien in den deutschen/europäischen Strommarkt, Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena) Berlin, 15.08.2012, s. 169
14. http://rayax.ru/tex/slovar-ee-p-1/300/index.html
15. *Губанов С.С.* О формуле развития России. http://institutiones.com/general/1129-neo-industrializaciya.html
16. *Кудрин Б.И.* О государственном плане рыночной электрификации России. М.: ИНП РАН, 2005. - 204 с.
17. *Волкова И.О., Окороков В. Р., Окороков Р.В., Кобец Б.Б.* Концепция интеллектуальных энергосистем и возможности ее реализации в российской электроэнергетике. М.:УРАН ИНП 2011. - 64 с.
18. *Готман В.И.* Короткие замыкания и несимметричные режимы в электро-энергетических

системах: учеб. пособие. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. - 240 с.
19. *Кудрин Б.И.* Модели ценозов в инновационном развитии. http://www.kudrinbi.ru/public/10727/index.htm
20. http://www.tatenergo.ru/download/rp_kompen.pdf
21. *Барутсков И.Б, Вдовенко С.А., Цыганков Е.В.* Гармонические искажения при работе преобразователей частоты // Главный энергетик. 2011. №6. С. 5-15.
22. *Некрасов С.А.* О независимости эффективности использования энергетического оборудования от структуры источников энергии // Промышленная энергетика. 2012. №4. С. 2-6.
23. *Шейндлин А.Е.* Размышления о некоторых проблемах энергетики. М.: ОИВТ РАН, 2003. - 23 с.
24. *Филиппов С.П.* Малая энергетика России // Теплоэнергетика. 2009. №8. С. 38-44.
25. *Нюшлосс Д., Ряпин И.* Развитие распределенной генерации. М.: Московская школа управления Сколково, 2012. - 38 с.
26. Решение заседания научного семинара под руководством акад. О.Н. Фаворского по теме: «Применение генераторного газа после газификации углей для замены дизельного топлива в дизельных установках в районах Крайнего Севера» М.: ОИВТ РАН, 26.04.2012
27. Народное хозяйство СССР за 70 лет: Юбилейный стат. ежегодник / Госкомстат СССР. М.: Финансы и статистика, 1987. - 766 с.
28. *Грачев И.Д., Некрасов С.А.* Стратегический аспект энергетической безопасности России // Национальные интересы. Приоритеты и безопасность. 2012. №41. С. 2-9.

УДК 631.171:65.011:56.001.5

РАЗРАБОТКА И РЕАЛИЗАЦИЯ КОНЦЕПЦИИ РАЗВИТИЯ В РЕГИОНАХ ЕДИНОЙ ТРЕХУРОВНЕВОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫМ ПРОИЗВОДСТВОМ В 2013-2015 ГГ.

Академик Россельхозакадемии Д.С. Стребков,
канд. техн. наук И.М. Кузнецов, М.В. Макеев
(ГНУ ВИЭСХ)

Рассматриваются вопросы создания трехуровневой информационной системы оперативного управления в сельском хозяйстве. Приводятся схемы их организаций на каждом уровне и технико-экономические мероприятия по предоставлению пользователям технологий и информационных услуг.

Ключевые слова: *информатизация; инфокоммуникационные системы; методология совершенствования оперативного управления; исследование информационного обеспечения.*

The article considers creation of a three-level operational management information system in agriculture. The schemes of their organizations at every level and the technical and economic actions to provide users with technology and information services are presented.

Keywords: *informatization; infocommunication system and technology; methodology of improving operating control; research of information system.*

Введение. На протяжении последних 10 лет ГНУ ВИЭСХ совместно с ГНУ ВИАПИ им. А.А. Никонова и другими научными учреждениями Россельхозакадемии проводили комплексные исследования по развитию информационных систем и телекоммуникационных сетей в сельхозорганизациях пилотных районов, позволившие сделать вывод о том, что информация и процедурные знания, составляя основу эффективного управления сельскохозяйственным производством, являются для сельхозтоваропроизводителя таким же незаменимым фактором, как земля, труд, энергоресурсы и денежные средства, но главное, что они способствуют развитию инновационных форм агропромышленного производства и росту ВВП.

Вместе с тем, проведенные реформы в сельском хозяйстве в середине 90-х годов не дали ожидаемого роста экономических показателей сельхозорганизаций и привели к уменьшению объемов производства сельскохозяйственной продукции, ухудшению использования земли и резкому снижению производительности труда.

Непоследовательное и экономически необоснованное осуществление реформирования сельхозорганизаций и повсеместная продажа земельных паев бывшими их членами по многократно заниженным ценам отрицательно и неблагоприятно сказались и еще скажутся на будущем развитии сельского хозяйства и существенно затруднят его выход из кризиса.

Поэтому для улучшения социально-экономических условий в сельской местности регионов при переходе АПК к рынку необходимо создать современную информационную инфраструктуру, на основе которой должен быть усовершенствован экономический механизм производства сельскохозяйственной продукции и взаимоотношений между сельхозтоваропроизводителем и другими предприятиями и организациями при производстве, транспортировке, хранении и реализации сельхозпродукции.

Разработка информационной инфраструктуры должна быть нацелена на реализацию стратегии развития сельского хозяйства в 2014-2020 гг. применительно к условиям каждого региона, в первую очередь для решения трех основных задач:

- опережающее создание в регионах единой информационной системы оперативного управления (ИСОУ) с использованием компьютеров и прикладных программ, экономико-математических методов и моделей (ЭММ), инфокоммуникационных технологий (ИКТ) и телекоммуникационных сетей (ТКС), а также формирование баз данных (БД) и баз знаний (БЗ), как важнейшего инструмента управления производственными процессами и бизнесом;

- проведение машинно-технологической модернизации сельскохозяйственного производства исходя из его экономического состояния, возможности быстрого освоения новых технологий производства сельскохозяйственной про-

дукции, эффективности деятельности региональных управленческих структур по разработке и реализации программных документов с привлечением НИИ при создании инновационных проектов, обеспеченности высококвалифицированными кадрами сельхозпредприятий, наличия и выделения необходимых ресурсов на эти цели и др.;

- оптимальное инвестирование роста объемов производства сельскохозяйственной продукции в заданном интервале ее рентабельности, обеспечивающего повышение оплаты труда рабочих и служащих сельхозпредприятий до уровня, соответствующего экономически-обоснованному использованию в них трудовых и материально-технических ресурсов.

ИСОУ региона должна функционировать на трех уровнях: региональном, районном и хозяйственном на основе применения единого автоматизированного информационно-технического комплекса (АИТК) и обеспечивать создание информационного фонда АПК региона. Она создается с целью повышения на каждом уровне эффективности использования материально-технических и трудовых ресурсов, освоения научных достижений и их широкого внедрения в производство, разработки прогнозных показателей хода производственных процессов и принятия оптимальных управленческих решений на основе следующих концептуальных положений:

- независимость источников информации и обеспечение «прозрачного» информационного доступа (за исключением особых условий) для всех пользователей системы к информационному фонду;

- единое информационно-правовое поле в интересах всех пользователей системы независимо от форм собственности;

- единые правила по структурированию и кодированию информации для информационного фонда региона;

- приоритетный доступ органов государственного управления к информационному фонду для незамедлительного решения организационно-технических вопросов и обеспечения безопасности и правопорядка;

- одновременное, ускоренное развитие ИСОУ на региональном и районном уровнях и в сельхозорганизациях, других предприятиях и организациях;

- социальная направленность информатизации;

- разработка и утверждение порядка и объемов финансирования работ по развитию информационных систем и телекоммуникационных сетей должны осуществляться с учетом выделения из них наиболее важных работ, которые позволят ускорить переход сельскохозяйственного производства на эффективные методы и формы управления.

Поэтому первоочередной задачей разработки и реализации концепции развития в регионах трехуровневой ИСОУ будет являться организация проведения комплексных исследований создания и совершенствования методов и форм оперативного управления на всех трех уровнях производства сельскохозяйственной продукции от формирования целевых задач на региональном уровне до внедрения в сельхозорганизациях типовых инновационных проектов по машинно-технологической модернизации и современных технологий обработки данных с принятием управленческих решений.

На рис. 1 приведена схема построения трехуровневой ИСОУ и перечень базовых технологий и информационных услуг, которые будут предоставлены пользователям указанной системы.

Для эффективного использования трехуровневой ИСОУ сельхозорганов и сельскохозяйственного производства работникам, участвующим в формировании и использовании оперативной информации, необходимо:

- освоить современные методы управления с применением компьютеров и информационных технологий, позволяющих непрерывное проведение анализа хода выполнения быстро протекающих процессов в растениеводстве и животноводстве и корректировки их хода с учетом изменяющихся ситуаций;

- максимально использовать перспективные технические средства сбора, передачи, обработки и хранения статистической и оперативной информации;

- повысить уровень знаний в области управления производственных процессов в сельском хозяйстве и применения инновационных проектов в своей деятельности.

Все три составляющие тесно взаимоувязаны и каждая из них зависит от развития и функционирования сельскохозяйственного производства от экономики сельхозорганизаций, формирования рынка сельхозпродукции, уровня механизации, обеспеченности кадрами и др.

Только при освоении перечисленных условий будет возможным правильно выбрать целевые задачи и показатели производства и переработки сельскохозяйственной продукции на указанных уровнях и их адаптацию к выполнению вполне

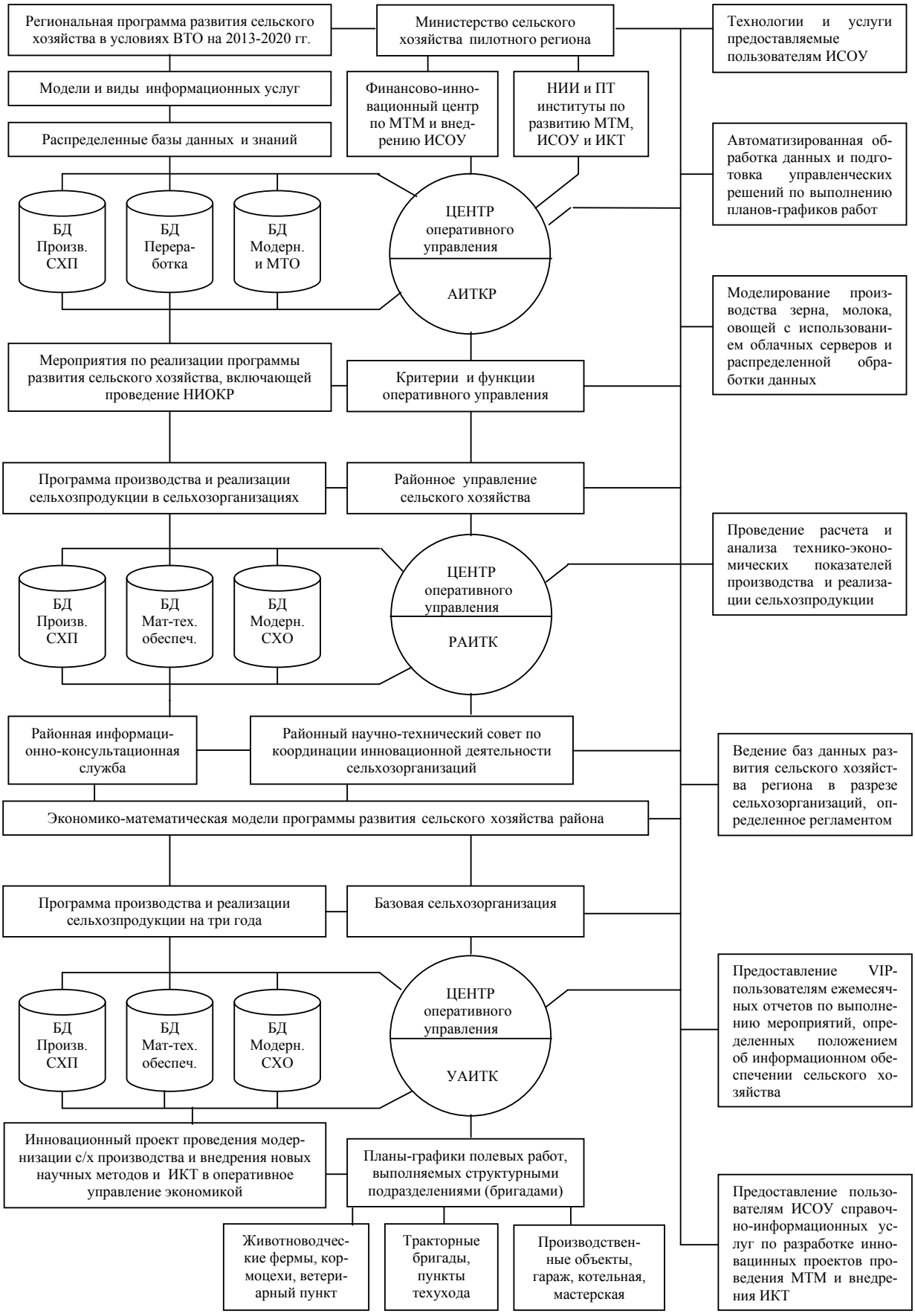

Рис. 1. Схема построения трехуровневой информационной системы оперативного управления пилотного региона

конкретных видов товарной продукции: молока, мяса, шерсти, яиц, зерна, овощей, фруктов, которые определяются технологией и организацией работы, и осуществить выбор программно-технических средств.

Необходимость такого подхода обусловлена тем, что широкое применение указанных средств в оперативном управлении сельскохозяйственным производством создаст предпосылки к совершенствованию экономического механизма производства сельхозпродукции с применением инновационных проектов и повышения эффективности деятельности аппарата регионального сельхозоргана, что будет способствовать уточнению показателей роста экономики.

Для этого требуется сформировать модели функционирования трехуровневой ИСОУ сельскохозяйственного производства региона, включающую региональный орган управления сельским хозяйством, его районные структуры и сельхозорганизации.

Основой разработки этих моделей должна являться Региональная программа развития сельского хозяйства в условиях ВТО на 2013-2020 гг. и ее информационная инфраструктура (или информационный фонд) управления производством и переработкой сельскохозяйственной продукции.

В информационном фонде на всех уровнях определяются показатели выполнения мероприятий по реализации указанной программы на основе средств и методов управления, осуществляемых аппаратом сельхозорганов, специалистами и руководителями сельхозорганизаций.

В этих целях в структуре ИСОУ сельскохозяйственного производства создаются специализированные центры оперативного управления с использованием автоматизированных информационно-технических комплексов (АИТК): на региональном уровне – АИТКР, на районном – РАИТК и на хозяйственном – унифицированный АИТК (УАИТК). Для их функционирования требуется организовать современные технологии обработки данных и локально-вычислительные системы (ЛВС) на основе конвергенции телефонных сетей общего пользования (ТфОП) и мобильной связи (МС), сетей передачи данных (СПД) традиционных и IP коммутации и программных приложений, обеспечивающих предоставление сельхозтоваропроизводителям современных информационных услуг для управления производственными процессами.

Однако эффективное решение создания и функционирования указанных ИСОУ будет возможно при условии разработки концепции развития информатизации в сельском хозяйстве страны, в которой должны быть определены соответствующие подсистемы и перечень законодательных актов по их созданию. По результатам исследований в информационную систему сельского хозяйства страны в первую очередь, должны быть включены четыре подсистемы: государственная, научно-образовательная, научно-производственная и оперативно-производственная, предоставляющие соответствующие информационные услуги органам государственного управления, сельхозорганизациям, другим предприятиям АПК, НИИ, вузам, ЛПХ, населению.

Исходя из общих принципов создания указанных подсистем на федеральном уровне как по назначению, так и по видам предоставления информационных услуг, необходимо разработать и утвердить технические требования (ТТ) к построению ИСОУ региона. При этом в разрабатываемые ТТ должны быть включены три раздела: стандартизация методов и качества управления, организационно-правовой и проектно-технологический.

Для обеспечения эффективной работы ИСОУ региона должны быть определены основные задачи деятельности организаций и предприятий АПК, разработаны положение, критерии и функции оперативного управления сельхозпроизводством и переработкой на каждом уровне.

На региональном уровне основной задачей аппарата регионального сельхозоргана является организация выполнения программы развития сельского хозяйства в условиях ВТО на 2013-2020 гг. и дальнейшее совершенствование функций оперативного управления системы в целом, позволяющей обеспечить своевременное выполнение предприятиями и организациями АПК возложенных на них задач по производству и реализации сельскохозяйственной продукции на основе утвержденных производственных и технико-экономических показателей.

В структуре сельхозоргана также предусматриваются подразделения по руководству научно-исследовательскими и проектно-технологическими работами и положение по их функционированию.

Проведенный анализ деятельности различных структур региональных и районных сельхозорганов за 1981-1991 и 2005-2011 годы с учетом развития рыночной экономики показал, что их основными целевыми задачами в 2013-2020 гг. будут являться:

- формирование рынка сельхозпродукции и создание системы ценообразования в АПК;

- повышение плодородия почвы и охраны окружающей среды на основе новых технологий;

- внедрение инноваций и достижений науки в производство, переработку, организацию и управление;

- ускорение социального развития села с повышением доходов и качества уровня жизни населения;

- определение и утверждение порядка и ежегодных объемов предоставления сельхозтоваропроизводителям производственно-технических, строительных, научных, технологических, информационных и других работ и услуг;

- разработка и реализация мероприятий по выполнению установленных заданий роста производства;

- создание условий повышения качества продукции и подготовки кадров, улучшения материально-технического обеспечения (МТО).

В соответствии с указанными целевыми задачами Региональная ИСОУ должна формировать информационный фонд и осуществлять ведение баз данных:

- по производству сельскохозяйственной продукции, включающей: описание действующих структур управления, информацию по экономике, технологиям, механизации производственных процессов, кадровой политики, конъюнктуре рынка и др., а также перечень законодательных актов и нормативных актов и др., определяющих задачи и функции региональных и районных структур управления сельскохозяйственным производством;

- по переработке сельскохозяйственной продукции, включающей: характеристику предприятия по переработке, видам и объемам производства продукции, технологию производства отдельных видов продукции, технико-экономические показатели производительности труда и др.;

- по машинно-технологической модернизации, включающей: показатели разработки проектной документации и структуры инвестиций, уровень материального обеспечения производства сельскохозяйственной продукции, внедрения инновационных проектов и их эффективности и др.

На рис. 2 приведена схема построения региональной ИСОУ.

Рис. 2. Схема построения ИСОУ регионального уровня

Как видно из приведенной схемы, результатом деятельности аппарата регионального сельхозоргана являются подготовка и формирование рекомендаций (мероприятий) и управленческих решений по реализации региональной программы развития сельского хозяйства в условиях ВТО на 2013-2020 гг., осуществляемых с помощью трехуровневой ИСОУ региона. Указанные рекомендации доводятся до районных управлений сельского хозяйства с целью подготовки предложений по внедрению в сельхозорганизациях типовых инновационных проектов по МТМ и развитию ИСОУ и ИКТ. Одновременно дается поручение по выбору модельных

и базовых сельхозорганизаций, в которых будут проводиться комплексные исследования по совершенствованию организации и управления сельскохозяйственным производством с использованием АИТК.

На районном уровне основной задачей управления сельского хозяйства будет являться организация помощи сельхозпредприятиям и фермерским хозяйствам в выполнении установленных объемов работ на основе улучшения использования земли, материальных и трудовых ресурсов и других мероприятий, осуществление которых обеспечит выполнение целевых задач производства сельхозпродукции и внедрение инновационных проектов по МТМ и развитию ИСОУ в сельхозорганизациях.

В целях повышения эффективности ИСОУ при внедрении указанных проектов специалисты райсельхозуправления должны подготавливать предложения по привлечению научно-исследовательских и проектных организаций, обеспечивающих разработку и внедрение новых методов и технических средств в оперативное управление.

Это позволит совместными усилиями специалистов райсельхозуправления и сельхозорганизаций осуществить мероприятия, направленные:

- на обоснование и выбор технологических операций и показателей, подлежащих контролю и анализу;
- на разработку рекомендаций по улучшению МТО сельхозорганизаций;
- на подготовку графиков работ выполнения установленных заданий по объемам производства, переработки и реализации сельскохозяйственной продукции;
- на повышение эффективности оперативного управления производственными процессами на уровне бригад, ферм и других подразделений сельхозорганизации;
- на периодическое уточнение и согласование с сельхозорганизациями перечня показателей контроля за выполнением технологических операций и их анализ для формирования БД.

Освоение специалистами сельхозорганизаций указанных мероприятий будет зависеть от влияния различных факторов, снижающих эффективность управления, и при их определении эти специалисты должны обеспечить:

- устранение потерь рабочего времени и улучшение использования машинно-тракторного парка и автопарка;
- сохранность продукции на всех этапах ее производства, заготовки, транспортировки, переработки, хранения и реализации;
- формирование баз данных по выполнению основных технологических операций в растениеводстве и при производстве молока;
- рациональное использование удобрений и других средств химизации;
- постоянную техническую готовность машинно-тракторного парка и оборудования;
- своевременное проведение ремонта и технического обслуживания имеющегося оборудования.

Создание и освоение организационно-экономического механизма внедрения экономико-математических методов и моделей развития сельского хозяйства района или устранения нарушений позволит специалистам сельхозорганов совместно с работниками информационно-консультационной службой осуществить прорыв во внедрении формализации функций и стандартов качества управления аналогичных с западными MRP-II, ERP, COSRP.

Для реализации указанного механизма может быть предложен четырехэтапный процесс разработки плана выполнения расчета сложных задач оперативного управления, включающий четыре этапа:

- формирование и постановка цели, которую должен достичь управляемый объект в процессе его функционирования;
- сбор и подготовку информации о состоянии управляемого объекта;
- доработку полученной информации с целью осуществления внедрения оптимизационных задач или получения необходимого решения, если произошло нарушение запланированного процесса функционирования объекта;
- выдачу и доведение до объекта результатов расчета или решений по ликвидации нарушений в процессе функционирования объекта.

Одной из важных задач внедрения инновационных проектов в сельхозорганизациях, осуществляемых специалистами райсельхозуправления, научно-исследовательскими институтами и районной информационно-консультационной службой является освоение экспертных систем и экономико-математических моделей в управлении районным звеном (рис. 3).

Широкое внедрение указанных моделей в сельхозорганизациях будет возможным только после проведения соответствующих исследований и разработки бизнес-плана, определяющего объемы инвестиций, риски и способ возврата кредита, если отсутствуют собственные средства.

В этих целях в пилотных регионах должны быть созданы 2-3 модельных объекта (самодостаточные сельхозорганизации), в которых производится продукция животноводства и растениеводства и 12-16 базовых сельхозорганизаций с различным экономическим уровнем кроме убыточных. Полученные результаты исследований (показатели расчета технологических карт и эффективности внедрения ИКТ) в модельных сельхозорганизациях будут использованы при разработке инновационных проектов в базовых сельхозорганизациях. Обобщенные показатели результатов внедрения инноваций в последующем будут использованы как нормативная база для широкого их применения в инновационных проектах.

На рис. 3 приведена схема построения районной ИСОУ.

Рис. 3. Схема построения ИСОУ районного уровня

Вместе с тем, создание в районном звене современной высокотехнологической информационной системы с интеллектуальной платформой является сложной научно-технической проблемой, решение которой может быть осуществлено только при условии создания в ведущих отраслевых НИИ специализированных лабораторий или отделов, обеспечивающих разработку и проектирование систем управления на основе ЭММ и компьютерных технологий и кафедр в подготовке и переподготовке специалистов сельского хозяйства, в первую очередь, направленных в те районы, где будут проводиться указанные работы.

На уровне сельхозорганизации руководители и специалисты должны сосредотачивать внимание на осуществление качественно нового подхода и приспособляемости к внешним факторам, таких как постоянное усложнение функционирования сельскохозяйственного производства, вызванного участившимися неблагоприятными погодными условиями; нестабильностью финансовой поддержки государства; конъюнктурой сельскохозяйственного рынка и ростом цен на материально-технические ресурсы; диспаритет цен на технику и материалы и закупочные цены и др.

Пока решений, которые могли удовлетворить сельхозтоваропроизводителей по устойчивому развитию и исключению убытков и разорения сельскохозяйственного производства не найдено, то управление технологиями и экономикой продолжает осуществляться эмпирически, без учета научных достижений в совершенствовании его организации.

В связи с этим в структуру ИСОУ сельхозорганизации необходимо ввести ряд обязательных регламентов, критериев и организационно-экономических функций, позволяющих в определенных рамках блокировать воздействие негативных факторов, что следует из приведенной на рис. 4 схемы ее построения.

Рис. 4. Схема построения ИСОУ сельхозорганизации

Поэтому дальнейший рост производства сельхозпродукции будет возможен только при условии оснащения сельхозорганизаций компьютерами с необходимым набором прикладных программ, освоения руководителями и специалистами современных методов и моделей для решения комплексных оптимизационных задач выполнения установленных объемов работ и повышения влияния государства на формирование последовательной аграрной политики в области широкого внедрения в сельскохозяйственное производство информатизации и эффективного менеджмента.

Другими словами, государство должно участвовать в совершенствовании форм и методов организации труда и управления путем долевого финансирования разработки типовых программных комплексов ИСОУ региона, используемых в планировании и анализе целевых и внутрихозяйственных задач производства и реализации сельскохозяйственной продукции.

К таким задачам на уровне сельхозорганизации будут относиться:

- разработка мероприятий выполнения программы производства и реализации сельскохозяйственной продукции на 1-3 года и перечня контролируемых показателей по видам, объемам и срокам ее получения;

- разработка отраслевой структуры и размещения сельскохозяйственных культур;

- разработка плана повышения плодородия почвы и охраны окружающей среды;

- планирование и контроль продукционных процессов и технологических операций, выполняемых структурными подразделениями;

- разработка и корректировка оперативных планов-графиков работ в растениеводстве и животноводстве с ежегодным анализом их выполнения в автоматизированном режиме;

- планирование и реализация инвестиций на модернизации производственно-технологической базы, социальное развитие и творческий рост коллектива.

Для их освоения необходимо создать в сельхозорганизации современную эффективную информационную инфраструктуру на основе повышения квалификации работников и приема молодых специалистов, приобретения и ввода в действие УАИТК с прикладными программами, внедрение инновационной экономики и ИКТ, формирование информационного фонда с базами данных и знаний.

Важным этапом развития ИСОУ Региона является формирование инновационной политики на всех трех уровнях управления, удовлетворяющая требования сбалансированного развития отраслей, создание условий роста инвестиций и мотивации труда работников сельского хозяйства. При этом на региональном и районном уровнях осуществляется подготовка технических и финансовых документов, тогда как в сельхозорганизации они реально должны воплощаться в действующую систему.

Успешное развитие трехуровневой ИСОУ Региона будет возможным при условии привлечения ведущих научно-исследовательских ин-

ститутов Россельхозакадемии, поручив им обеспечить разработку и испытание опытной ИСОУ пилотного региона в 2014-2016 гг. на примере внедрения подсистемы производство зерновых культур, на базе которой может быть отработана качественно новая организационно-технологическая структура управления сельскохозяйственным производством, обеспечивающая взаимосвязь государственных органов управления отраслью, науки, образования и бизнеса. Поэтому для создания опытной ИСОУ необходимо издать правовой документ Минсельхоза России и Россельхозакадемии.

В целях повышения эффективности и качества функционирования ИСОУ в указанную структуру вводится системный администратор, обеспечивающий ведение баз данных и контроль за выполнением регламентов, мероприятий и соглашений, что позволит формализовать функции руководителей и специалистов сельхозорганизации и перейти к оптимизации информационных процессов.

Разработка научных основ развития ИСОУ. Дальнейшее развитие сельского хозяйства выдвигает перед руководителями всех рангов более жесткие требования к организации оперативного управления производственными процессами, и эти требования будет сложно выполнить без совершенствования существующей производственной структуры и внедрения научных методов организации производства и управления им.

Поэтому необходимо незамедлительно приступить к проведению комплексных исследований и опытного внедрения инфокоммуникационных систем и технологий в сельскохозяйственное производство, с обеспечением подготовки руководителей и специалистов в использовании современных программно-технических средств и организационно-экономических методов оперативного управления, которые позволят определить востребованность вычислительной техники и методов управления.

Потребность в проведении указанных исследований диктуется общественными требованиями к экономике аграрного сектора страны, состоящими в увеличении производства отечественной сельскохозяйственной продукции, росте ее конкурентоспособности и необходимости достижения продовольственной безопасности.

Вместе с тем, проводимые исследования показали, что несмотря на относительно стабильный рост объемов внедрения средств связи и ИКТ в ведущих отраслях народного хозяйства, где они финансируются за счет бизнеса, а затраты окупаются за 3-5 лет, в сельском хозяйстве такой механизм их инвестирования действует только в крупных сельхозпредприятиях, имеющих ежегодную выручку от реализации сельхозпродукции более 100 млн. руб. с уровнем ее рентабельности не менее 25%.

Однако доля крупных сельхозпредприятий от общего их количества в стране составляет около 8-10%, тогда как большая часть сельхозпредприятий (65-70%) и практически все фермерские хозяйства функционируют за счет краткосрочных кредитов и лизинга на покупку ограниченного набора сельхозтехники, а компьютеры в них используются в основном для бухгалтерского учета и простых экономических расчетов.

Поэтому в этих сельхозорганизациях информатизация производственных процессов осуществляется только по их инициативе без наличия основополагающих технико-экономических обоснований и проектно-технических решений их построения, без координации и бюджетной поддержки, которая должна быть направлена на создание единой информационной инфраструктуры АПК регионов.

Учитывая востребованность крупных сельхозорганизаций и животноводческих комплексов в формализации функций специалистов ИСОУ и использовании современных экономико-математических методов и моделей развития агропродовольственных систем разного уровня иерархии, требуется агрегирование оперативной информации о производственных возможностях сельхозорганизаций при решении сложных оптимизационных и многофакторных задач управления экономикой с использованием Интернет-технологий, для чего необходимо разработать 10-15 типовых программных комплексов.

Наряду с этим для средних сельхозорганизаций должны быть разработаны и внедрены ИСОУ, позволяющие улучшить использование производственного потенциала этих сельхозорганизаций и создать соответствующие базы данных.

Учитывая значительное отставание сельскохозяйственного производства в использовании современных средств вычислительной техники и телекоммуникаций, НИИ Россельхозакадемии должны принять меры по активизации и ускорению разработки единой информационной инфраструктуры сельского хозяйства на основе проведения комплексных исследований и опыт-

ного внедрения ИСОУ в пилотных регионах, включающих 4 раздела.

1. Исследование методов совершенствования оперативного управления в сельском хозяйстве регионов с различным экономическим потенциалом, обеспечивающих, выполнение требований по улучшению качественных показателей сельскохозяйственного производства.

2. Составление оптимального перечня задач и показателей оперативного управления для напряженных периодов производства сельскохозяйственной продукции и разработка рекомендации по трехэтапному внедрению ИСОУ в базовых сельхозорганизациях. Рекомендации должны включать следующие пункты: упорядочение структуры ИСОУ; разработка и освоение автоматизированной технологии сбора и обработки оперативной информации и методов формализации функций специалистов с применением УАИТК; создание интеллектуальной платформы оперативного управления.

3. Разработка, приобретение и адаптацию прикладного программного обеспечения (ППО), решающего общесистемные задачи оперативного управления и внутрихозяйственных задач для трех типов сельхозорганизаций: крупное многоотраслевое; молочный животноводческий комплекс и крупное фермерское хозяйство, специализирующееся на овощной продукции.

4. Проектирование, ввод в эксплуатацию и испытания ИСОУ в базовых сельхозорганизациях, осуществляющих машинно-технологическую модернизацию сельскохозяйственного производства, широкое внедрение новых информационно-консультационных услуг и отработку методов применения хозрасчета в производственных структурах крупной сельхозорганизации.

Предложения по организации внедрения ИСОУ региона. В целях реализации результатов исследований необходимо:

- разработать проект программы НИОКР на 2013-2016 гг., включающей проведение комплексных исследований и опытное внедрение по созданию и совершенствованию единой трехуровневой информационной системы оперативного управления (ИСОУ) региона;

- определить ГНУ ВИАПИ им. А.А. Никонова головной организацией по координации НИОКР, выполняемых в рамках указанной программы;

- рассмотреть вопрос о создании при ГНУ ВНИИЭСХ Межведомственного научно-методического совета по совершенствованию управления сельским хозяйством, включающий 5-6 секций, одна из которых должна выполнять «Информационное обеспечение оперативного управления сельскохозяйственного производства.

Принимая во внимание, что в настоящее время около 20% региональных сельхозорганов могут приступить к системному внедрению ИКТ в сельхозорганизациях и фермерских хозяйствах, ГНУ ВИЭСХ и ГНУ ВИАПИ им. А.А. Никонова готовы принять участие в разработке планов НИОКР на 2014-2016 гг. по тематике на разработку и реализацию проекта развития единой трехуровневой информационной системы оперативного управления в сельском хозяйстве на примере двух пилотных регионов.

УДК 631.1

ОПТИМИЗАЦИЯ ЧИСЛЕННОСТИ И КАДРОВОГО СОСТАВА УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РАБОТНИКОВ КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ

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

В статье рассматривается вопрос оптимизации численности и кадрового состава руководителей и специалистов предприятий аграрного сектора АПК. Проведенный комплексный анализ современного состояния и динамики движения управленческих кадров с учетом влияния на них явлений и процессов, происходящих в настоящее время в экономике отрасли, позволяет обосновать, что оптимизация численности и кадрового состава управленческих работников является фактором повышения эффективности функционирования сельхозорганизаций. Суть и содержание процесса оптимизации численности и кадрового состава управленческих работников имеет свою специфику, которая вытекает из характера, содержания и особенностей управленческого труда.

Ключевые слова: *оптимизация; численность; управленческие работники; руководители и специалисты; издержки; затраты.*

The article considers the question of optimization of the population and staffing of managers and personnel structure of the enterprises of the agrarian sector of agrarian and industrial complex. A comprehensive analysis of the modern state and dynamics of movement of the managerial personnel taking into account the impact on them of manifestation and processes occurring at the present time in the economy industry, allows to substantiate that the optimization of the population and personnel management staff is a factor of increase of efficiency of corporate farms. The essence and content of the process of optimization of population and staff of managers has its own specifics, which follows from the nature, content and characteristics of administrative work.

Keywords: *optimization; population; employees; managers and specialists; costs; expanses.*

Быстро меняющаяся экономическая ситуация в аграрном секторе, вызванная становлением и развитием рыночных отношений, предъявляет все новые требования к экономическим механизмам функционирования предприятий, к управлению ими. Чтобы производство работало эффективно, недостаточно закупить оборудование и наладить технологию выпуска сельхозпродукции. Основная часть производственного процесса — это работа кадров. Если руководитель сможет не только научить работников качественно выполнять ежедневную работу, но и заинтересовать их в постоянном улучшении результатов деятельности, то сельхозпроизводство будет работать слаженно и эффективно. И основная роль в повышении эффективности производства организаций аграрного сектора АПК отводится именно работникам управленческого аппарата.

Кадры управления представляют решающий и наиболее активный элемент системы управления: они вырабатывают цель деятельности, обеспечивают нормальное функционирование объекта управления и достижение поставленной цели [1]. От их умения руководить, находить правильные решения и воплощать эти решения в жизнь в большой степени зависит успех всей организационной деятельности сельхозпредприятий.

Становление и развитие рыночных отношений в аграрной сфере, формирование многоукладной экономики и новых организационно-правовых форм предприятий, обеспечение экономической эффективности производства во многом зависят от уровня подготовки и деловых качеств управленческих кадров. Рынок предъявляет принципиально новые требования к руководителям и специалистам, частным предпринимателям. Теперь им приходится работать в новой организационной системе взаимодействия крупных, средних и мелких предприятий, являющихся самостоятельными товаропроизводителями, действующими в рыночной среде. В этих условиях диапазон их деятельности расширяется за счет экономико-аналитических, прогнозных, научно-консультативных функций. Современному агропромышленному производству требуются качественно новые кадры, способ-

ные быть не просто руководителями, специалистами, но и предпринимателями, владеющими производственным и финансовым менеджментом, способными руководить коммерческими организациями, глубоко анализировать, прогнозировать и обеспечивать высокие экономические показатели их хозяйственной деятельности [1].

Потребности сельскохозяйственных организаций в управленческих кадрах меняются с течением времени под воздействием ряда внешних и внутренних факторов. В связи с этим необходимо постоянно изучать структуру расходов на управленческие кадры, анализировать причины увеличения и степень их оптимальности. При заниженной численности руководителей и специалистов сельскохозяйственные предприятия не могут выполнить требуемый объем запланированных работ и производства продукции, при завышенной численности увеличиваются затраты на его содержание. Административно-управленческие расходы сельхозпредприятий – расходы на содержание аппарата управления и его обслуживание. В данные расходы включаются затраты на заработную плату (основную и дополнительную) управленческих работников; на служебные командировки, канцелярские, типографские, почтово-телеграфные и телефонные расходы, мобильную связь, интернет, расходы на легковой транспорт, содержание и текущий ремонт инвентаря и зданий административно-управленческого назначения, содержание охраны и т.п. Их величина определяется в основном численностью управленческих кадров. В общей сумме административно-управленческих расходов фонд заработной платы составляет примерно три четверти всех расходов.

Как видно, издержки на управленческие кадры занимают высокую долю в структуре совокупных расходов сельхозпредприятий. Снижению данных расходов способствуют комплексные мероприятия, направленные, в том числе, на оптимизацию организационно-кадровой структуры и численности управленческих кадров, улучшение организации и технической оснащенности их труда. Оптимальным будет такой кадровый состав руководителей и специалистов сельхозпредприятий в количественном и качественном отношении, который в состоянии реализовать стратегию и основные задачи сельхозпроизводства, обеспечить капитализацию и прибыльность, развитие предприятий, организаций, гибкость и адаптивность к изменениям внешней среды.

Практически все исследователи сходятся в том, что российское село переживает системный кризис, который проявляется прежде всего в кризисе сельскохозяйственного производства. Кризис сельскохозяйственного производства выражается в его низкой конкурентоспособности и высоких издержках, в массовом высвобождении работников из сферы коллективного сельхозпроизводства, в резком ухудшении качественного состава кадров агропромышленного комплекса [2]. Кадровое обеспечение сельскохозяйственного производства не отвечает современным требованиям как в количественных, так и в качественных показателях. Проблемы обеспечения сельскохозяйственной отрасли квалифицированными руководителями и специалистами многие годы остаются острыми. Аграрный рынок труда стабилизируется медленно, социально-ориентированные отношения развиты слабо [3]. Недостаточная обеспеченность трудовыми ресурсами зачастую приводит к невыполнению запланированного объема работ, несоблюдению оптимальных агротехнических сроков их проведения, а в конечном счете, к сокращению объема производства сельскохозяйственной продукции.

Особенно важно отметить, что за период реформирования в стране существенно ухудшились демографические и социально-экономические показатели, характеризующие сельскую экономику. Большинство сельских жителей не получают достойного вознаграждения за свой тяжелый труд, тем самым не могут обеспечить нормального воспроизводства новых поколений работников. Обострились проблемы формирования квалифицированных кадров и эффективности использования трудовых ресурсов. Сформировавшийся аграрный рынок труда в значительной степени разбалансирован, не способствует рациональному распределению трудовых ресурсов сельского хозяйства, следовательно, нуждается в его регулировании.

В отличие от стран с рыночной экономикой, в Советском Союзе регулирование рынка труда почти полностью осуществлялось государством. Предполагалось, что начало реформ 90-х годов прошлого века практически сразу приведет к становлению рыночных механизмов поиска и подбора кадров во всех отраслях экономики России. Однако в аграрном секторе этого не произошло, прежде всего, в силу особенностей переходного периода, в том числе неудовлетворительного развития экономики данной отрасли. Как следствие, большинство сельскохозяйственных организаций страны испытывает недостаток в квалифицированных руководителях и специалистах, причем такая ситуация

наблюдается во всех регионах России [4]. Прежние коллективные хозяйства аграрного сектора АПК находились под полным контролем государства, существовала плановая централизованная система регулирования хозяйственной деятельности сельхозпредприятий, в том числе путем подготовки, переподготовки и аттестации кадров, направленных, прежде всего, на формирование четко заданных требований профессионально-должностного состава руководителей и специалистов [2]. Осуществление массовой приватизации бывших государственных предприятий АПК, получение ими хозяйственной самостоятельности, привели к исчезновению такой системы, позволявшей централизованно регулировать все стороны хозяйственной деятельности предприятий. Возникла потребность в высококвалифицированных специалистах, а также в руководителях, владеющих методами управления сельскохозяйственным производством в условиях рыночной экономики. Вместе с тем, решить самостоятельно вопросы привлечения высокопрофессиональных руководителей и специалистов, подготовки и переподготовки трудовых ресурсов необходимой квалификации и т.п. большинство предприятий аграрного сектора АПК не могут [2].

Проводя комплексный анализ современного состояния и динамики движения управленческих кадров (в целом по системе Минсельхоза РФ по данным отчетности за 2000-2011 гг.) с учетом влияния на них явлений и процессов, происходящих в настоящее время в экономике отрасли, а также демографической ситуации в сельском хозяйстве, можно определить следующие тенденции [5].

За последние годы управленческий потенциал российского АПК значительно сократился. В целом по Минсельхозу РФ численность руководителей и специалистов (всего) аграрного сектора АПК только за 2000-2011 гг. сократилась на 47,4%. Так, в 2000 году численность фактически работающих составляла 624 293 чел., в 2011 году – 328 279 чел. (рис. 1).

При этом снижение численности специалистов (всего) за исследуемый 11-летний период в 2000-2011 гг. наблюдалось по всем службам сельскохозяйственных организаций: инженерно-технической (60,3%), ветеринарной (54,8%), зоотехнической (54,2%), агрономической (52,0%), экономической (51,8%).

Обеспеченность отрасли руководящими работниками и специалистами, то есть фактическое наличие по отношению к штатной численности,

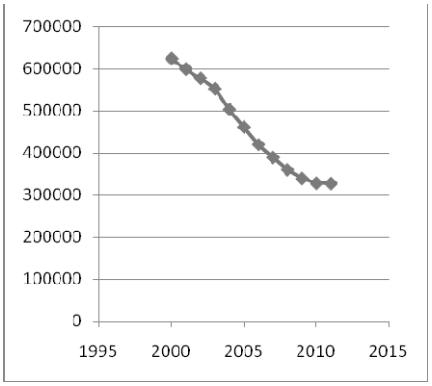

Рис. 1. Фактически работающие руководители и специалисты (всего, чел.) в сельскохозяйственных организациях Минсельхоза РФ за период исследования 2000-2011 гг.

также имеет тенденции к снижению: численность руководителей и специалистов (всего) составляла 94,8% штатно-нормативной потребности в 2011 г. по сравнению с 95,3% в 2000 г.

Укомплектованность штата руководителями сельхозпредприятий за исследуемый период в целом по системе Минсельхоза РФ составляла 98,6% штатно-нормативной потребности в 2011 г. по сравнению с 99,3% в 2000 г.

Укомплектованность штата сельхозорганизаций специалистами (всего, включая главных специалистов) – составляла 93,6% в 2011 г. по сравнению с 94,4% в 2000 г.

Тенденции к снижению укомплектованности штата специалистами продолжали сохраняться в 2011 г. по всем службам сельскохозяйственных организаций (табл. 1).

Таблица 1

Укомплектованность штата служб сельскохозяйственных организаций специалистами (в целом по Минсельхозу РФ, 2011 г. [5])

Служба сельскохозяйственной организации	Штатная потребность, чел.	Фактическая численность, чел.	Укомплектованность штата, %
Инженерно-техническая	30 563	28 277	92,5
Ветеринарная	24 358	22 154	91,0
Зоотехническая	16 734	14 860	88,8
Агрономическая	19 826	17 639	89,0
Экономическая	12 954	11 838	91,4

Тенденции к снижению численности руководителей и специалистов (всего) сельхозорганизаций наблюдаются во всех федеральных округах РФ (рис. 2).

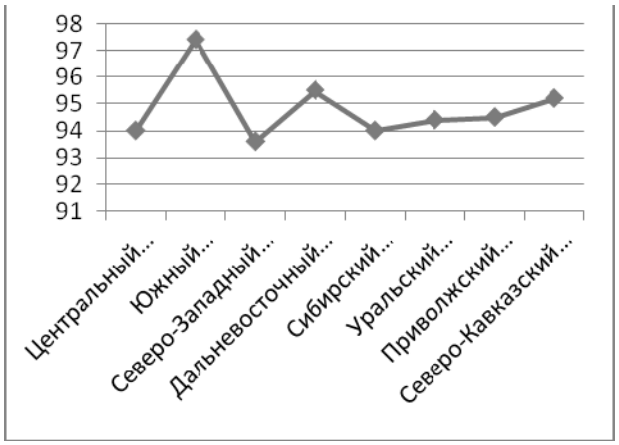

Рис. 2. Укомплектованность штата руководителями и специалистами (всего, в % к штату) по федеральным округам России, 2010 г.

Несмотря на сокращение количества хозяйствующих субъектов в отрасли их насыщенность управленческими кадрами в динамике уменьшается, при этом происходит ухудшение качественных показателей кадров управления, в частности уровня образования, возрастных характеристик среди всех категорий управленцев. В процессе аграрных преобразований существенно снизились социально-профессиональные показатели руководителей и специалистов по уровню образования, возрасту, стажу управленческой деятельности, возросла текучесть кадров [6]. Наиболее грамотные, предприимчивые агрономы и ветврачи, экономисты и организаторы сельскохозяйственного производства предпочитают искать свою работу вдали от профессиональных интересов.

Высокий уровень текучести кадров руководителей и специалистов является негативным моментом в работе сельскохозяйственных предприятий. Так, по данным годовой отчетности Минсельхоза России (в целом по МСХ РФ) в 2010 г. сменилось руководителей и специалистов (всего) 32519 чел., или 9,9% от числа фактически работающих, а в 2011 г. - 32941 чел., или 10,0% от числа фактически работающих в сельхозорганизациях. Тенденция увеличения текучести кадров данной категории работников сохраняется, для сравнения можно отметить, что в 2000 г. этот показатель составлял 8,7%.

Анализируя группы управленческих работников, которые различаются по возрасту, полу, образованию, профессии, специальности, квалификации, стажу работы и занимаемым должностям, в целом по системе МСХ РФ, можно отметить, что доля руководителей сельхозпредприятий в общем количестве руководителей и специалистов составляла 7,0% в 2011 г. по сравнению с 4,4% в 2000 г. Доля специалистов сельхозпредприятий в общем количестве руководителей и специалистов составляла 60,8% в 2011 г. по сравнению с 68,7% в 2000 г.

Из числа фактически работающих руководителей и специалистов (включая главных) – женщины составляли более половины от общей численности: в 2010 г. – 51,0%, в 2011 г. – 50,9%. Причем численность женщин, занимающих должности руководителей сельхозпредприятий из фактически работающих, увеличивается: 12,5% в 2011 г. по сравнению с 9,9% в 2000 г. Те же тенденции можно отметить, изучая численность женщин, занимающих должности специалистов в общей численности фактически работающих специалистов сельхозпредприятий (включая главных): 58,4% в 2011 г. по сравнению с 53,5% в 2000 г. Наибольшую численность женщины из фактически работающих специалистов в 2011 г. занимали в службах (всего): ветеринарной - 51,2%; зоотехнической - 57,1%; экономической - 80,3%; бухгалтерской - 91,7%.

Численность женщин из фактически работающих специалистов коммерческих служб (маркетинговой, коммерческой, снабженческой) составляла 61,1% в 2011 г. по сравнению с 46,3% в 2000 г., юридических служб - 58,1% в 2011 г. по сравнению с 47,8% в 2000 г. В целом по системе МСХ РФ численность женщин-руководителей среднего звена также имеет тенденцию к увеличению: 41,0% в 2011 г. по сравнению с 31,4% в 2000 г.

Исследования показали, что произошедшие изменения в управленческом потенциале отрасли, характеризуются в том числе и следующими тенденциями: старением кадров, резким снижением притока молодых управленцев на село и низкой их закрепляемостью на производстве, нарушением процесса ротации, увеличением их сменяемости.

Прогрессирующее старение сельского населения создает дисбаланс между потребностью в молодых кадрах и их наличием. На долю (удельный вес) специалистов (всего, включая главных) моложе 30 лет в аграрном секторе АПК приходилось по данным Минсельхоза России (в целом по системе МСХ РФ) в 2010 г. - 13,3%, в 2011 г. - 13,7%; на долю руководителей моложе 30 лет в 2010 г. - 3,1%, в 2011 г. - 3,6%.

На долю специалистов (всего, включая главных) старше 55 лет (женщины) и 60 лет (мужчины) в аграрном секторе АПК приходилось по данным Минсельхоза России (в целом по системе МСХ РФ) в 2010 г. - 8,2%, в 2011 г. - 8,4%;

на долю руководителей в 2010 г. - 10,0%, в 2011 г. - 11,8%.

Объяснить данную тенденцию можно следующими причинами. В условиях рыночных отношений руководители – люди, как правило, зрелого возраста – не спешат создавать условия для продвижения молодых способных кадров, поскольку для них это потенциально означает уступить место молодым, пополнить ряды безработных или пенсионеров, ухудшить свой материальный уровень. С другой стороны, далеко не все выпускники аграрных вузов решают связать свою жизнь с работой в сельском хозяйстве. И тому есть веские причины: низкий уровень заработной платы, отсутствие жилья и социальной инфраструктуры на селе. Во многих хозяйствах количество людей работоспособного возраста уменьшается – уходят пенсионеры, и заменить их часто просто некем. При этом во многих хозяйствах разворачивается техническое перевооружение, на предприятия поступает новое, гораздо более сложное оборудование, то есть требования к руководителям и специалистам все время растут.

Рыночная система хозяйствования потребовала совершенствования как состава, так и структуры трудового потенциала агропромышленного комплекса. Управленческие кадры и специалисты сегодня должны не только обладать знаниями технологий производства и переработки сельхозпродукции, но и в совершенстве владеть агромаркетингом, финансовым менеджментом, то есть теми дисциплинами, которые являются определяющими для успешного функционирования в конкурентной среде. По ряду экспертных оценок спад сельскохозяйственного производства происходит не только из-за нехватки финансовых ресурсов и разрушения производственного потенциала, но в первую очередь из-за отсутствия квалифицированных кадров в отрасли, их недостаточного воспроизводства [7]. Высокое профессиональное мастерство, образованность и культура становятся все более необходимыми для работников отраслей агропромышленного комплекса и особенно для сельского хозяйства [3].

Рыночные преобразования аграрного сектора АПК, создание эффективных моделей межхозяйственного взаимодействия сельхозпредприятий сталкиваются с недостаточным образовательным уровнем трудовых ресурсов. Так, по данным Минсельхоза России среди руководителей и специалистов (всего) сельхозорганизаций аграрного сектора АПК в 2011 г. имели высшее образование только 42,0%, профессиональное - 45,3%.

Профессионально-квалификационная структура руководителей сельхозпредприятий не отвечает требованиям рыночной экономики. В настоящее время из-за отсутствия эффективных кадровых технологий государство, затрачивая на подготовку специалистов значительные бюджетные средства, не получает должной отдачи в решении данных вопросов [8]. Рыночные отношения выдвинули принципиально новые требования к профессиональной квалификации и уровню компетентности специалистов, при этом особую значимость приобретают исследования качественных характеристик квалифицированной рабочей силы, рассмотрения потенциала, который обеспечивает конкурентоспособность на рынке труда сельскохозяйственной отрасли [9].

Усугубляет положение с управленческими кадрами в сельхозорганизациях неблагоприятная демографическая ситуация, вследствие которой развивается тенденция сокращения численности сельского населения и в целом трудоспособного потенциала. Сельское население ежегодно уменьшается. Усиливается несоответствие между его численностью, трудовыми ресурсами и громадными размерами сельских территорий, что влечет за собой рост производственной нагрузки на кадры. Трудовые ресурсы сельского хозяйства отличаются территориальной дисперсностью, рассредоточенностью по многочисленным сельским поселениям. Наблюдается неравномерное размещение трудовых ресурсов: в одних регионах их не хватает, в других – наблюдается избыток. Увеличиваются размеры межрегиональной трудовой миграции. В 2011 г. размеры выезда на работу за пределы своего субъекта Российской Федерации вновь увеличились. Из числа выезжающих на работу за пределы своего субъекта РФ 28,8 тыс. человек были заняты в сельском хозяйстве [10].

Как видно из проведенного анализа, оптимизация численности – это отнюдь не только сокращение штатов. В современных условиях оптимальность определяется с точки зрения экономической и социальной эффективности. Она имеет две стороны: количество и качество работников. Суть и содержание процесса оптимизации численности и кадрового состава управленческих работников имеет свою специфику, которая вытекает из характера, содержания и особенностей управленческого труда.

Управленческие кадры сельхозпредприятий – это совокупность работников предприятия аграрного сектора АПК, занятых управленческим трудом, наделенных правом принятия решений и выступающих как единоначальники в пределах предоставленных им полномочий. Кадры управления обеспечивают экономические и производственные показатели хозяйственной деятельности, внедрение передовых технологий, организацию труда, соблюдение технологической и трудовой дисциплины и т.д., и относятся к профессиональной группе лиц, занятых преимущественно умственным, интеллектуальным трудом.

Рассматривая характер, содержание и особенности управленческого труда, необходимо отметить, что в основной круг задач руководителей сельхозпредприятий и их заместителей входит научный поиск, анализ, обобщение практики и обоснование такой системы управления предприятием, которая могла бы обеспечить повышение эффективности производства и насыщение рынка высококачественной сельхозпродукцией, доступной для массового потребителя. Следует подчеркнуть, что труд руководителей, так же как труд рабочих, является необходимым и производительным трудом. Но вместе с тем он имеет особую производительную форму. Занятые управленческим трудом непосредственно не создают материальных ценностей, но, осуществляя техническую и организационную подготовку производства, совершенствуя методы планово-экономической работы сельхозпредприятий, формы материального стимулирования, решая коммерческие задачи, они реализуют свою деятельность в продукте труда совокупного работника. Без их труда невозможно современное сельскохозяйственное производство. Причем, сфера влияния управленческого труда на сельхозпроизводство гораздо шире, чем труд работников, непосредственно занятых в данной сфере. Не случайно, поэтому недостатки и упущения в управленческой работе более ощутимо сказываются на результатах производства, чем недостатки в работе непосредственных производственных работников хозяйства (механизаторов, животноводов, трактористов-машинистов, комбайнеров, операторов машинного доения, скотников и т. д.). При недостатках в работе аппарата управления затрудняется не только рост производительности труда отдельных работников сельхозпредприятий, но и снижается эффективность труда всего коллектива организации. Значит, управленческие кадры предприятий аграрного сектора АПК правомерно отнести к составной и наиболее активной части производственного коллектива, принимающей участие в создании материального продукта.

Для управления современным сельскохозяйственным производством также требуются специалисты самого разного профиля: агрономы, зооинженеры, ветеринарные врачи, инженеры и техники, экономисты, бухгалтеры и др. Они осуществляют организацию деятельности людей, обеспечивают оперативное управление сельскохозяйственным производством, административно-хозяйственные, финансово-бухгалтерские, снабженческие, юридические, исследовательские и другие функции. Специалисты различного профиля являются наиболее многочисленной подгруппой служащих предприятий аграрного сектора АПК. К специалистам относятся работники, занятые созданием и внедрением в сельхозпроизводство новых знаний в форме теоретических и прикладных разработок, а также разработкой вариантов решения отдельных производственных и управленческих проблем, решение которых входит в компетенцию руководителей.

Важной обязанностью специалистов предприятий аграрного сектора АПК является обеспечение увеличения производства сельхозпродукции высокого качества, неуклонное повышение урожайности сельскохозяйственных культур, продуктивности скота и птицы, выполнение и перевыполнение хозяйствами договорных обязательств по продаже продукции, строгое соблюдение законодательства, плановой, финансовой и договорной дисциплины. Указания специалистов сельхозпредприятий по вопросам технологии, организации и экономики сельхозпроизводства, учетно-финансовым и др. вопросам, входящим в их компетенцию, являются обязательными для всех работников хозяйства.

В управленческой структуре имеет большое значение человеческий фактор – наличие специалистов, имеющих профессиональные знания и опыт руководящей работы. Так же большое влияние на структуру управления оказывает ее численность. Численность руководителей и специалистов определяется размерами сельхозпредприятия, его структурой, объемами производства товаров или услуг, трудоемкостью производственных процессов, степенью механизации и автоматизации, местом расположения, наличием людей соответствующих профессий и специальностей и т.д.

Исходным, первым этапом процесса оптимизации численности и кадрового состава ру-

ководителей и специалистов является определение общей потребности трудовых ресурсов, т. е. количества и качества управленческих работников, необходимого для реализации стратегических целей, тактических и оперативных задач сельхозпредприятия. Для того чтобы не простаивали техника и оборудование, чтобы каждое рабочее место было занято работниками, необходимо своевременно и четко определять потребность в кадрах. Причем численность и квалификация трудовых ресурсов должны быть рассчитаны так, чтобы обеспечить качественное выполнение работ в определенные сроки с минимальными затратами. Учитывая изменение производственных задач, внешней среды и текучесть кадров, сделать это можно лишь на основе систематического планирования потребности в кадрах и разработки программ по ее реализации.

Вторым этапом является анализ фактически работающих трудовых ресурсов, означающий выяснение организационных компетенций и возможностей работников, т. е. их трудового потенциала. Этот потенциал характеризует производительные, а точнее, организационные способности управленческих работников, которые могут быть реализованы при наличии соответствующих требований и условий. Трудовой потенциал сельхозорганизации позволяет установить, какие задачи предприятие может планировать, каких деловых (производственных) результатов может достичь, обладая данным кадровым составом.

Результатом анализа являются профессионально-квалификационный состав руководителей и специалистов (сколько работников, какой квалификации реально трудится в различных подразделениях и в целом на сельхозпредприятии), а также набор компетенций, дифференцированных по отдельным управленческим работникам и подразделениям. Такая информация необходима для оптимизации кадрового состава, поскольку она позволяет определить:

– сколько управленческих работников, какой квалификации фактически работает на сельхозпредприятии и в его подразделениях;

– уровень квалификации руководителей и специалистов, а также, насколько он соответствует требованиям рабочих мест и выполняемой работе. При недостатке компетенций необходимо планировать либо соответствующее обучение работников, либо их перемещение на рабочие места с меньшими требованиями, либо освобождение;

– неиспользованные возможности работников и трудовых коллективов различного уровня. За счет этого можно рационализировать потребность в управленческих кадрах и сократить расходы на трудовые ресурсы.

После этого необходимо произвести детальное сопоставление потребности и фактического наличия управленческих кадров, определив несоответствие между ними. Выявленное несоответствие ложится в основу оперативного плана мероприятий по оптимизации численности кадрового состава.

Таким образом, третьим этапом технологии оптимизации численности и кадрового состава работников управления сельскохозяйственных организаций является планирование мероприятий по устранению рассогласования между будущими потребностями в кадрах и наличными трудовыми ресурсами. Выяснив общую потребность в руководителях и специалистах и проведя оценку наличных кадровых ресурсов данной категории (с учетом изменений, которые можно относительно точно установить к определенному времени на основе планирования и прогнозируемого оттока/притока кадров), целесообразно на основе сопоставления этих показателей разработать план оптимизации численности и кадрового состава управленческих работников сельхозпредприятий. Он включает предполагаемые количественные и качественные изменения в составе трудовых ресурсов, осуществляемые различными способами.

Суть данного плана состоит в рационализации решений по удовлетворению потребности в управленческих кадрах и, как следствие, повышении эффективности использования трудового потенциала сельхозорганизации. Если планирование потребности в трудовых ресурсах определяет, какие кадры потребуются в будущем, то планирование оптимизации численности и кадрового состава руководителей и специалистов отвечает на вопрос: «Как, каким образом лучше удовлетворить планируемые потребности исходя из существующего состава кадров?». Решение этой задачи достигается следующими основными способами: с помощью найма, освобождения и развития кадров. Также речь может идти и о перераспределении управленческих кадров по структурным единицам, если это обусловлено необходимостью усиления отдельных подразделений, различные перемещения руководителей и специалистов, изменение состава и иерархии структурных подразделений, с учетом нагрузки (дополнительной на-

грузки) на каждого управленческого работника, тем самым оптимизируя расходы сельскохозяйственных предприятий.

Необходимо рассмотреть основные зависимости (обеспечивающие оптимизацию решений по кадровому составу) между этими видами управленческой деятельности, с одной стороны, и потребностью в трудовых ресурсах – с другой. Оптимальное для кадрового состава решение такого рода возможно на основе учета стратегии развития и производственного плана сельхозорганизаций, а также использования современных подходов к оптимизации численности и кадрового состава управленческих работников.

Литература

1. *Романовский Г.П.* Совершенствование системы формирования управленческих кадров сельскохозяйственных предприятий как фактор повышения эффективности производства: на примере Саратовской области: Дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 /- Саратов, 2008.- 228 с.: ил. РГБ ОД, 61 09-8/793
   http://www.lib.ua-ru.net/diss/cont/404238.html
2. *Гарнык Б.В.* Направления совершенствования государственной кадровой политики в агропромышленном комплексе. Тема диссертации и автореферата по ВАК 08.00.05 «Экономика и управление народным хозяйством (экономика труда)».
   http://do.gendocs.ru/docs/index-67620.html
3. *Козина А.М.* Методология воспроизводства кадрового потенциала в сельском хозяйстве. Тема диссертации и автореферата по ВАК 08.00.05 «Экономика и управление народным хозяйством (экономика труда)»: Автореф. дис. … д-ра экон. наук.
   http://dissers.ru/avtoreferati-dissertatsii-ekonomika/a1010.php
4. *Семаева И.А.* Организационный механизм обеспечения сельхозорганизаций кадрами управления. Тема диссертации и автореферата по ВАК 08.00.05 «Экономика и управление народным хозяйством (экономика труда)».
   http://www.referun.com/n/organizatsionnyy-mehanizm-obespecheniya-selhozorganizatsiy-kadrami-upravleniya
5. Данные годовых отчетов Минсельхоза Российской Федерации за период 2000-2011 гг.
6. *Ловчикова Е.И.* Формирование системы обеспечения сельскохозяйственных организаций кадрами управления: на материалах Орловской области. Тема диссертации по ВАК 08.00.05.
7. *Комиссарова О.Г.* Воспроизводство квалифицированных кадров сельского хозяйства в системе регионального АПК: на примере сельского хозяйства Курганской области. Дис. ... канд. экон. наук. Курган, 2007. - 185 с.
8. *Алексеева С.А.* Формирование управленческих кадров сельскохозяйственных предприятий: на материалах Ивановской области. Дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05. М., 2006. - 145 с. - РГБ ОД, 61:06-8/3191 Научная библиотека диссертаций и авторефератов
   http://www.dissercat.com/content/formirovanie-upravlencheskikh-kadrov-selskokhozyaistvennykh-predpriyatii-na-materialakh-ivan
9. *Колесников А.С.* Повышение эффективности использования кадров сельскохозяйственных организаций. Тема диссертации и автореферата по ВАК 08.00.05 «Экономика и управление народным хозяйством (экономика труда)».
10. Федеральная служба государственной статистики http://www.gks.ru.

УДК 658.382

ИННОВАЦИОННЫЕ СПОСОБЫ И ТЕХНОЛОГИИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА

Д-р техн. наук Е.В. Халин
(ГНУ ВИЭСХ)

Инновационные способы и технологии обеспечения электробезопасности производства включают четыре группы мероприятий, связанных с интеллектуальными технологиями организации электробезопасного производства, эффективными конструктивными элементами, обеспечивающими электробезопасность электроагрегатов и электроустановок, новыми техническими средствами электрозащиты и средствами индивидуальной защиты работников.

Ключевые слова: *информационно-коммуникационные интеллектуальные технологии организации электробезопасного производства; формализованные знания; экспертные системы; интеллектуальные программные комплексы поддержки принятия решений, подготовки и аттестации персонала; новые устройства защитного отключения.*

Innovative methods and technologies to maintain electrical production include four groups of activities related to the organization of intelligent technology of production of electrical safety, efficient design elements providing electrical generating sets and electrical installations, new technical means of electrical protection and personal protective equipment workers.

Keywords: *information and communication technologies of intelligent electrical safety production; formalized knowledge; expert systems; intelligent software systems to support decision-making, training and certification of personnel; new circuit breakers*

Современное производство должно быть оснащено соответствующими мерами и средствами обеспечения электробезопасности труда, которые делятся на группы в зависимости от характера потребителей электрической энергии, вида систем электроснабжения, типа электроустановок, стоимости и т.д., и должны отвечать главному требованию – требованию эффективности – спасению жизни людей и нормализации условий труда и пребывания в зоне действия электроустановок.

Электротравматизм и заболеваемость работающих в электроустановках – явления производственно-социальные и многофакторные. Причины этих явлений взаимосвязаны и также имеют многофакторный характер. Условия труда в электроустановках, как и электротравматизм и заболеваемость, характеризуются большим числом взаимосвязанных факторов. Причины производственного электротравматизма и производственно обусловленной заболеваемости работающих в электроустановках определяют направления их предотвращения и профилактики. Выделяют три группы мероприятий по обеспечению электробезопасности производства.

1. Организационные и организационно-технические.

2. Технические и по обеспечению средствами индивидуальной защиты.

3. По обучению и достижению профессионального соответствия персонала.

В соответствии с мероприятиями по обеспечению электробезопасности производства могут быть выделены четыре группы инновационных способов и технологий создания электробезопасных условий труда. *Первая группа мероприятий* относится к организации электробезопасного производства, *вторая* - связана с конструкцией электрифицированных машин, оборудования, установок, *третья* - определяет направления развития технических средств электрозащиты работников, *четвертая* относится к области средств индивидуальной защиты работающих в электроустановках.

В области **организации электробезопасного производства** – это информационно-коммуникационные интеллектуальные технологии, предусматривающие оперативное принятие безошибочных решений, подготовку и аттестацию персонала по электробезопасности в среде экспертных систем с распределенными сетевыми базами знаний. Для достижения необходимого положительного результата этими технологиями должны быть охвачены все производственные структуры.

В области обязательных **конструктивных элементов электроагрегатов и электроустановок** – это эффективные электро- и иные изо-

ляционные материалы, ограждающие устройства новых поколений, в том числе электро- и иная изоляция как продукт нанотехнологий, технологичные съемные и неснимаемые ограждения, оболочки и блокировки.

В области **технических средств электрозащиты** – это эффективные стационарные, переносные и временные заземляющие устройства в электроустановках с низкой трудоемкостью монтажа, установки, наложения и снятия, многофункциональные аппараты для автоматического отключения питания электроустановок и устройства защитного отключения, экономичные устройства защитного электрического разделения цепей, разделения взаимоопасных электрифицированных технологических циклов и процессов.

В области **средств индивидуальной защиты**, работающих в электроустановках, – это эффективные диэлектрические, антистатические, термонепроницаемые или с односторонним регулируемым теплообменом, бактерицидные материалы со свойствами, усиленными применением нанотехнологических методов, удобные и устойчивые в носке и применении, СИЗ, предотвращающие электропоражения при прикосновении к токоведущим и токопроводящим частям под любым напряжением, легкие экранирующие комплекты для защиты от воздействия электромагнитных и электростатических полей в любом диапазоне частот и уровней напряженности.

Никакие сверхновые и сверхэффективные средства и устройства не окажут ожидаемого воздействия на предотвращение электротравматизма и заболеваемости работающих в электроустановках, если их внедрение производится необоснованно, если не выработано решение по их эффективному размещению и эксплуатации.

Выработка своевременного правильного решения по профилактике производственного электротравматизма и заболеваемости должна базироваться на оперативной полной и достоверной информации об этих явлениях, на современных технологичных информационных носителях и коммуникационных средствах. Отсутствие достоверной информации о реальном производстве сводит к нулю эффективность с виду разумных и оперативных решений.

Создание информационно-коммуникационных технологий, радикально изменяющих систему учета несчастных случаев на производстве, включая электротравмы и профессиональные заболевания работающих в электроустановках, порядок выработки мероприятий по их предупреждению и профилактике, нормализации условий труда, а также систему подготовки и аттестации персонала по электробезопасности производства и аттестации рабочих мест, позволяет сформировать необходимые условия для достижения требуемой эффективности информационного и кадрового, материально-технического и организационного обеспечения системы управления охраной труда в электроустановках и более того – обеспечит получение необходимых информационных ресурсов для корректирования рычагов экономического стимулирования и положений нормативных документов по электробезопасности [1–4].

Инновационные технологии организации электробезопасных условий труда должны базироваться на информационно-коммуникационных технологиях с применением формализованных знаний и экспертных методов, встраиваемых в систему управления производством. Информационно-коммуникационные технологии обеспечения безопасных условий труда (ИКТ ОБУТ) включают совокупность интеллектуальных программных комплексов поддержки принятия решений и подготовки и аттестации персонала по электробезопасности производства в компьютерно-телекоммуникационных сетях и системах [5–9].

Под формализованными знаниями понимаются специальным образом структурированные знания, помещенные в базу знаний. Знания – это данные с усложненной структурой. Знания в отличие от данных обладают содержательной информацией, которая из данных может быть извлечена только в результате специальной дополнительной обработки, и характеризуются наличием отношений, позволяющих устанавливать причинно-следственные связи. Экспертные методы и системы включают программные средства, основанные на знаниях, поддерживающие выработку безошибочных решений и обеспечивающие улучшение качества решений с учетом опыта и знаний лица, принимающего решение.

Сетевые интеллектуальные программные комплексы поддержки принятия решений по обеспечению электробезопасности производства (ИПК ППРЭБ) вырабатывают безошибочные решения в среде экспертных систем, основанных на формализованных знаниях, базы которых наращиваются и развиваются пользователями. Под интеллектуальным программным комплексом поддержки принятия решений по обеспечению электробезопасности производства понимается объединенная инфокоммуникационным процессом совокупность технических

и программных средств, способная на основе данных и знаний синтезировать цели и вырабатывать рациональные безошибочные решения по предотвращению (снижению) производственного электротравматизма, профилактике заболеваемости, улучшению условий труда.

Сведения (данные и знания) о состоянии электробезопасности производства формализуются и накапливаются в базах данных и знаний динамической экспертной системы. Используется комплекс взаимосвязанных информационных носителей, имеющих компьютерные экранные образы и соответствующее программное обеспечение на локальных персональных ЭВМ и в компьютерных коммуникационных сетях и системах.

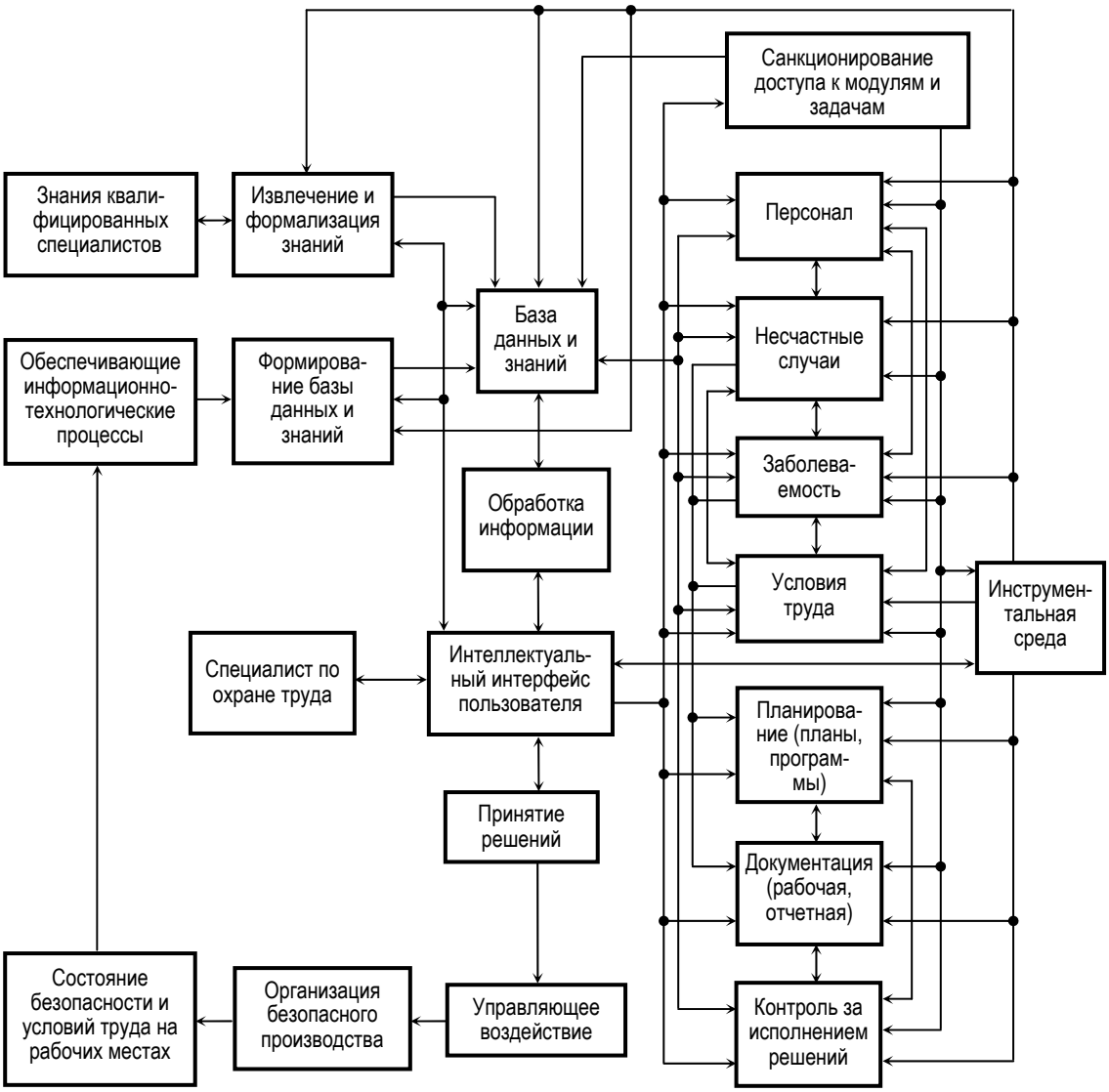

Рис. 1. Функционально-технологическая структура ИПК ППРЭБ

Программные средства ИПК ППРЭБ обеспечивают реализацию базовых функций, выработку и принятие решений по следующим основным направлениям в соответствии с профессиональными потребностями специалистов (рис. 1):

- ведение базы профессиональных сведений о производственном персонале;

- предотвращение производственного электротравматизма;

- профилактика производственно обусловленной заболеваемости работающих в электроустановках;

- формирование предписаний (содержания документов, рекомендаций и неотложных мер по электробезопасности в конкретной организационной структуре);

- текущее и перспективное планирование мероприятий по предупреждению произ-

водственного электротравматизма и профилактике заболеваемости;

- обеспечение средствами индивидуальной защиты;

- комплексная оценка рабочих мест по уровню электробезопасности;

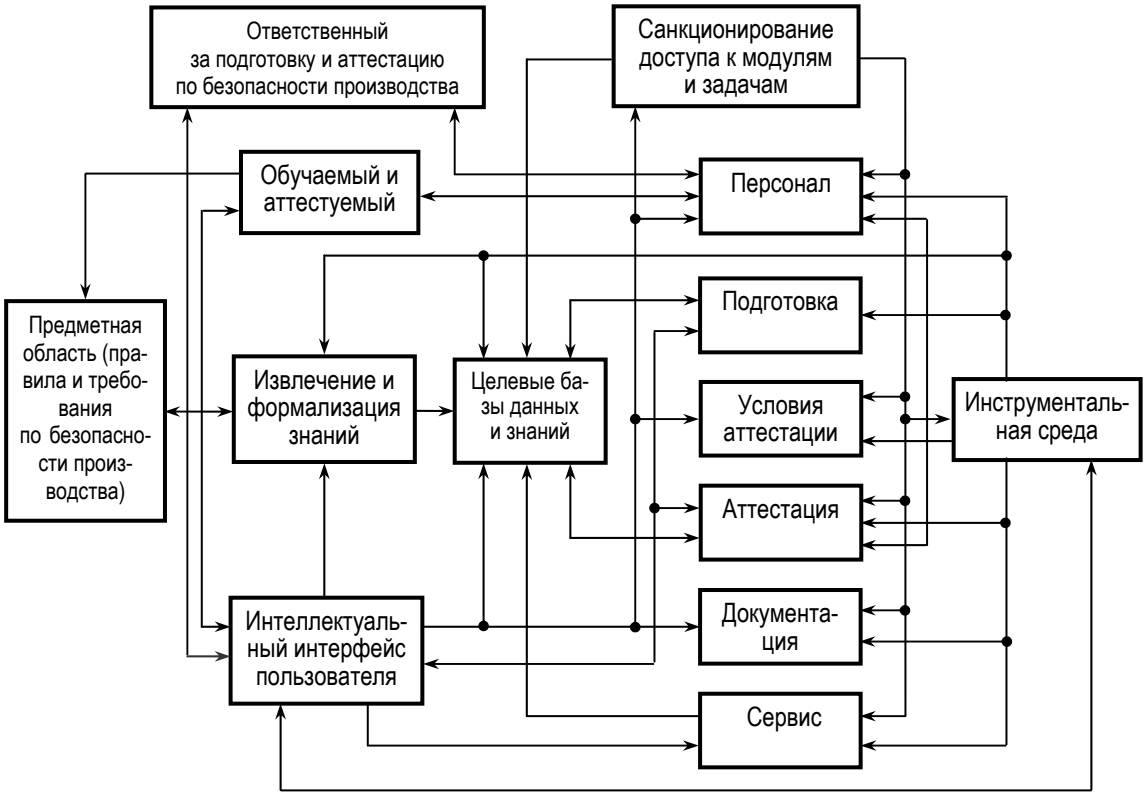

Рис. 2. Функционально-технологическая структура ИПК ПАПЭБ

и контроль знаний работающих по электробезопасности с применением сетевых интеллектуальных программных комплексов подготовки и аттестации персонала по электробезопасности (ИПК ПАПЭБ), содержащих формализованные знания в текстовом и графическом представлении, причем базы этих знаний также при необходимости дополняются и развиваются пользователями (ответственными за подготовку и аттестацию персонала и обучаемыми).

В качестве основных базовых функций интеллектуальные программные комплексы подготовки и аттестации персонала по электробезопасности реализуют (рис. 2):

- ведение базы профессиональных сведений о персонале, проходящем подготовку, инструктаж и аттестацию по электробезопасности производства, и о персонале, организующем и проводящем их;

- ввод дополнительных целевых систем (предметных областей), вопросов и комментариев к ним, конструирование графических представлений по проблемной области электробезопасности производства;

- формирование программ подготовки, инструктажа и аттестации;

- контроль знаний;

- формирование и печать текущей рабочей и отчетной выходной документации;

- централизованное обновление вопросов и графических представлений по электробезопасности производства, входящих в промышленную поставку;

- санкционирование группового и персонального доступа к модулям, действиям и функциям программных комплексов.

Важнейшим элементом организации электробезопасного производства на базе инфокомных технологий рассматривается подготовка

- санкционирование группового и персонального доступа к модулям, действиям и функциям программных комплексов.

К инновационным техническим средствам электрозащиты работающих от электротравматизма и профессиональных заболеваний при работе в электроустановках могут быть отнесены средства с ранее не реализованными функциональными возможностями. Защитное отключе-

ние как способ защиты человека от поражения электрическим током предусматривает автоматическое отключение одновременно всех фаз электроприемника или участка сети от источника питания при достижении контролируемой величины (напряжения, тока и др.) предельно допустимого значения.

Существуют разные схемы и конструкции устройств защитного отключения (УЗО), реагирующие на величину потенциала на открытых проводящих частях электроприемника относительно земли, на ток нулевой последовательности в установках с занулением (соединением с защитным нулевым проводником), на ток утечки через изоляцию, на дифференциальный ток и др.

Новые устройства защитного отключения [10-15] в ближайшей перспективе должны быть наделены дополнительными функциями (в том числе функциями «свой-чужой», исполнительными органами по токам утечки не только на землю, но и между проводами электрической сети в защищаемой зоне, на обрыв провода до его падения на землю, срабатыванием по радиосигналу и т.п.), должны при необходимости согласовываться с любыми средствами мобильной связи, иметь независимый (индивидуальный) источник электропитания (рис. 3 и 4).

К инновационным средствам индивидуальной защиты (СИЗ) работающих в электроустановках могут быть отнесены, например, легкие экранирующие комплекты для работ под напряжением, выполненные из эффективных электропроводящих, прочных, экологически чистых и безвредных для человека тканей со свойствами, усиленными применением нанотехнологических методов, удобные и устойчивые в носке и применении, СИЗ (диэлектрические перчатки, рукавицы, обувь, каски), предотвращающие электропоражения при прикосновении к токоведущим и токопроводящим частям под любым напряжением, термические ожоги любого характера, радиоактивное и бактерицидное воздействие.

Одним из аспектов инновационных технологий обеспечения электробезопасности производства следует рассматривать реализацию новых эргономических и конструктивных решений при проектировании и изготовлении инструмента и приспособлений для монтажа и обслуживания оборудования и агрегатов.

Для достижения требуемой эффективности мер по обеспечению электробезопасности производства комплексному внедрению должны подлежать инновационные мероприятия, включающие организационные мероприятия, мероприятия, связанные с совершенствованием конструкции электрооборудования и электроустановок, с расширением функциональности, достижением высокой эффективности, надежности и экономичности технических средств электрозащиты и средств индивидуальной защиты работающих в электроустановках.

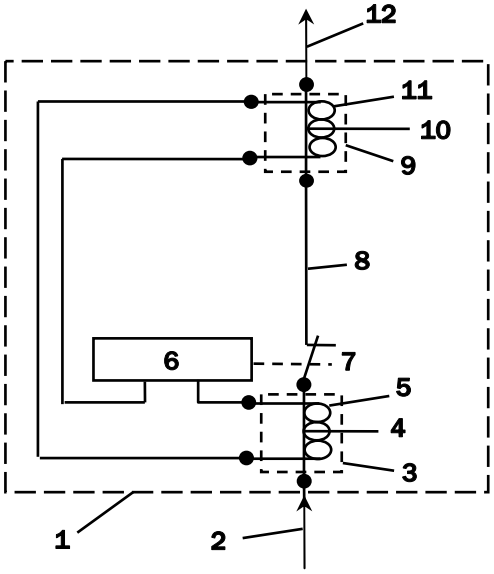

Рис. 3. Устройство защиты человека от поражения электрическим током в распределительном пункте переменного тока:
1 – распределительный пункт; 2 – вводной провод; 3 – входной трансформатор тока; 4 – первичная обмотка входного трансформатора тока; 5 – вторичная обмотка входного трансформатора тока; 6 – чувствительный орган; 7 – автоматический выключатель; 8 – токоведущая часть; 9 – выходной трансформатор тока; 10 – первичная обмотка выходного трансформатора тока; 11 – первичная обмотка входного трансформатора тока; 12 – выходной фидерный провод

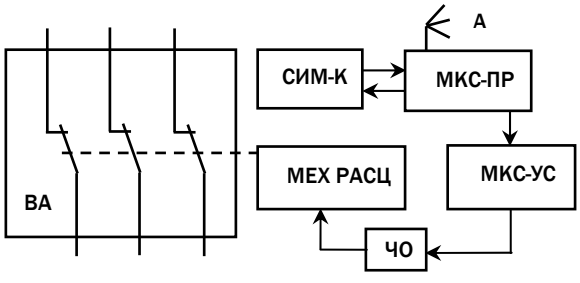

Рис. 4. Устройство отключения электрической нагрузки телефонному сигналу:
ВА – выключатель автоматический; МКС-ПР – микросхема-приемник с антенной А и сим-картой СИМ-К; МКС-УС – микросхема-усилитель, сигнал от которой воздействует посредством чувствительного органа ЧО на механизм расцепителя МЕХ РАСЦ выключателя ВА

Литература

1. *Халин Е.В.* Информационная технология обеспечения безопасности производства. М.: ВИНИТИ, 1997. – 172 с.
2. *Халин Е.В.* Компьютерные обучение и аттестация по безопасности производства. М.: НЕЛА-Информ, 2006. – 208 с.
3. *Халин Е.В.* Безопасность производства: Технологии, способы, устройства. М.: ГНУ ВИЭСХ, 2006. – 372 с.
4. *Халин Е.В., Стребков Д.С., Липантьева Н.Н., Коструба С.И.* Основы электрической безопасности. М.: ГНУ ВИЭСХ, 2010. – 584 с.
5. Патент РФ № 2147143. Способ автоматизации рабочего места специалиста по охране труда и устройство для его осуществления / Халин Е.В., Стребков Д.С., Кобяков Н.И. // БИ. 2000. №9.
6. *Халин Е.В.* Учетный лист несчастного случая // Патент РФ на ПО №48723. – 2001.
7. Патент РФ №2166208. Способ автоматизированного приобретения знаний по безопасности производства / Халин Е.В., Стребков Д.С. // БИ. 2001. №12.
8. Патент РФ №2166211. Способ автоматизированной подготовки и аттестации по безопасности производства / Халин Е.В. // БИ. 2001. №12.
9. Патент на ПМ № 98274. Способ и система обеспечения безопасности производства с применением интеллектуальной графики / Халин Е.В. // БИ. 2010. № 28.
10. *Халин Е.В., Коструба С.И.* Новые устройства защитного отключения // Электричество. 2007. №7. С. 67-70.
11. Патент РФ №2247455. Устройство защитного отключения / Коструба С.И., Халин Е.В., Стребков Д.С. // БИ. 2005. №6.
12. Патент РФ на ПМ №43653. Устройство активной защиты от электропоражений работающих в электоустановках / Халин Е.В., Коструба С.И., Стребков Д.С. // БИ. 2005. №3.
13. Патент РФ №2246160. Устройство защитного отключения / Халин Е.В., Коструба С.И. // БИ. 2005. №4.
14. Патент РФ №2300165. Устройство защиты человека от поражения электрическим током в распределительном пункте переменного тока / Халин Е.В., Коструба С.И., Стребков Д.С. // БИ. 2007. №15.
15. Патент на ПМ №60801. Устройство отключения электрической нагрузки по телефонному сигналу / Халин Е.В., Коструба С.И., Стребков Д.С. // БИ. 2007. №3.

УДК 631:628.8.001.57

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ БИОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ЖИВОТНОВОДСТВА

Д-р техн. наук А.М. Мусин
(ГНУ ВИЭСХ)

Случайные колебания параметров микроклимата животноводческих помещений образуют зону частичной неопределенности, снижающей продуктивность животных. Рассмотренные в статье примеры показали, что снижение может быть значительным. Для снижения влияния колебаний параметров микроклимата на продуктивность животных предлагается осуществлять текущий контроль технологического процесса.

Ключевые слова: *микроклимат; случайные колебания параметров; снижение продуктивности.*

Casual variations of microclimate parameters of cattle-breeding livestock's form a partial uncertainty zone reducing the animal's productivity. Examples discussed in the article showed that the decline may be significant. To reduce the effects of fluctuations in the parameters of the microclimate in animal production is proposed to control the current process.

Keywords: *microclimate; casual variations of parameters; productivity reducing.*

Животное вместе с обслуживающей его техникой образует биотехническую систему. Параметры и характеристики технических устройств, входящих в эту систему, достаточно подробно изучены и представлены в справочниках. Иначе обстоит дело с параметрами и характеристиками животных.

В отличие от технических объектов живые организмы имеют параметры и характеристики, изменяющиеся в ходе выполнения технологического процесса. На продуктивность животных оказывает влияние много факторов, действие которых можно учесть только частично. Например, погода (температура и влажность воздуха, состав и концентрация газов в атмосфере) оказывает влияние на самочувствие животных и на их продуктивность. При неблагоприятных условиях отрицательное действие колебаний погоды может значительно снизить продуктивность. Ряд технических мероприятий компенсируют отрицательное действие неблагоприятных факторов. Для оценки эффективности этих мероприятий нужна математическая модель биотехнической системы, которая содержит зависимость продуктивности животного от параметров окружающей среды, т. е. математическая модель животного.

Создание математической моделей технических устройств, входящих в биотехническую систему, не представляет принципиальную трудность. В справочниках имеются подробные сведения об их параметрах и характеристиках, их изменениях в ходе эксплуатации. Иначе обстоит дело с биотехническими системами. Под действием многочисленных факторов, которые изменяются в ходе эксплуатации системы, в живом организме под влиянием внешней среды и физиологических процессов происходят существенные изменения, оказывающие значительное влияние на конечный результат технологического процесса. При разработке и эксплуатации технической системы изменения параметров и характеристик живых организмов не учитываются, считается, что они остаются неизменными. В качестве целевого показателя системы управления принимается величина, влияющая на продуктивность, а не сама продуктивность. Например, в системах поддержания микроклимата целевым показателем принимают температуру воздуха в животноводческом помещении.

Многие исследователи рассматривали влияние условий содержания животных на их продуктивность.

Пляценко С.И. и Хохлова И.И., рассмотрев влияние параметров микроклимата на продуктивность животных и птицы, установили, что содержание животных в холодных, сырых, плохо вентилируемых помещениях приводит к снижению продуктивности на 10-40% [1]. Авторы отмечают, что «для того, чтобы понять механизм совокупного влияния факторов внешней среды, необходимо изложить особенности действия каждого из них в отдельности. Следует иметь в виду, что влияние того или иного фактора может иметь доминирующее значение».

Современные методы исследования позволяют не только понять влияние факторов внешней среды на продуктивность, но также дать количественную оценку этого влияния и разработать мероприятия, обеспечивающие устранение или ограничение действия факторов, снижающих эффективность. Для того чтобы техника, обслуживающая животных действовала эффективно, нужна информация в виде математических моделей, отражающих реакцию животных на воздействие факторов внешней среды.

В ряде работ содержатся рекомендации по нормам параметров окружающей среды (температуры, влажности воздуха, допустимой концентрации вредных газов) [2]. При этом предполагается, что эти параметры остаются неизменными в ходе эксплуатации системы, а продуктивность животных соответствует благоприятным условиям окружающей среды. Между тем в реальных условиях параметры внешней среды изменяются, отклонения от нормативных значений могут существенно повлиять на продуктивность.

Исследование биотехнической системы осложняется изменением параметров и характеристик главного члена биотехнической системы, в котором происходит технологический процесс, в животном. Например, в ходе откорма молодняка его организм существенно изменяется. Поэтому математическая модель, описывающая состояние животного в начале технологического процесса, не пригодна для описания его состояния в конце технологического процесса.

Другим фактором, создающим трудности при анализе эффективности биотехнической системы, является случайность действия на конечный результат технологического процесса состояния воздушной среды в животноводческом помещении. Несмотря на то, что имеются устройства для регулирования, не удается точно поддерживать параметры микроклимата. Всегда наблюдаются какие-то отклонения. Каждый из этих факторов, взятый в отдельности, можно считать несущественным. Но их суммарное действие может оказать большое влияние на конечный результат технологического процесса.

В ходе эксплуатации под действием неконтролируемых факторов создаются нежелательные ситуации, не предусмотренные при проектировании системы управления. Для обеспечения надежной работы оборудования необходима оценка возможных результатов отклонения параметров технологического процесса от ожидаемых результатов.

В исследованиях по влиянию микроклимата на эффективность биотехнических систем предполагают, что отклонения параметров от нормативных значений неизменно за длительный промежуток времени. На практике это условие не соблюдается. Случайные колебания температуры создают зону неопределенности температуры воздуха в животноводческом помещении. Система отопления и вентиляции позволяет только частично компенсировать колебания температуры внешнего воздуха.

Пусть исследуемый параметр X снижается на случайную величину Δx_i, исследуемая величина принимает значение $X_i = X - \Delta x_i$. При изменениях X_i образуется зона неопределенности $X_н = X_{imax} - X_{imin}$, где X_{imax} – максимальное и X_{imin} – минимальное значения исследуемой величины.

Возникает задача: какую величину из зоны неопределенности считать отклонением исследуемого параметра от нормативного значения. От этого зависит точность оценки конечного результата технологического процесса.

Обычно принимают эту величину равной среднему значению $\Delta X = 0{,}5\ (X_{imax} + X_{imin})$. Применение такого приема позволяет минимизировать погрешность конечного дальнейших расчетов, если используются линейные функции. В нашем случае это условие не соблюдается. Функция продуктивности (зависимость продуктивности животного от температуры окружающей среды) не является линейной. Расчеты с использованием средних исходных данных может увеличить погрешность расчетов.

Рассмотрим влияние отклонение температуры воздуха в животноводческом помещении на продуктивность откармливаемых свиней.

Установлено [2], что снижение температуры окружающей среды ниже оптимума, повышает потребность свиней в обменной энергии в среднем: поросят от 20 до 45 кг живой массы - на 17 кДж/кг/ 1°С, растущих и откармливаемых свиней от 45 до 85 кг – на 15 кДж/кг/1°С, от 85 до 120 кг – на 13 кДж/кг/на 1°С, хряков-производителей и свиноматок – на 10 кДж/кг/1°С. При содержании свиней при температуре ниже оптимальной и использовании рекомендуемых норм без дополнительной корректировки на температуру растущие откармливаемые свиньи снижают среднесуточные привесы в среднем на 22 г на каждый градус ниже оптимальной величины.

Эта рекомендация может использоваться для ориентировочных расчетов. Для получения

более точных результатов нужна дополнительная информация о величине температурных отклонений от нормативных показателей, о длительности отклонений. Без этой информации невозможно подсчитать снижение конечной продукции.

Влияние отклонений температуры воздуха на продуктивность животных рассмотрим на примере технологического процесса откорма свиней.

Для расчета возможной потери продуктивности свиней при повышении температуры окружающей среды используем рекомендуемую Лебедем А.А. математическую модель эффективности откорма свиней [3]: привес (кг) свиней массой 20 – 60 кг в функции температуры воздуха $П(t) = – 0{,}0026 \times t^2 + 0{,}073 \times t + 0{,}13$, привес (кг) свиней массой 60 – 120 кг в функции температуры воздуха $П(t) = – 0{,}0017 \times t^2 + 0{,}035 \times t + 0{,}5$.

В таблице 1 приведен привес в функции температуры воздуха, рассчитанный по приведенным выше формулам.

Таблица 1

Привес свиней на откорме в зависимости от температуры воздуха

Живой вес, кг	Привес (кг) при температуре, ° С				
	8	16	20	24	28
20-60	0,55	0,63	0,55	0,38	0,1
60-120	0,67	0,62	0,52	0,36	0,1

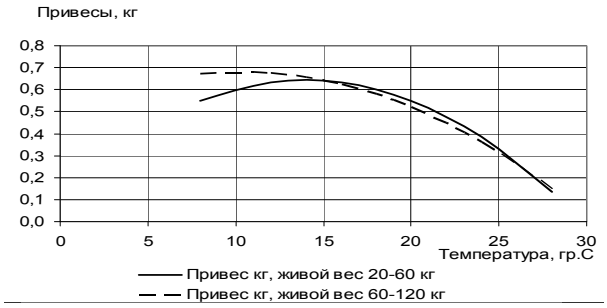

Рис. 1. Зависимость привеса от температуры окружающей среды

Следует отметить, что температура воздуха в помещении не повторяет температуру воздуха вне помещения. Кроме погоды на температуру воздуха в помещении влияет целый ряд факторов (направление и сила ветра, солнечная радиация и другие факторы). Возникает зона неопределенности, ограниченная возможными значениями конечных результатов технологического процесса. Приведенные выше результаты расчетов можно использовать для оценки вероятных значений привесов животных.

Под действием погоды в животноводческом помещении происходит дрейф температуры воздуха, влияющий на продуктивность животных. Существует два температурных режима в помещении для содержания животных:

1) температура воздуха ниже оптимального значения;

2) температура воздуха выше оптимального значения.

Температура при каждом режиме не остается постоянной, она изменяется в ограниченных пределах. Эти пределы создают зону неопределенности действия температуры на конечный результат технологического процесса. Неопределенность действует не на всю продуктивность, а лишь на ее часть, размер которой зависит от приходящегося на долю температурного режима влияния на конечную продукцию.

Пусть температура воздуха в животноводческом помещении днем +28 °С, а ночью +20 °С, и такой температурный режим длится 10 дней. Принятые значения температуры воздуха не являются чрезвычайными, они часто повторяются в летнее время. Определим потерю продуктивности при таком температурном режиме.

Расчет снижения продуктивности откармливаемых свиней с живым весом 69-120 кг при указанном выше суточном изменении температуры воздуха в помещении для свиней.

Суточный привес при оптимальной температуре 12 °С – 0,68 кг.

Снижение привеса в дневное время при температуре 28 °С – $0{,}5 \times (0{,}68 – 0{,}1) = 0{,}34$ кг.

Снижение привеса в ночное время при температуре 20 °С – $0{,}5 \times (0{,}63 – 0{,}52) = 0{,}05$ кг.

Снижение привеса за сутки 0,34 + 0,05 = 0,39 кг.

Снижение привеса за 10 суток – 3,9 кг.

К этому надо прибавить снижение привеса по другим причинам (увеличенная концентрация вредных газов и др.).

В холодное время года температура воздуха в животноводческом помещении имеет отрицательное отклонение. Величина и длительность отклонения – также случайные величины. В результате действия системы отопления и вентиляции снижение температуры воздуха в помещении меньше по сравнению с рассмотренным выше температурным режимом, но длительность такого отклонения больше. Поэтому можно считать, что снижение живого веса будет примерно таким же, как при повышении температуры.

Рассмотренные выше температурные режимы во многом зависят от конкретных погодных условий, изменяющихся по случайному закону, результат их действия на продуктивность становится непредсказуемым. Оценить влияние колебаний параметров микроклимата на продуктивность животных можно, если производить измерения текущих значений параметров микроклимата. Система управления должна иметь в своем составе приборы для измерения параметров технологического процесса в ходе его выполнения.

Для получения объективных результатов расчета нужно использовать конкретную фактическую информацию о состоянии микроклимата в помещении. Полученная информация покажет тенденцию изменения конечного результата при действии не учитываемых в расчетах факторов.

Рассмотренный выше пример показывает, что отклонения температуры от нормативных значений могут привести к заметному снижению продуктивности откармливаемых свиней. Одновременно с повышением температуры воздуха на животных действуют другие факторы (концентрация вредных газов, погрешность дозирования корма, сквозняки), действие которых также снижает продуктивность.

Существование зоны неопределенности не дает возможности оценить фактическую эффективность технологического процесса. Для того чтобы исключить возможность возникновения грубой ошибки при оценке эффективности, необходимо уточнять расчетные данные, используя фактические значения конечного результата технологического процесса.

Анализ влияния параметров микроклимата на продуктивность животных показал, что их отклонения от нормативных значений могут привести к значительному снижению продуктивности. Для снижения этого влияния необходим текущий контроль хода технологического процесса.

В технологическом процессе по откорму молодняка такой контроль отсутствует, о конечном результате откорма получают информацию в конце цикла откорма, когда нет возможности вмешаться в ход технологического процесса.

Литература

1. *Пащенко С.И., Хохлова И.И.* Микроклимат и продуктивность животных. Л.: Колос, 1976.
2. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных: Справочное пособие. М., 2003.
3. *Лебедь А.А.* Математическая модель продуктивности животных и птицы как объекты управления по микроклимату // НТБ по электрификации сельского хозяйства. Вып. 2(38). М.: ВИЭСХ, 1979.

УДК 621.391:631.242.42

РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОЕКТА НА ИННОВАЦИОННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ПОТОЧНЫХ ЛИНИЙ ДЛЯ КАРТОФЕЛЕХРАНИЛИЩ

Канд. техн. наук Ю.И. Кириенко, д-р техн. наук А.М. Башилов
(ГНУ ВИЭСХ)

Определен состав основных блоков и модулей автоматизированных поточных линий для картофелехранилищ. Созданы предпосылки для разработки технического проекта блоков и модулей поточных линий различного технологического назначения.

Ключевые слова: *поточные линии; блоки; модули; технический проект; хранилище.*

The main blocks and modules of the automatic production lines for the storage of the potatoes was determined. The premiseses for the development of the detail design block and modules of the production lines of the different technological purpose are created.

Keywords: *production line; block; module; detail design; storage.*

Технологические процессы в хранилищах направлены на подготовку продукции для реализации в торговой сети, на переработку, для семенных целей и кормопроизводства. Качество выходящей продукции – самый главный фактор. В этих условиях производительность и скорость подачи потоков в линиях являются вторичными факторами. Производительность линии должна согласовываться с объемами хранения, а также с условиями подачи на поточную линию и условиями затаривания продукции.

Известные объемы картофелехранилищ находятся в диапазоне от 2000 до 10000 т продукции. Как правило, хранилища имеют секционный тип конструкций на 1000 или 1500 т в секции. При производительности поточной линии 2-3 т/ч дневная производительность составит 16-24 т/сут., ежемесячная 400-600 т. При осенне-зимне-весеннем цикле работы в течение 8 месяцев объем товарной линии составит порядка 2400-3600 т, при коэффициенте эксплуатации оборудования 0,8. При выбранной производительности одна поточная линия по конструкции будет иметь технологическую ширину 400-450 мм и оптимальную энерго- и металлоемкость.

Предварительный анализ показывает, что основными требованиями к устройствам линии автоматического сортирования агропродукции округло-овальной формы являются:

- непрерывная оценка состава подаваемого вороха картофеля (по крупности) с целью регулирования технических параметров блоков-модулей линии;

- равномерная подача объектов устройством загрузки (подающим устройством);

- предварительная подготовка агропродукции путем отделения первичных, как правило, мелких сопутствующих примесей;

- образование размерных фракций объектов с помощью калибрующего блока, подлежащих сортированию по качеству оптико-электронными блоками;

- выравнивание потока объектов непосредственно перед сортированием по качеству с учетом колебаний формы и размеров для каждого вида агропродукции;

- образование многоканальной поточной подачи;

- переориентация поверхности каждого объекта в зоне контроля качества;

- оптико-электронный контроль каждого подаваемого объекта в каждом канале подачи;

- запоминание характеристики каждого дефектного объекта и передача на блок регистрации, подачи команды на удаление исполнительным механизмом;

- удаление дефектного объекта в назначенный блоком управления канал и на блок-транспортер некондиционной продукции;

- согласование скоростей подающих, ориентирующих и транспортирующих устройств поточной линии;

- непрерывная подача кондиционных объектов на транспортер отсортированной продукции и на упаковочные устройства.

Калибрующий блок поточной линии основан на принципе разделения по ширине клубней (калибрование на профильных роликах): границы выделения фуражной фракции – 20-35 мм; границы отделения 1-й фракции – 35-45 мм; границы отделения 2-й фракции – 45-54 мм; границы

отделения 3-й фракции – 54-60 мм и граница для 4-й крупной фракции – размер свыше 60 мм – сход потока с калибрующего блока [1, 2].

Устройства оценки состава подаваемого вороха и дефектации плодов при практически идентичной системе видеоконтроля будут отличаться различными блоками оптического контроля, настроенного на соответствующий вид агропродукции и ее дефектов.

Для проектируемых блоков мойки, сухой очистки и дефектации клубней обосновано применение энергосберегающих устройств роторного типа. Для блоков дефектации роторного типа обоснованы калибрующие размеры ячеек и рабочих органов. При этом исключается появление сдвоенных объектов в каждой ячейке ротора и частые пропуски, созданы условия для вращения (переориентации) каждого объекта в ячейке. Конкретные кинематические и оптические параметры блока оценки входного потока, блока дефектации и блоков модулей поточных линий адаптируются для конкретных условий и зоны расположения в линии.

Для реализации технологий подготовки картофеля разработано несколько схем компоновки поточных линий из блоков и модулей (табл. 1).

Партии картофеля, поступающие в хранилище, характеризуются такими параметрами, как: величина математического ожидания массы M, величина среднеквадратического отклонения W, рассчитанная для вороха по одному из размеров клубней. В зависимости от конкретной урожайности картофеля колебания параметров M и отклонений W подаваемого на сортирование вороха имеют значительные величины. Установлено, что параметры массы M составляют от 40 до 120 г при отклонениях по оценке по ширине клубней от 40 до 65 мм и среднеквадратическим отклонениям по ширине от 4 до 18 мм [5]. Расчет объема выделяемой сортируемой фракции из основного объема хранимого вороха картофеля проводится по границам разделения фракций по методике работы [5].

Расчеты были проведены для ворохов картофеля с Кф = 1,2 (округлая форма); Кф = 1,3 (округло-овальная форма); Кф = 1,4 (овальная форма) (табл. 2).

Анализ показал, что наблюдаются устойчивые тенденции в содержании долевых значений каждой фракции при увеличении величины массы вороха M:

Таблица 1

Состав блоков и модулей поточных линий различного технологического назначения

№№ п/п	Блок-модуль	Поточная линия для подготовки		
		семенных фракций картофеля	фуражной и товарной фракции	картофеля на переработку
1.	Электронно-оптического контроля состава подаваемого вороха	+	+	+
2.	Загрузочный транспортер с приемным бункером	+	+	+
3.	Калибрующий с отделителем примесей и стабилизатором потока	+	+	+
4.	Роторный блок-модуль мойки базовых фракций клубней	+	-	+
5.	Блок-скат клубней	+	+	+
6.	Роторный блок дефектации базовых фракций картофеля	+	+	+
7.	Роторный блок-модуль сухой чистки клубней	+	+	+
8.	Модуль-транспортер технологический	+	+	+
9.	Упаковочный	+	-	+
10.	Фотоматричный распознавания дефектных клубней	+	+	+
11.	Пульт управления линиями	+	+	+

Таблица 2

Долевое содержание фракций в ворохе картофеля при Кф = 1,3 (округло-овальная форма) и урожайности М

Фракция клубней	М = 40 г b = 41 мм w = 5,2мм	М = 60 г b = 46 мм w = 7,4мм	М = 80 г b = 51 мм w = 10,2мм	М = 100 г b = 55 мм w = 12,4мм	М = 120 г b = 59мм w = 14,8мм
Fф – фуражная (20 – 35 мм)	0,13	0,07	0,06	0,05	0,05
F1 – 1-я универсальная (35 –45 мм)	0,65	0,38	0,22	0,21	0,12
F2 – 2-я универсальная (45 – 54 мм)	0,16	0,38	0,29	0,23	0,17
F3 – 3-я универсальная (54 – 60 мм)	0,05	0,14	0,24	0,22	0,18
F4 – 4-я сверхкрупная (свыше 60 мм)	0	0,03	0,19	0,34	0,48

- уменьшение долевых значений фуражной фракции от 0,17 до 0,03;

- уменьшение долевых значений 1-й универсальной фракции от 0,66 до 0,11;

- увеличение долевых значений 3-й универсальной фракции от 0,1 до 0,24;

- увеличение долевых значений 4-й крупной фракции от 0 до 0,53;

- первичное увеличение от 0,16 до 0,38 и плавное уменьшение (от 0,38 до 0,12) долевых значений 2-й универсальной фракции.

Блок оптико-электронного контроля состава подаваемого вороха производит оценку состава подаваемого вороха путем подсчета количества клубней в постоянно установленной зоне визуального контроля. В зависимости от изменения состава вороха подается команда на вариатор скорости загрузочного транспортера.

Результаты проведенных статистических исследований по расчету долевых значений фракций служат для обоснования выбора технологических схем регулирования подачи поточной линии в целом и блоков линии. Планируемая производительность поточной линии может устанавливаться в диапазоне 2,0 – 3,0 т/час. Например, при устанавливаемой производительности 2 т/час при Кф = 1,3 и средней урожайности картофеля М = 60 и 80 г получаем выходы: фуражной фракции – 120 – 140 кг/час, 1-й универсальной фракции (35 – 45 мм) 760 - 440 кг/час, 2-й универсальной фракции (45 – 54 мм) – 580 – 760 кг/час, 3-й универсальной фракции – 280 – 480 кг/час и 4-й (крупной) фракции – от 60 до 380 кг/час [6].

Основные требования к устройствам линии автоматического сортирования агропродукции округло-овальной формы определены в работе [7].

Пульт управления с модификациями служит для последовательного включения технологических блоков поточной линии и выключения по окончании работы.

Блок дефектации клубней картофеля основан на роторной схеме конструкции с устройствами непрерывной ориентации клубней и с использованием механизма удаления дефектных клубней [7]. Устройства дефектации и оценки состава подаваемого вороха при практически идентичной системе транспортирования клубней будут отличаться блоками оптического контроля, настроенного на соответствующий вид агропродукции.

Разработка технического проекта поточных линий предусматривает:

- уточнение кинематических, технологических и конструкторских параметров разработанных технологических схем поточных линий для подготовки картофеля различного назначения;

- уточнение принципиальных технических схем отдельных блоков и модулей, входящих в состав линий;

- расчеты поточной загрузки линий в зависимости от состава подаваемого вороха, разработку принципиальной схемы блока управления;

- разработку блока электронно-оптического контроля состава подаваемого вороха;

- разработку каскадного блока калибрования картофеля на фракции;

- разработку гасителей скорости падения клубней при непрерывной передаче потока от предыдущего модуля на последующий;

- разработку роторного блока сухой чистки клубней картофеля;

- разработку роторного блока мойки клубней картофеля для поточной линии;
- разработку роторного блока дефектации клубней картофеля для семенных фракций поточной линии;
- разработку малогабаритных транспортеров для передачи потоков клубней на поточной линии;
- разработку системы оптического осмотра поверхности клубней, обнаружения дефектов, распознавания и классификации клубней по категориям качества;
- исследование и разработку блоков автоматического управления поточной линии.

Выводы

1. Обоснованы требования к блокам и модулям поточных линий для картофелехранилищ.
2. Определен состав основных блоков и модулей.
3. Созданы предпосылки для разработки технического проекта поточных линий различного технологического назначения.

Литература

1. Контроль качества и сертификация семенного картофеля (практическое руководство). М.: Минсельхоз России, 2003.
2. *Кириенко Ю.И.* Достоверность оптимизации формы клубней картофеля эллипсоидом // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. 1979. №5.
3. *Кириенко Ю.И., Башилов С.А.* Разработка технико-технологических параметров линии автоматического сортирования агропродукции округло-овальной формы // Труды 7-й Международной научно-технической конференции «Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве». М.: ГНУ ВИЭСХ, 2010.
4. *Кириенко Ю.И., Башилов А.М.* Обоснование параметров компонуемых по блочно-модульному принципу линий сортирования агропродукции округло-овальной формы // Материалы Международной научно-практической конференции «Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве». Республика Беларусь, Минск, 19-20 октября 2011 г.
5. *Кириенко Ю.И.* Изыскание и исследование рабочего органа для сортирования картофеля с целью повышения основных показателей процесса сортирования. Дис. … канд. техн. наук. М., 1978.
6. *Кириенко Ю.И.* Реализация технико-технологических требований к проекту оборудования и параметрам блоков поточных линий разделения на фракции картофеля // Труды 8-й Международной научно-технической конференции «Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве». М.: ГНУ ВИЭСХ, 2012.
7. Патент РФ №2455903. Устройство для дефектации объектов преимущественно округло-овальной формы / Кириенко Ю.И., Башилов А.М., Башилов С.А. // БИ. 2012. № 20.

УДК 628.9:631.344.4

ПЛАЗМЕННЫЙ ОБЛУЧАТЕЛЬ ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ ЗЕЛЕННЫХ КУЛЬТУР В ТЕПЛИЦАХ

Асп. Р.А. Жидков, канд. техн. наук В.В. Малышев
(ГНУ ВИЭСХ)

Представлен плазменный облучатель (ПО) с серной лампой для выращивания зеленных культур в теплицах. Сравнивается спектр излучения плазменного облучателя со спектром натриевой лампы высокого давления (НЛВД) и с распределением фотосинтетически активной радиации (ФАР) для растений.

Ключевые слова: *плазма; серная лампа; квазисолнечный спектр; теплицы.*

Presented is Plasma Irradiator (PI) for growing lettuce. In this paper the emission spectrum of the PI is compared with the spectrum of the high pressure sodium lamps and with the distribution of photosynthetic active radiation (PAR).

Keywords: *plasma; sulfur lamp; quasisolar spectrum; greenhouse.*

Эффекты возникновения оптического излучения (ОИ) при взаимодействии электромагнитного поля с веществом в его различных агрегатных состояниях наблюдали, изучали и даже использовали на протяжении уже более 100 лет. Развитие источников электромагнитных колебаний в направлении повышения уровней мощности и генерируемых частот способствовало в частности расширению исследований по применению безэлектродного газового разряда в высокочастотных, а затем и в СВЧ электромагнитных полях.

Большой выход ОИ из парогазовой смеси, возбуждаемой СВЧ энергией, порождает целую наукоемкую тему такую, как СВЧ плазмосветотехника, а возможно и развитие нового научного направления.

С 1998 года в ФГУП ВЭИ ведется научный поиск по технической реализации различных модификаций плазменных светооптических устройств на базе безэлектродного СВЧ разряда [1].

Совместно ГНУ ВИЭСХ и ФГУП ВЭИ проводят работы по созданию равноинтенсивного по световому потоку плазменного источника света (основные участники - академик РАСХН Д.С. Стребков, канд. техн. наук В.В. Малышев, аспирант Р.А. Жидков). В результате этих работ создан световой прибор, при разработке которого было уделено внимание непосредственно источнику питания магнетрона.

В мировой практике для уменьшения массы и габаритов, а также для повышения КПД, используются высокочастотные инверторные источники питания СВЧ генераторов. В ходе многих экспериментов в ФГУП ВЭИ удалось установить, что на интенсивность светового потока можно влиять путем введения модуляции. В итоге был разработан принципиально новый источник питания (высокочастотный инвертор с обратной связью), в обратную связь которого встроен процессорный блок, обрабатывающий по специальному алгоритму ток анода магнетрона (патент РФ №115605 от 22.11.2011, Жидков Р.А.). В ходе дальнейших работ был разработан плазменный облучатель (рис. 1).

Рис. 1. Плазменный тепличный облучатель

Спектр ОИ плазменного облучателя – сплошной, квазисолнечный. Данная разработка проходит испытания для выращивания зеленных культур, которые проводятся в аэропонных системах при поддержке Генерального директора Группы аэропонных технологий НИИ «Сельскохозяйственные биотехнологии» Россельхозакадемии Мартиросяна Ю.Ц.

Известны кривые поглощения хлорофиллов и каротиноидов. Огибающая поглощения хлорофиллов и каротиноидов, а также сам спектр плазменного облучателя, спектр натриевой лампы высокого давления (НЛВД) и кривая фотосинтетические активной радиации (ФАР) для выращивания растений показаны на рис. 2.

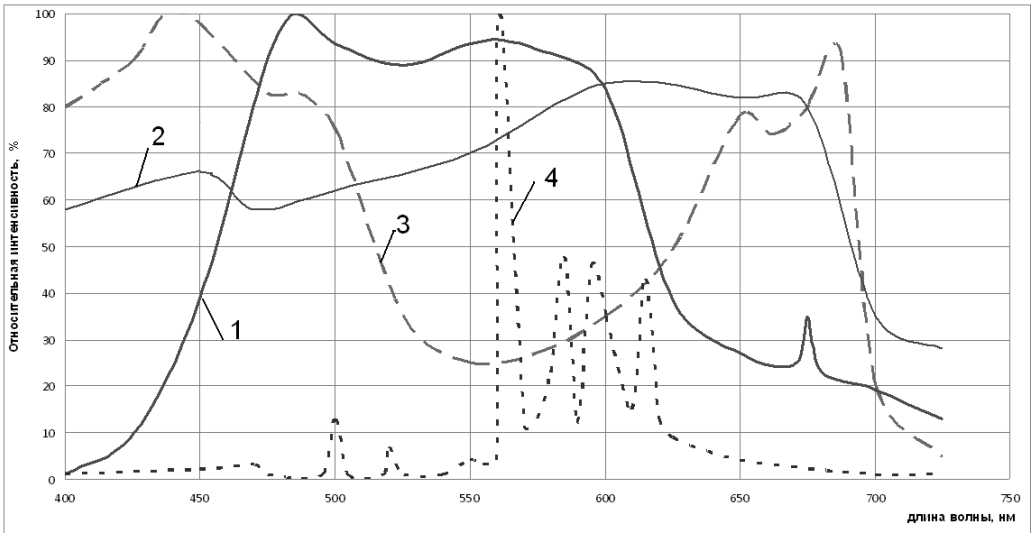

Рис. 2. Кривые поглощения хлорофиллов и каротиноидов, спектр плазменного облучателя, спектр НЛВД и фотосинтезной активной радиации в относительных единицах от длины волны: 1 – спектр плазменного облучателя; 2 – кривая фотосинтеза для растений; 3 – поглощение хлорофиллов и каротиноидов; 4 – спектр НЛВД

Спектр серной лампы в плазменном облучателе также представлен на рис. 2. НЛВД широко применяются в тепличных хозяйствах. Из графиков видно, что по сравнению со спектром плазменного облучателя интенсивность излучения НЛВД в синей области спектра значительно ниже (7%). Применительно к выращиванию зеленных культур интенсивность синей и красной области спектра нужно увеличивать. Это достигается с помощью добавления в рабочее вещество плазменной лампы-горелки иодидов индия и натрия. Подобные добавки не должны нарушать сплошной спектр серы и повышать ФАР плазменного облучателя.

Следует отметить, что растения используют не только синюю и красную область спектра для биохимических реакций, но и в других областях получают информацию о сезонном изменении и изменении времени суток.

Еще одним достоинством плазменного облучателя является возможность имитации режимов восхода и захода солнца. Плазменный облучатель можно включать не сразу в номинальном режиме, а на 60% ниже, постепенно доводя до номинальной мощности, и наоборот. Плазмохимические процессы в лампе-горелке проходят таким образом, что повторяют солнечные спектры восхода и захода солнца. Первые предварительные испытания в Голландии на огуречных культурах показали, что прирост сухой биомассы чисто серных ламп относительно ламп НЛВД выше в 1,3 раза [2].

В результате дальнейших испытаний, проводящихся в Группе аэропонных технологий НИИ «Сельскохозяйственные биотехнологии» РАСХН, будет выявлена эффективность роста зеленных культур при облучении растений плазменным облучателем по сравнению с НЛВД.

Мощность серной лампы в плазменном облучателе составляет 800 Вт; в биологических экспериментах используются также два светильника с НЛВЛ мощностью по 400 Вт. Цветовая температура серной лампы составляет 5100 К, а НЛВД – 3200 К.

Вывод

Предполагается, что наличие квазисолнечного спектра у серной лампы даст более эффективный рост семенного картофеля (оценка производится по сухому весу биомассы), чем под НЛВД.

Литература

1. *Александрова О.Ю., Жидков Р.А., Шлифер Э.Д.* Создание осветительных и облучательных установок на базе безэлектродных СВЧ разрядных ламп // Светотехника. 2006. №3. С. 21-27.
2. *Sander W.* Hogewoning, Peter Douwstra, Govert Trouwborst, Wim van Ieperen, and Jeremy Harbinson. An artificial solar spectrum substantially alters plant development compared with usual climate room irradiance spectra // J. Exp. Bot. March 2010. 61: 1267-1276.

УДК 631.371:621.1

ПРОГРАММНЫЙ ПРОЕКТ ДЛЯ РАСЧЕТА ПОТРЕБНОЙ МОЩНОСТИ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ И ГОДОВОГО РАСХОДА ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ НА ОБЪЕКТАХ ЖИВОТНОВОДСТВА

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

Программный проект включает в себя алгоритм, машинный код, экранные формы и предназначен для автоматизированного расчета основных показателей системы теплообеспечения на объектах животноводства. Расчет потребной мощности на подогрев приточного воздуха, отопление, процессы горячего паро- и водоснабжения, а также годового потребления энергии служит основой для выбора теплоэнергетического оборудования и последующего обоснования системы теплообеспечения. Программный проект представлен в виде исполняемого Windows-приложения, не требует специального программного обеспечения и подготовки для работы с ним.

Ключевые слова: *программный проект; теплообеспечение; тепловые процессы; животноводство.*

The program design includes algorithm, a machine code, screen shapes and is intended for the automized calculation of the basic indexes of system of a heat supply on animal husbandry plants. Input calculation on inlet air heating, heating, hot steam processes and water services, and also an annual consumption of power forms the fundamentals for sampling of the heat power equipment and the subsequent justification of system of a heat supply. The program design is presented in the form of an executed Windows application, does not demand the special software and preparation for operation with it.

Keywords: *the program design; a heat supply; thermal processes; animal husbandry.*

Расчет потребной мощности на подогрев приточного воздуха, отопление, процессы горячего паро- и водоснабжения, а также годового потребления энергии в тепловых процессах сельскохозяйственного производства служит основой для выбора теплоэнергетического оборудования и последующего обоснования системы теплообеспечения. Целью расчета годовой потребности фермы в теплоте является определение наиболее экономичного варианта схемы теплообеспечения и выбора энергоносителя, например, по методу приведенных затрат.

При расчете и проектировании систем обеспечения микроклимата животноводческих зданий параметры наружного и воздуха внутри помещения принимаются в соответствии с нормами технологического проектирования и СНиПами [1, 2, 3]. Система микроклимата должна обеспечить требуемые параметры содержание животных в течение всего периода их нахождения в помещениях в соответствии с технологическим процессом.

Дефицит теплоты Q в помещениях определяется в соответствии с результатами расчета тепловлажностного баланса этих помещений [4, 5]. Балансовые уравнения составляются и решаются по отношению к свободным тепловыделениям животных. Учет баланса влаги производится расчетом воздухообмена. Уравнение тепловлажностного баланса записывается в следующем виде:

$$Q = Q_{\text{вент}} + Q_{\text{исп}} + Q_{\text{огр}} - Q_{\text{св}} - Q_{\text{ут}} ,$$

где $Q_{\text{вент}}$ – тепловой поток, необходимый на подогрев приточного воздуха от расчетной наружной до расчетной внутренней температуры, Вт; $Q_{\text{исп}}$ – теплота, теряемая на испарение влаги в помещении, Вт; $Q_{\text{огр}}$ – потери теплоты через ограждения здания, Вт; $Q_{\text{св}}$ – свободная теплота, выделяемая животными, Вт; $Q_{\text{ут}}$ – тепловой поток, возвращаемый теплоутилизатором, Вт.

Расчет всех составляющих теплового баланса вызывает определенные трудности, так как оперирует с большим количеством параметров и коэффициентов из области строительной теплотехники и климатологии, технологии содержания различных групп животных, требует наличия справочной литературы и нормативной документации и носит громоздкий характер. Поэтому в различных методических рекомендациях [4, 5] он представлен в упрощенном виде, что отрицательно сказывается на точности получаемых результатов. Так, годовой расход теплоты на создание искусственного микроклимата определяют при средней температуре отопительного периода, что приводит в ряде случаев к погрешности в расчетах до 20%.

Для ускорения и облегчения расчета потребной мощности отопительной установки и годового расхода тепловой энергии для обеспечения требуемых параметров микроклимата и горячего водоснабжения на животноводческих объектах нами разработан программный проект для персонального компьютера (ПК) в средах проектирования Visual Basic и C#. Алгоритм расчета разработан на теоретической базе методических рекомендаций [4, 5, 6] с рядом дополнений. Так с целью повышения точности расчета годовой расход теплоты на подогрев приточного воздуха определяется не по средней температуре за отопительный период, а по дифференциальным функциям распределения стояния температуры наружного воздуха рассматриваемой климатической зоны. Все параметры и коэффициенты, заложенные в программу расчета, взяты из действующих норм технологического проектирования предприятий КРС, свиноводческих предприятий и соответствующих СНиПов.

Программа написана для работы в диалоговом режиме с ПК таким образом, что все необходимые справочные данные включены в ее базу и пользователю нет необходимости в поиске какой-либо информации, что очень удобно и существенно упрощает работу. Программный проект, содержащий программные модули и экранные формы (рис. 1, 2, 3), реализован в формате .exe-файла (исполняемое Windows-приложение).

Основными исходными данными для расчета тепловых и энергетических параметров зданий животноводческих ферм являются: объект (здание, помещение), группы животных и технология их содержания, климатическая зона размещения объекта, температура наружного воздуха, относительная влажность наружного воздуха, температура воздуха внутри помещения, относительная влажность воздуха внутри помещения, вес животного, количество животных в помещении, уровень лактации (для коров),

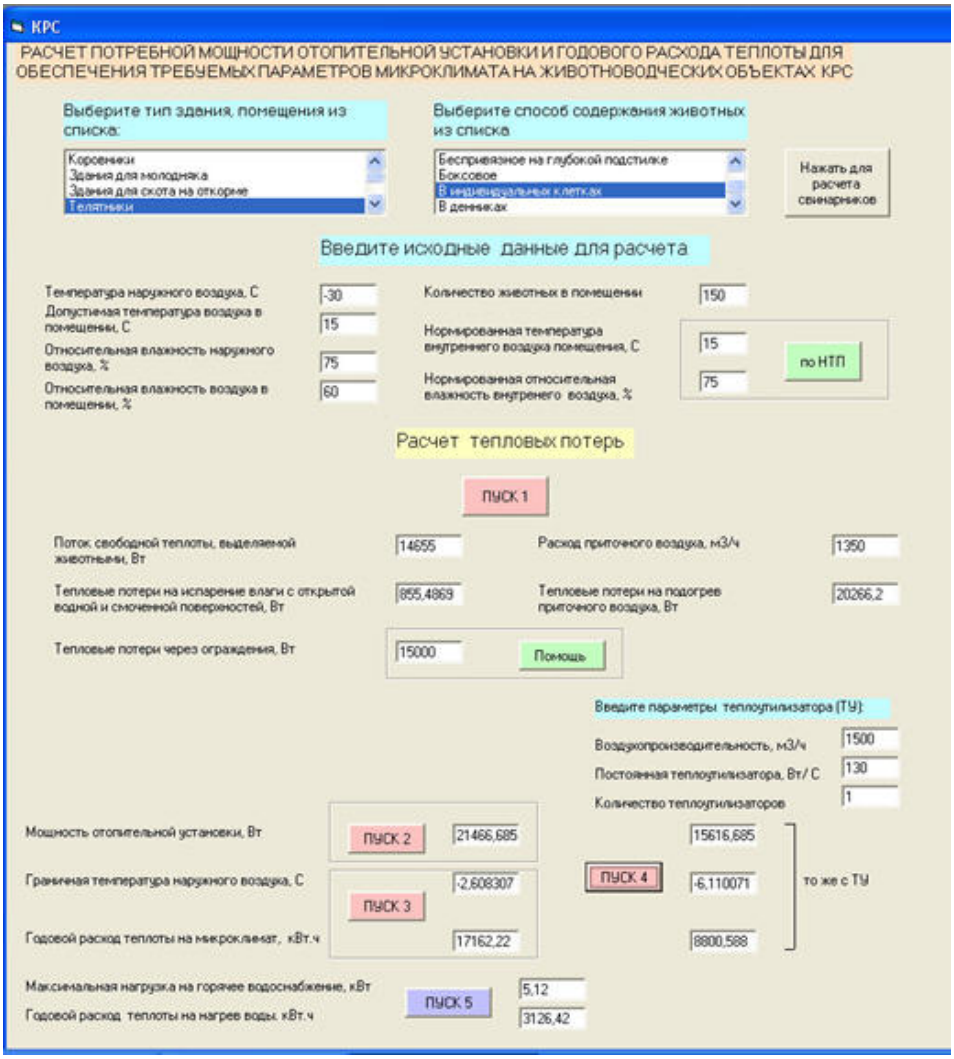

Рис. 1. Пользовательский интерфейс расчета мощности отопительной установки и годового расхода тепловой энергии для объектов КРС

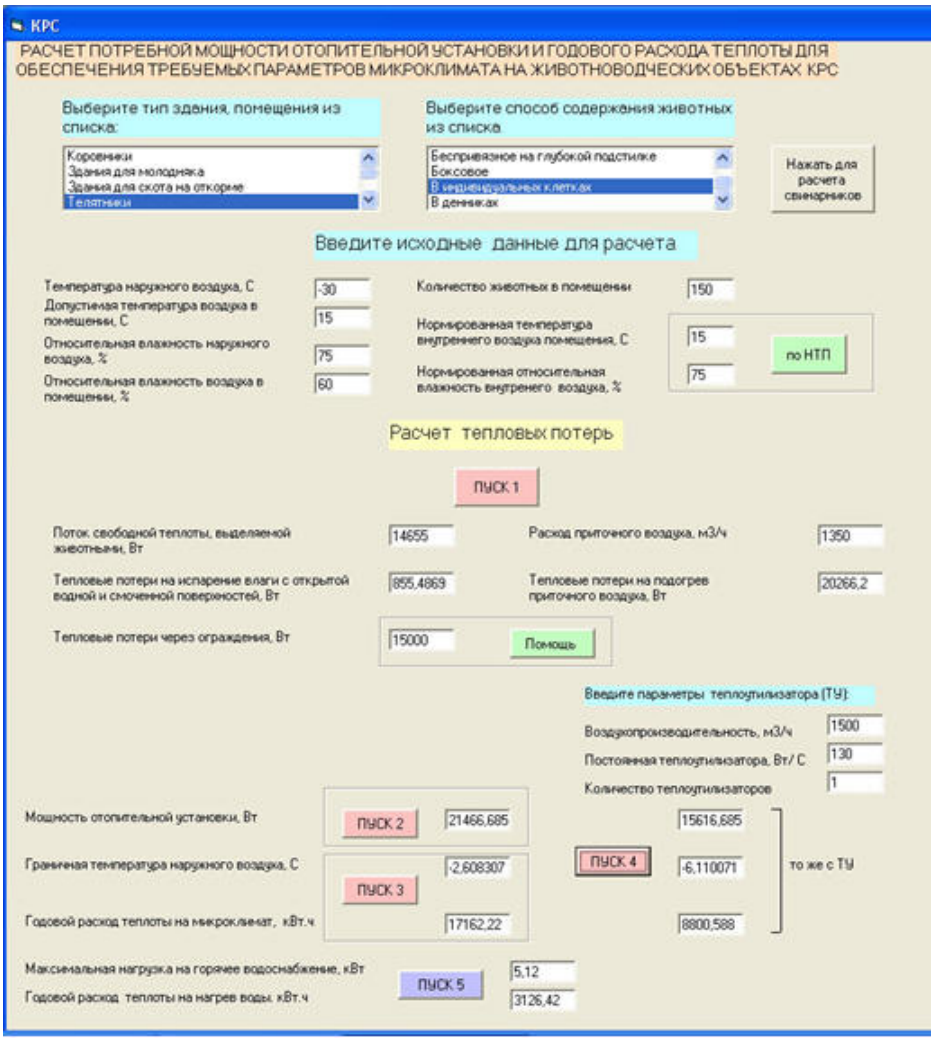

Рис. 2. Пользовательский интерфейс расчета мощности отопительной установки и годового расхода тепловой энергии для свинарников

площадь открытой водной поверхности, площадь поилок, площадь смоченной поверхности пола, площадь подстилки, нормы потребления горячей воды, пара.

В процессе работы за компьютером на экран монитора (и печатающее устройство) выводятся следующие результаты: нормируемые температура и относительная влажность воздуха внутри помещения, согласно нормам технологического проектирования, скорректированные пользователем исходные данные для расчета, поток свободной теплоты от животных, тепловой поток через ограждения, теплопотери на испарение влаги со смоченных поверхностей помещения, количество теплоты на подогрев приточного воздуха, мощность отопительной установки, расход приточного воздуха в помещении, граничная температура наружного воздуха, при которой начинается отопительный период, годовой расход теплоты на создание микроклимата в помещении.

При использовании утилизаторов теплоты дополнительно вводятся в качестве исходных данных их теплоэнергетические показатели, и проводится анализ влияния теплоутилизаторов на мощность отопительной установки и годовой расход теплоты.

Также определяется величина тепловой нагрузки на горячее водоснабжение и производство пара.

Разработанный программный проект позволяет: значительно ускорить, автоматизировать расчет составляющих уравнения тепловлажностного баланса помещений для различных групп животных с учетом технологий их содержания и климатической зоны размещения объекта; повысить точность расчета годового расхода тепловой энергии на микроклимат; динамично исследовать режимы работы проектируемой вентиляционно-отопительной установки при изменении параметров наружного и внутрен-

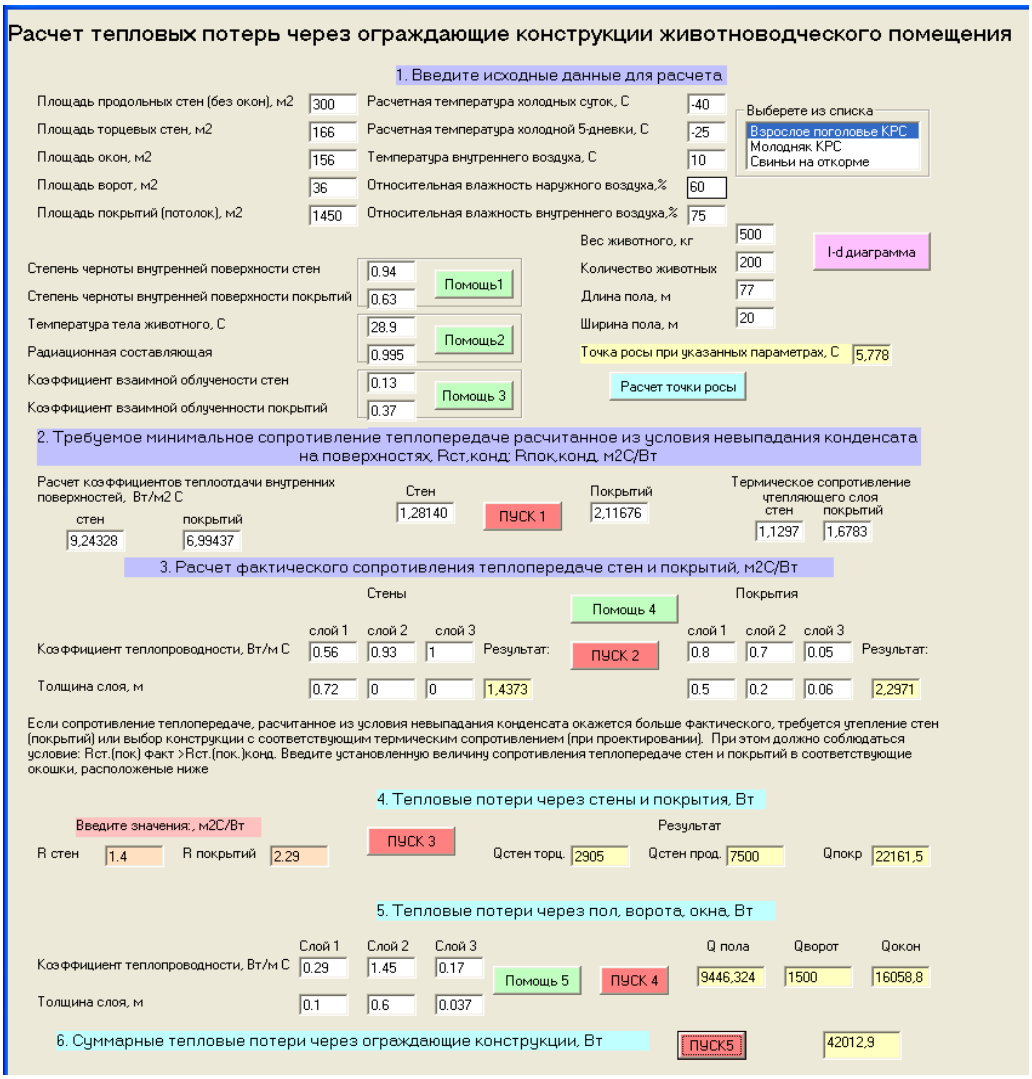

Рис. 3. Подпрограмма расчета тепловых потерь через ограждающие конструкции здания, помещения

него воздуха; проанализировать эффективность применения утилизации теплоты удаляемого вентиляционного воздуха; определить величину тепловой нагрузки и годовой расход теплоты на горячее водоснабжение и производство пара. Программный проект представлен в виде исполняемого Windows-приложения, не требует специального программного обеспечения и подготовки для работы с ним.

Литература

1. ВНТП2-96. Ведомственные нормы технологического проектирования свиноводческих предприятий. М.: Минсельхозпрод РФ, 1996.
2. Методические рекомендации по технологическому проектированию ферм и комплексов крупного рогатого скота. М.: Минсельхоз РФ, 2011. – 109 с.
3. СНиП 2.10.03-84 Животноводческие, птицеводческие и звероводческие здания и помещения.
4. Рекомендации по расчету, проектированию и применению систем электротеплоснабжения животноводческих ферм и комплексов. Запорожье, 1985. – 81 с.
5. Рекомендации по расчету и проектированию систем обеспечения микроклимата животноводческих помещений с утилизацией теплоты выбросного воздуха. М.: Гипронисельхоз, 1987. – 77 с.
6. *Расстригин В.Н., Сухарева Л.И., Тихомиров Д.А.* Методические рекомендации по расчету и применению систем электротеплообеспечения на животноводческих предприятиях. М.: ГНУ ВИЭСХ, 2007. – 35 с.

УДК 621.311

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕЛЕГРАФНЫХ УРАВНЕНИЙ ДЛЯ ОПИСАНИЯ РЕЗОНАНСОВ ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ТРАНСФОРМАТОРА

Канд. техн. наук В.Л. Руденко
(ГНУ ВИЭСХ)

Для описания высоковольтного трансформатора используется модель связанных спиральных обмоток. Телеграфные уравнения длинных линий применяются для определения системы линейных алгебраических уравнений относительно амплитуд токов и напряжений в обмотках трансформатора. Рассматривается влияние резонансов собственных волн обмоток трансформатора на частотные зависимости входного импеданса.

Ключевые слова: *высоковольтный трансформатор; резонанс; телеграфные уравнения длинных линий.*

A model of corresponding spiral windings is used for description of high–voltage transformer. Telegraph equations of long lines are used to determine the system of linear algebraic equations for the amplitudes of currents and voltages in the windings of the transformer. The analysis of influence of own waves resonances of transformer windings on frequency dependences of an entrance impedance is carried out.

Keywords: *the high-voltage transformer; a resonance; a telegraph equations of long lines.*

При проектировании высокочастотных преобразователей высоковольтных источников питания необходимо правильно учитывать появление у повышающего трансформатора собственных резонансов. Традиционный подход использования сосредоточенных параметров обмоток, применимый для низких частот, должен уточняться в силу появления у высоковольтных обмоток, содержащих большое число витков, на повышенных частотах свойств распределенных линий и возникновения резонансного взаимодействия собственных волн.

В общем случае задача описания функционирования трансформатора с учетом волновых процессов в обмотках является затруднительной. Для получения решения, отражающего физические закономерности процессов, будет рассмотрена упрощенная модель двухобмоточного воздушного трансформатора. Диэлектрическая проницаемость изоляции проводов будет полагаться равной проницаемости среды, омическими потерями в проводах обмоток пренебрегают. Геометрия трансформатора приведена на рис. 1 в виде сочленения двух цилиндрических однослойных рядовых обмоток длиной l, расположенных вдоль оси 0Z.

Каждый обмотка характеризуется такими параметрами, как радиус спиральной обмотки – a, шаг спиральной обмотки – d, угол подъема витков спирали, определяемый шагом и радиусом спирали – $ctg(\psi) = 2\pi a / d$, т.е. ψ – это угол между направлением проводимости и касательной к окружности цилиндрической обмотки.

Для описания функционирования трансформатора используется модель связанных спиральных линий [1].

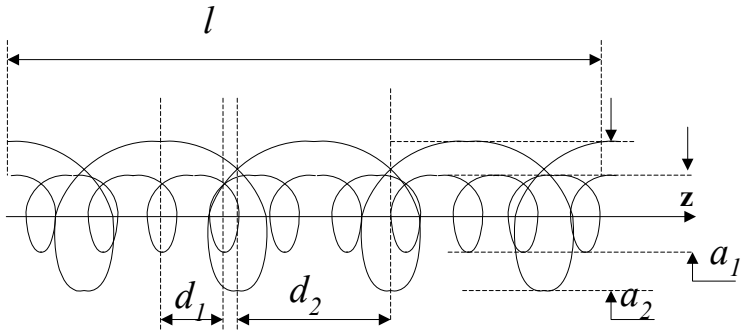

Рис. 1. Геометрия воздушного двухобмоточного трансформатора

Исходными для дальнейшего анализа являются телеграфные уравнения в следующем виде:

$$\begin{aligned}
&\frac{dU_1}{dz} + i\omega L_1 J_1 - i\omega L_{12} J_2 = 0;\\
&\frac{dU_2}{dz} + i\omega L_2 J_2 - i\omega L_{12} J_1 = 0;\\
&\frac{dJ_1}{dz} + i\omega C_1 U_1 - i\omega C_{12} U_2 = 0;\\
&\frac{dJ_2}{dz} + i\omega C_2 U_2 - i\omega C_{12} U_1 = 0,
\end{aligned} \qquad (1)$$

где J_1, U_1, J_2, U_2 – токи и напряжения в обмотках трансформатора; $\omega = 2\pi f$ – рабочая частота; C_1, C_2, L_1, L_2 – емкости и индуктивности обмоток трансформатора, приходящиеся на единицу длины; L_{12}, L_{12} – взаимные коэффициенты индуктивности и емкости обмоток трансформатора, приходящиеся на единицу длины.

Поиск решения системы (1) в виде

$$\begin{aligned}
U_1 &= Ae^{-i\beta z}, \quad I_1 = Be^{-i\beta z};\\
U_2 &= De^{-i\beta z}, \quad I_2 = Ee^{-i\beta z},
\end{aligned} \qquad (2)$$

где β – волновое число, приводит систему (1) после подстановки (2) к виду

$$\begin{aligned}
&-\beta A + \omega L_1 B - \omega L_{12} E = 0;\\
&\omega C_1 A - \beta B - \omega C_{12} D = 0;\\
&-L_{12}\omega B - \beta D + \omega L_2 E = 0;\\
&-\omega C_{12} A + \omega C_2 D - \beta E = 0.
\end{aligned} \qquad (3)$$

Данная система имеет не нулевые решения относительно значений A, B, D, E, если ее определитель равен нулю.

Для приведенных в (1) коэффициентов в случае основной азимутально-симметричной волны в [1] получены выражения:

$$\begin{aligned}
L_1 &= \frac{\mu_0}{2\pi}\Big[I_0(\gamma a_1)K_0(\gamma a_1) +\\
&+ ctg^2\psi_1 I_1(\gamma a_1)K_1(\gamma a_1)\Big];\\
L_2 &= \frac{\mu_0}{2\pi}\Big[I_0(\gamma a_2)K_0(\gamma a_2) +\\
&+ ctg^2\psi_2 I_1(\gamma a_2)K_1(\gamma a_2)\Big];\\
L_{12} &= \frac{\mu_0}{2\pi}\big[I_0(\gamma a_1)K_0(\gamma a_2) +\\
&+ ctg\psi_2 ctg\psi_1 I_1(\gamma a_2)K_1(\gamma a_2)\big];
\end{aligned} \qquad (4)$$

$$C_1 = \frac{S_2}{S_1S_2 - S_{12}^2};\ C_2 = \frac{S_1}{S_1S_2 - S_{12}^2};\ C_{12} = \frac{S_1}{S_1S_2 - S_{12}^2};$$

$$S_1 = \frac{I_0(\gamma a_1)K_0(\gamma a_1)}{2\pi\varepsilon_0};\ S_2 = \frac{I_0(\gamma a_2)K_0(\gamma a_2)}{2\pi\varepsilon_0};$$

$$S_{12} = \frac{I_0(\gamma a_1)K_0(\gamma a_2)}{2\pi\varepsilon_0}.$$

Здесь $I_{0,1}(x)$, $K_{0,1}(x)$ – модифицированные функции Бесселя; μ_0, ε_0 – магнитная и диэлектрическая проницаемости; $\gamma^2 = \beta^2 - k^2$, $k = \omega\sqrt{\varepsilon_0\mu_0}$.

С учетом (4) равенство определителя системы (3) можно представить в виде

$$\Upsilon(ka)^4 + \Xi(ka^2\gamma)^2 + (\gamma a)^4 = 0. \qquad (5)$$

В силу того, что коэффициенты Υ и Ξ зависят от γa параметрически, выражение (5) представляет собой линейное уравнение четвертой степени относительно ka, и его решение может быть найдено в виде зависимости от параметра γa.

Из формул (2), (5) следует, что в системе обмоток трансформатора существуют два типа волн (с волновыми числами β_1 и β_3), которые следуют в положительном и отрицательном направлении оси 0Z.

Решение уравнения (5) позволяет определить зависимость волновых чисел трансформатора от параметров задачи (рис. 2).

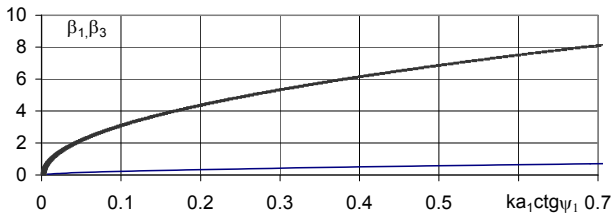

Рис. 2. Зависимость волновых чисел трансформатора β_1, β_3 от $ka_1\ ctg\psi_1$ для f = 10 кГц, a_1 = 0,1 м, a_2 = 0,15 м, $ctg\psi_1$ = 3140, $ctg\psi_2$ = 471

Для определения напряжений и токов в (1) необходимо нахождение коэффициентов A, B, D, E, что возможно осуществить из системы (3), если выразить все коэффициенты через одну величину, например амплитуду тока B.

Т.к. в каждой обмотке трансформатора могут существовать одновременно четыре волны (две с одной фазовой постоянной, идущие в разные стороны, и две с другой), то выражения для токов и напряжений должны содержать по четыре слагаемых, соответствующих этим волнам:

$$\begin{aligned}
U_1 &= A_1^- e^{-i\beta_1 z} + A_1^+ e^{i\beta z} + A_2^- e^{-i\beta_2 z} + A_2^+ e^{i\beta_2 z};\\
I_1 &= B_1^- e^{-i\beta_1 z} + B_1^+ e^{i\beta_1 z} + B_2^- e^{-i\beta_2 z} + B_2^+ e^{i\beta_2 z};\\
U_2 &= D_1^- e^{-i\beta_1 z} + D_1^+ e^{i\beta_1 z} + D_2^- e^{-i\beta_2 z} + D_2^+ e^{i\beta_2 z};\\
I_2 &= E_1^- e^{-i\beta_1 z} + E_1^+ e^{i\beta_1 z} + E_2^- e^{-i\beta_2 z} + E_2^+ e^{i\beta_2 z}.
\end{aligned} \qquad (6)$$

Амплитуды волн в (6) могут быть определены из граничных условий на концах обмоток.

Для первичной обмотки будет задаваться известной величина тока на концах обмотки J_0. Условия для вторичной обмотки должны отражать факт подключения сосредоточенной нагрузки с импедансом $Z_н$

$$I_1(0) = J_0, \quad I_1(l) = J_0; \qquad (7)$$
$$I_2(0) = I_2(l), \quad [U_2(l) - U_2(0)] / I_2(0) = Z_н.$$

Применение условий (3) для амплитуд напряжений и токов каждой из волн, распространяющейся в положительном и отрицательном направлении трансформатора (см. рис. 1) приводит к 12-ти уравнениям следующего вида

$$\begin{aligned} &-\beta_{1,2} A_{1,2}^{+;-} + \omega L_1 B_{1,2}^{+;-} - \omega L_{12} E_{1,2}^{+;-} = 0; \\ &\omega C_1 A_{1,2}^{+;-} - \beta B_{1,2}^{+;-} - \omega C_{12} D_{1,2}^{+;-} = 0; \\ &-L_{12}\omega B_{1,2}^{+;-} - \beta D_{1,2}^{+;-} + \omega L_2 E_{1,2}^{+;-} = 0. \end{aligned} \qquad (8)$$

Граничные условия (7) составляют 4 уравнения для неизвестных амплитуд токов и напряжений распространяющихся волн. В результате получается система из 16-ти линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) относительно 16-ти неизвестных амплитуд, которая может быть найдена с использованием ЭВМ.

Обращение данной системы позволяет определить токи и напряжения в обмотках трансформатора и определить входной импеданс трансформатора в виде

$$Z_{вх}(kl) = \frac{U_1(l) - U_1(0)}{J_0}. \qquad (9)$$

Зависимость напряжения и тока в обмотках трансформатора, полученная в ходе численного обращения СЛАУ, позволяет судить о волновом механизме передачи энергии при повышенных частотах. Так, на рис. 3, 4, 5, 6 приведена зависимость тока и напряжения во вторичной обмотке трансформатора для частоты 1000 Гц (рис. 3, 4), 200 кГц (рис. 5, 6) и следующих параметров l = 0,5 м; a_1 = 0,1 м; a_2 = 0,12 м, d_1 = 0,2 мм, d_2 = 2 мм, $Z_н$ = 10 кОм.

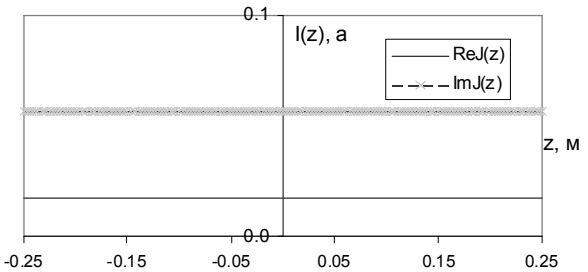

Рис. 3. Распределение тока $I(z)$ = ReI(z) + ilmI(z) во вторичной обмотке трансформатора, частота 10^3 Гц

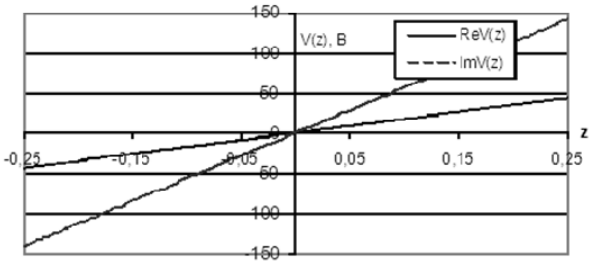

Рис. 4. Распределение напряжения $V(z) = ReV(z) + ilmV(z)$ во вторичной обмотке трансформатора, частота 10^3 Гц

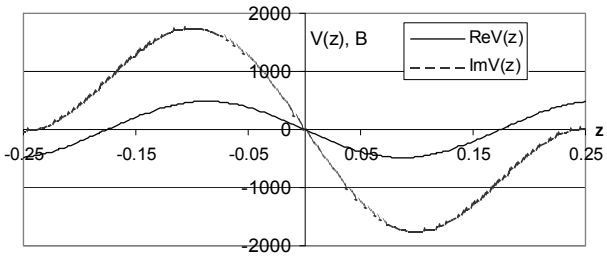

Рис. 5. Распределение напряжения $V(z) = ReV(z) + ilmV(z)$ во вторичной обмотке трансформатора, частота $2 \cdot 10^5$ Гц

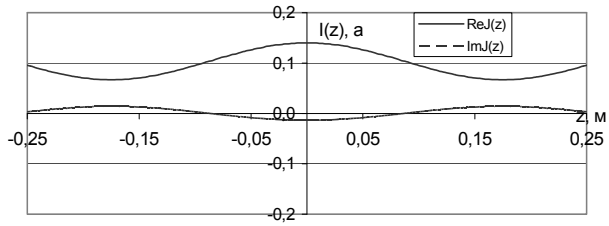

Рис. 6. Распределение тока $I(z) = ReI(z) + ilmI(z)$ во вторичной обмотке трансформатора, частота $2 \cdot 10^5$ Гц

Как видно из рис. 3, 4, 5 и 6, увеличение частоты тока в первичной обмотке трансформатора приводит к появлению бегущих навстречу друг другу собственных волн вторичной обмотки. Взаимодействие данных волн имеет резонансный характер, что отражено на частотных кривых входного импеданса трансформатора (рис. 7, 8, 9).

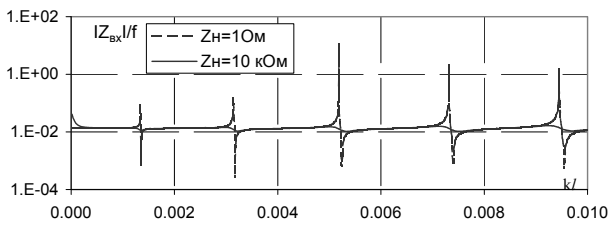

Рис. 7. Зависимость нормированного входного импеданса трансформатора $IZ_{вх}I/f$ от параметра kl для активной нагрузки $Z_н$

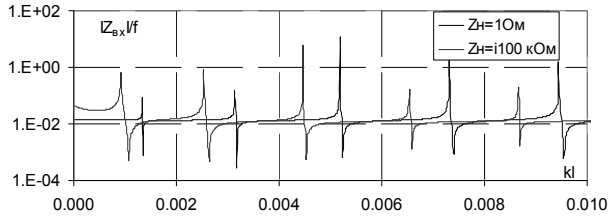

Рис. 8. Зависимость нормированного входного импеданса трансформатора $IZ_{вх}I/f$ от параметра kl для индуктивной нагрузки $Z_н$

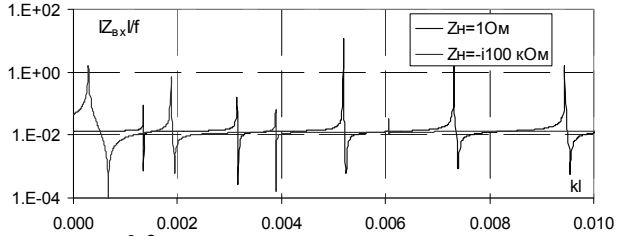

Рис. 9. Зависимость нормированного входного импеданса трансформатора $IZ_{вх}I/f$ от параметра kl для емкостной нагрузки $Z_н$

На данных кривых представлены нормированные зависимости входного импеданса $Z_{вх}(kl)/f$ для трансформатора с параметрами l = 0,5 м; a_1 = 0,1 м; a_2 = 0,12 м, d_1 = 0,2 мм, d_2 = 2 мм, построенные в соответствии с (9) для различных импедансов нагрузки $Z_н$, имеющих активный, емкостный и индуктивный характер.

На рис. 8 и 9 приведены для сравнения кривые импеданса для нагрузки $Z_н$ = 1 Ом из рис. 7. Увеличение сопротивления активной нагрузки до $Z_н$ = 10 кОм (см. рис. 7) приводит к уменьшению амплитуд собственных волн вторичной обмотки вследствии диссипативных потерь и значительному сглаживанию резонансных эффектов.

Подключение как индуктивной, так и емкостной нагрузки приводит к смещению резонансных эффектов в низкочастотную область. Так, если для $Z_н$ = 0 появление первого резонанса происходит при $kl \approx 0{,}0084$, то для $Z_н = i \cdot 10^5$ - при $kl \approx 0.0057$, и для $Z_н = -i \cdot 10^5$ - при $kl \approx 0.00178$.

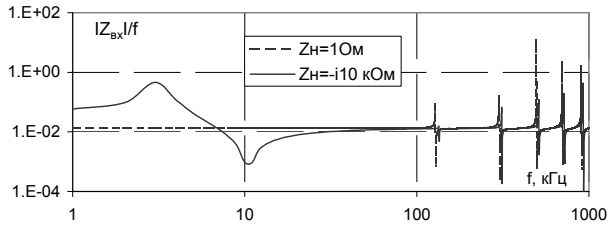

Рис. 10. Зависимость нормированного входного импеданса трансформатора $IZ_{вх}I/f$ от частоты f для емкостной нагрузки $Z_н$

Рассмотренная модель позволяет учесть резонанс LC контура, образованного индуктивностью вторичной обмотки и емкостью подключенной нагрузки. Данная ситуация отражена на рис. 10, который характеризуется появлением резонансного горба при $f \approx 3кГц$, вызванного резонансным контуром, образованным вторичной обмоткой трансформатора и подключением емкостной нагрузки. Примечательным в данной ситуации является факт незначительного смещения резонансных пиков собственных волн вторичной обмотки трансформатора.

В ходе обращения СЛАУ при проведении вычислений контролировалось выполнение закона сохранения энергии при наличии потерь в омической нагрузке вторичной обмотки трансформатора. Так, на рис. 11 приведены зависимости величины q, характеризующей отношение омических потерь во вторичной обмотке трансформатора к активной мощности в первичной обмотке от параметра kl для импедансов нагрузки $Zн = 1$ Ом, 100 кОм. Погрешность вычислений растет с увеличением kl и в диапазоне значений kl <0.02 не превышает 15%.

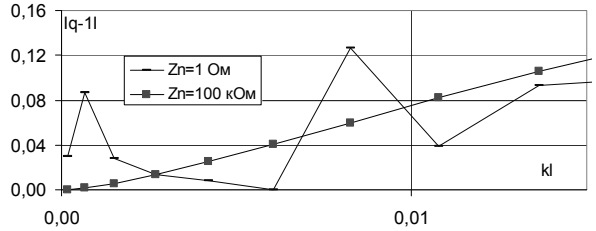

Рис. 11. Зависимость погрешности от параметра kl

Выводы

Применение модели связанных спиралей позволяет учесть особенности поведения трансформаторов, вызванные появлением у вторичных обмоток на повышенных частотах свойств распределенных линий. Анализ распределения токов и частотные зависимости импедансных свойств трансформаторов указывают на резонансное взаимодействие собственных волн обмоток. Условия появления резонансов определяются как индивидуальными особенностями обмоток, так и величиной и характером импеданса нагрузки. Данное обстоятельство необходимо учитывать при определении частот функционирования импульсных преобразователей источников питания с высоковольтными трансформаторами.

Полученные в статье результаты подтверждают целесообразность использования телеграфных уравнений длинных линий для анализа резонансных эффектов в трансформаторах на повышенных частотах.

Литература

1. *Силин Р.А., Сазонов В.П.* Замедляющие системы. М.: Советское радио, 1966.

УДК 631.171:311

ВАРИАНТЫ КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Канд. техн. наук Ю.С. Борисов, д-р техн. наук А.И. Некрасов, А.А. Некрасов, А.В. Ефимов
(ГНУ ВИЭСХ)

Представлены результаты систематизации работ при капитальном ремонте асинхронных электродвигателей, сравнительного анализа стоимостей разных вариантов такого ремонта, приведены статистические характеристики коэффициентов возрастания затрат при выполнении в разных сочетаниях дополнительных операций по сравнению с базовым их перечнем.

Ключевые слова: *асинхронный электродвигатель; стоимость капитального ремонта; коэффициент удорожания; сочетания операций; анализ.*

The article presents results of comparative analysis of the ratios of overhaul costs for various variants.

Keywords: *electrical motor; overhaul cost; ratio; analysis.*

В сельском хозяйстве вышедшие из строя электродвигатели (ЭД) часто направляются в капитальный ремонт (КР), который выполняется на крупных специализированных ремонтных заводах, включая ремонтные цеха заводов-изготовителей ЭД (например во Владимире, Воронеже и Томске), а также на мелких и средних частных или кооперативных предприятиях и участках станций и мастерских по ремонту сельскохозяйственной техники.

В короткозамкнутых ЭД могут появиться следующие неисправности: пробой межвитковой изоляции; значительное снижение электрической прочности изоляции обмотки относительно корпуса и между фазами; повреждение изоляции внешних слоев обмотки и выводных концов, антикоррозионного покрытия поверхности сердечника; износ подшипников, поверхности расточки стали, шпоночных канавок и шпонок, поверхности ротора, посадочных мест под статор и его корпуса – под подшипниковые щиты, под вал ротора, вала ротора – под шкив, соединительную муфту, звездочку или шестерню, подшипники, вентилятор; оплавление или обгорание наконечников выходных концов, листов сердечника; распушение крайних листов сердечника, ослабление крепления его пакета и бандажей обмотки; изгиб или излом крыльев вентилятора и вентиляционных лопаток ротора; обрывы стержней ротора; трещины на роторных кольцах и подшипниковых щитах, через отверстия крепления, на поверхности ступицы или крыльев вентилятора, на фланце; облом лап ЭД и ушек фланца, некоторые другие неисправности.

В 70–80% случаев ЭД отказывают из-за повреждения статорной обмотки, 10–20% – подшипниковых узлов, другие элементы повреждаются гораздо реже. Поэтому на всех ремонтных предприятиях страны приняты прейскуранты, ориентированные в первую очередь на замену сгоревшей обмотки. Они оценивают так называемый базовый набор операций: разборка ЭД, оценка дефектов его узлов и деталей, чистка и промывка, извлечение вышедшей из строя обмотки, намотка новой обмотки, пропитка лаком и сушка, сборка и послеремонтные испытания. Если диагностикой или дефектовкой выявлены другие неисправные детали ЭД, то их ремонт или замена осуществляется за дополнительную плату, учитываемую соответствующими удорожающими коэффициентами К, представляющими собой соотношение стоимостей реальной $С_р$ и базовой $С_б$ ремонта, т.е. $К = С_р/С_б$ (табл. 1 с введенной нами индексацией операций).

Если ремонт не связан с заменой обмотки, К не превышает единицы, т.е. стоимость фактической работы составляет долю от Сб. Например, при восстановлении электрического сопротивления изоляции (сушка, нанесение лакового покрытия) Кср = 0,4, покраске – Кср = 0,05, ремонте только статора Кср = 0,95. В случае КР ЭД серий 5А и RA, многоскоростных ЭД и устаревших серий (АО-2, АОЛ-2, АОЛ, АО и др.), однофазных (для точил, сверлильных станков и т.п.), с фазным ротором и крановых, ЭД привода вибраторов, гидротолкателей, генераторов, импортных Кср равен соответственно 1,19; 1,3; 1,44; 2,0; 1,35; 1,5. Цены указаны с учетом сдаваемого цветного металлолома в виде извлекаемой сгоревшей обмотки.

Таблица 1

Коэффициенты повышения стоимости капитального ремонта электродвигателей при выполнении дополнительных операций

Индекс	Ремонтная работа	Кср
P	Покраска	1,05
B	Динамическая балансировка ротора	1,17
T	Встройка в лобовую часть статорной обмотки термодатчиков	1,05
D	Восстановление посадочных мест под подшипники	1,20
S	Замена подшипников	1,10
R	Ремонт подшипниковых узлов с распрессовкой статора	1,30
U	Снятие с вала шкива, муфты, шестерни, звездочки	1,10
J	Установка на вал шкива, муфты и др.	1,05
F	Снятие и последующая установка шкива, муфты и др.	1,20
G	Ремонт железа статора	1,94
L	Модернизация ЭД (изменение мощности, частоты вращения и др.)	1,34
V	Выпрессовка статора	1,15

Примечание. Объемы выборок по дополнительным работам – от 4 до 18, поскольку отдельные операции не выполняются на части обследованных ремонтных предприятий.

Если заказчик предварительно извлек из ЭД обмотку, то стоимость КР возрастает в 1,2–1,36 раза (Кср=1,28). Повышает стоимость КР и срочность его проведения. Обычно он проводится за 2–3 недели, а при загруженности предприятия – дольше (до месяца). Для сокращения длительности пребывания ЭД в КР вводятся коэффициенты со средними по стране значениями для сроков КР в сутках: от 5 до 7 Кср=1,2; от 3 до 5 Кср=1,4; от 1 до 3 Кср=1,6; до 1 Кср=1,8. Базовые прейскуранты составлены, в основном, для трехфазных короткозамкнутых односкоростных ЭД серий 4А, АИР и АД (АДМ) конструктивного исполнения по способу монтажа IM 1081 (на лапах). Для других исполнений, в первую очередь IM 2081(на лапах и с фланцем), у части ремонтников приняты те же цены, у большинства из них Кср=1,5–2, в зависимости от конструкции ЭД, мощности и частоты вращения. Примерно у трети предприятий некоторые из перечисленных в табл. 1 работ входят в базовый перечень. Так, в «Электропромремонте», «Энергосервисе» и «Росдилер-Энерго» он включает покраску, замену отечественных подшипников и восстановление посадочных мест под них. Значения К на конкретных ремонтных предприятиях не всегда совпадают с указанными в табл. 1 средними величинами по стране. Стоимость работ у того или иного подрядчика может корректироваться в пользу заказчика в зависимости от объема заказа и местных обстоятельств (скажем, малой загруженностью предприятия).

Ценники на КР не учитывают стоимость запасных частей (подшипниковых щитов, вентиляторов, кожухов, крышек и т.д.), т.е. на их приобретение заказчик должен израсходовать дополнительные средства, размер которых в ценах 2011 года с НДС=18%, например, во «ВладЭлектроРемонте» для некоторых главных деталей представлен в табл. 2.

Таблица 2

Стоимость запасных частей для капитального ремонта электродвигателей

Запасная часть	Высота оси вращения ЭД, мм									
	80	**112**	**132**	**160**	**180**	**200**	**225**	**250**	**280**	**315**
Кожух металлический	113	375	421	661	763	1487	1489	2537	3122	3522
Вентилятор алюминиевый	130	408	642	668	1105	1739	1860	2220	2195	3122
Щит подшипниковый разных типов	636	967 … 1127	1975	2255	3344	3543	4337	6344	7285	7315
Коробка выводов в сборе	216	645	789	1700 … 3803	1700	3717 … 3803	3717	6344	6344	15507

В связи с ежегодным ростом тарифов на электроэнергию, нефтепродукты, услуги ЖКХ, металл и т.д. возрастает стоимость комплектующих изделий, электротехнической стали, проводниковых и изоляционных материалов. Соответственно растут в 1,11–1,8 раза (в среднем 1,22) в год цены на новые ЭД и их КР.

Сведения о стоимости Сб КР асинхронных ЭД серий 4А. АИР, 5А, АОЛ-2, АИС, А, АД, АДМ и других получены из прейскурантов и прайс-листов восемнадцати основных ремонтных организаций России. Рассмотрены ЭД мощностью 0,12–315 кВт, частотой вращения 750–3000 мин$^{-1}$. Анализ показал, что $С_б$ для каждой конкретной мощности возрастает с уменьшением частоты вращения ЭД, что можно объяснить усложнением его конструкции при увеличении числа полюсов. Так, вращение в 3000 мин$^{-1}$ достигается двумя полюсами, а 1000 мин$^{-1}$ – уже шестью. Месторасположение предприятия не особенно сказывается на $С_б$. Однако как это ни странно, эти стоимости могут существенно различаться на объектах, размещенных в одной географической зоне. По-видимому, это объясняется различным качеством работ, активностью их снабженческих служб, алчностью владельцев. Например, «УралЭлектроРемонт» и «Уралпромремонт» находятся сравнительно недалеко друг от друга, судя по прейскурантам, выполняют практически одинаковую работу, а стоимость КР у них различается в 1,6–1,9 раза.

При необходимости в нескольких дополнительных операциях ремонтники рассчитывают эквивалентный (общий, итоговый) коэффициент $К_{эр}$ как произведение частных коэффициентов удорожания из табл. 1. Стоимость КР они определяют по формуле

$$С_р = К_{эр}С_б = С_б(К_1 \times К_2 \times К_3 \times \ldots), \text{ руб.} \quad (1)$$

Необходимо отметить, что в этом случае подрядчик получает завышенную сумму по сравнению с истинной ценой работ $С_и$, которая равна

$$С_и = К_{эи}С_б = С_б[1 + (К_1 - 1) + (К_2 - 1) + (К_3 - 1) + \ldots], \text{ руб.} \quad (2)$$

В формуле (2) выражения в круглых скобках отражают стоимость каждой дополнительной работы (операции) в долях от $С_б$. Для любой одной из них $К_{эр} = К_{эи}$, (тогда $С_р = С_и$), в остальных случаях (две операции и больше) всегда $К_{эр} > К_{эи}$, а $С_р > С_и$. Например в результате дефектовки вышедшего на ОПК-3 ЭД АИР315 мощностью 160 кВт и частотой вращения 1500 мин$^{-1}$ выяснилась потребность в замене статорной обмотки (базовый вариант), балансировке ротора, восстановлении посадочных мест под подшипники. Кроме того, заказчик изъявил желание встроить в новую обмотку термодатчики. Минимальная $С_б$ для данного ЭД у рассмотренных восемнадцати ремонтных предприятий $С_б$ = 67180 руб. («ПромРемСтатор», г. Зеленоград). В соответствии с табл. 1

$$К_{эр} = 1{,}17 \times 1{,}2 \times 1{,}05 = 1{,}47$$

и

$$С_р = 1{,}47 \times 67180 = 98755 \text{ руб.}$$

Действительная (истинная) цена КР

$$С_и = 67\,180\,[1 + (1{,}17\text{-}1) + (1{,}2\text{-}1) + (1{,}05\text{ -}1)] = 67\,180 \times 1{,}42 = 95\,396 \text{ руб.},$$

т.е. в 98 755/95 396 = 1,47/1,42 = 1,04 раза меньше. В денежном выражении это соответствует 98 755 – 95 396 = 3359 руб. - сумма достаточно «чувствительная» для сельских товаропроизводителей при существующем их финансовом положении. Разница между Ср и Си возрастает по мере увеличения числа дополнительных работ.

В табл. 3 приведены сгруппированные комбинации из принятых на отечественных ремонтных предприятиях дополнительных операций (см. табл. 1).

Таблица 3

Группировка разных вариантов капитального ремонта электродвигателей

№ группы	Индекс подгруппы	Сочетание дополнительных операций
1	2	3
I	о	P, T, S, U, J, V, PT, PJ, TJ.
II	о	B, D, F, PB, PD, PS, PU, PF, PV, BT, TS, TU, TF, TV, SU, SJ, UV, JV, PTS, PTU, PTJ, PSJ, BJ, TS.
III	о	R, L, PR, BS, BU, BV, TR, PUV, BTS, BTU, PBTJ, PDTJ, PTSU, PTJV, SF, SV, JR, PBS, PBU, PBJ, PDT, BTJ, PTSJ, PDJ, PTV, PJV, TSU, TSVTUV, FU, TJV, SJV, BSJ, PBT, PTF, PSU, PSV.
IV	о	PL, BD, BF, TL, SL, UR, UL, JL, BDT, BDJ, BTV, BJF, PBTS, PBTU, FV, PBD, PBF, PDS, PDU, PDV, TSF, SUV, BSV, TJR, PBTV, PBSJ, PTR, PTL, PSF, PJR, PJL, PFV, TJR, TFV, BJV, BUV, PBJV, PDTS, PDTU, BTF, PDSJ, PTSV, PTUV, PSUV, PSJF, BTS, BTJV, TSJV, PTSJVBSU, PTSF, TSUV.

1	2	3
V	о	BR, BL, FR, PDF, PSL, PUR, PUL, BDS, BDU, BTF, BUF, TSL, TUL, SLJ, SFV, PBDT, PBDJ, PBDF, PBSU, PBSV, PBUV, PBJF, PDTF, PDTV, PDSU, PDSV, PDUV, PDJV, PTUR, PTJL, PTFV, BDTJ, BTSU, BTSV, BTUV, BTJF, BSF, TUR, PTJR, PSFV, BSJV, TSFV, PBTSU, PBTSJ, PBTJV, PDTSJ, PTSUV, PDTSJ.
VI	о	FL, RL, PBR, PBL, PDR, PDL, PFR, PFL, PLV, BDF, BDV, BTR, BTD, BSL, BUR, BUL, BJR, BJL, BFL, TFL, TLV, SUL, SLV, ULV, JLV, PBDS, PBDU, PBDV, PBTR, PBTL, PBSF, PBJR, PBJL, PBFV, PDTR, PDSF, PDUF, PDJR, PDFV, PTSL, PTUL, PTFR, PTLV, PSUR, PSJL, PJLV, BDTS, BDTU, BDTV, BDSU, BDSJ, BDJV, BTSF, BTUF, BTUR, BTJR, BTJL, BTFV, BSUV, TFR, BJFV, TSUR, TSJL, TJLV, PBDTS, PBDTU, PBDTJ, PBDSJ, PBTSF, PBTSV, PBTUV, PBSUV, PBSJV, PDTSU, PTSJL, PTSFV, BDTSJ, BTSUV, BTSJV, PDTSF, PDTSV, PDTUV, PDSUV, PBTSJV, PBTGR, PDSJV, TSUL.
VII	о	PRL, BDR, BLV, SFL, JRL, PBDF, PBDR, PBSL, PBUR, PBUL, PBFR, PBLV, PDTL, PDSL, PDUR, PDUL, PDJL, PTFL, PTRL, PSFL, PSLV, PULV, PJRL, BDTF, BDTR, BDSF, BDSV, BDUV, BDJR, BTSL, BTUL, BTFR, BTLV, BSUL, BSJL, BSFL, BFJR, BJLV, TULV, TJRL, SULV, SJLV, PBDTF, PBDTV, PBDSU, PBDSV, PBDUV, PBDJV, PBTSL, PBTUR, PBTUL, PBTJL, PBTFV, PBSJL, PBSFV, PTSUL, PTSLV, PSJLV, BDTSU, BDTJV, BTSJL, BTSFV, TSJLV, PBDTSJ, PBDTJV, PBTSUV, PDTSUV, PDTUR, PDTJL, PDTFV, PDSFV, PTULV, PTJLV, BDUF, TSFL, TSLV, BDTSV, BDTUV, PBDTSU, TRL, URL, PDTJR, BDSJV, BFR, BLF.
VIII	о	PG, TG, JG, BRL, PBSUL, PBULV, PBJLV, PDTSL, PDTUL, PDTJV, PDTLV, PDSUR, PDSJL, PDSUL, PDJLV, PTJRL, PTFLV, PSULV, PBDL, PBFL, PDFR, PDFL, PDLV, PURL, PFLV, BDTL, BDSL, BDUR, BDUL, BDJL, BDFV, BTFL, BSLV, BULV, BJFL, TFLV, SFLV, JRLV, PBDTR, PBDTL, PBDSF, PBDUR, PBDJR, PBDJL, PBDFV, PBTFR, PBTFL, PBTLV, BDTSF, BDTUR, BDTJR, BDTJL, BDTFV, BDSUV, BTSUL, BTSLV, BSJLV, PBDTSF, PBDTSV, PBDTJR, PBDSUV, PBDTSJV, PTSULV, PTSJLV, BDTSUV, PBTSFV, PBTJLV, PDTSUR, PDTSJL, PBTSUL, PBTSJL, PDTSFV, BSFL, TURL, PBSLV, PDTFR, PTSFL, PTURL, PBDTUV, BDTSJV, BTULV, BTJLV, TSULV, G.
IX	а	BDSFV, PBDTFV, PBDTSUV, PDTFL, PDSLV, PDULV, PSFLV, PDTSUL, PDTJLV, TSFLV, BDTUL, PBDTSL, PBRL, BTRL, PBSJLV, BJRL, PBDSL, PBDUL, PBSFL, BDSJL, BTSFL, BSULV, PBTSLV, PBTULV, PBDTJL, BTSJLV, BFLV, BDRF, BDTSFV, PBDSFV, PBDTUR, PDTSLV, PDTULV, TFRL, PFRL, PDRL, PDSFL, PTSFLV, PDSJLV.
	б	PBDLV, PBSULV, PDTSFL, BDFL, BURL, PBDLV, PBTRL, PBFRL, PDTRL, PDJRL, PDFLV, BDTFR, PTFRL, BDTLV, BDSUL, BDJLV, BTJRL, BTFLV, PBTSFL, PBDTSL, PBDTUL, BDTSJL, BTSULV, PBTSJLV, PBJRL, PBDFR, PBDSJL.
	в	BG, SG, UG, FG, PTG, PSG, PUG, PJG, TSG, TUG, TJG, SJG, PTJG.
X	а	BDSFL, BTSFLV, PBDTSFL, PDSULV, PDTSJLV, PBDTFR, PDTSULV, PDTJRL, PDTFLV, PTURLV, PDURL, PDTURL, PDSFLV, PBDFL, PBURL, BDTFL, BDSLV, BDULV, BTURL, PBTFLV, PBTJRL, PBDJLV, BSFLV, BUFLV, PBDTLV, PBDSUL, BDTJLV, BDTSUL, PBDTSJL, PBTSULV, BFRL, BDRL, PBSFLV, PBSJRL, PBTURL, BJRLV, PBDTFL, PBDSLV, BDSJLV, PBDTJLV, PBDTSUL, BDTSLV, BDTULV.
	б	SUG, TSJG, PTUG, PSJG, PTSG, GR, SFG, PBG, BTG, BJG, PDG, PFG, PSUG, TSUG, PTSJG, TFG, BSG, BUG, PBTG, BTJG, PBTJG.

Окончание табл. 3

1	2	3
XI	а	PBDRL, PBFRL, PDFRL, BDTRL, BDURL, BDJRL, BDFLV, BTFRL, PBDRL, PBDTSJLV, PBDTULV, PBDJRL, PBDFLV, PBTRLV, PBURLV, PBTFRL, PBDTRL, PBDSFL, PDTFRL, BDTSFL, BDTJRL, BDTFLV, BDSULV, BTURLV, PBDTSFL, PBDTSLV, PBDTULV, PBDSULV, PBDSJLV, PBTSFLV, PDTSFLV, PDTJRLV, BDTSULV, BDTSJLV.
	б	GL, PGR, PGL, BDG, BFG, TGR, TGL, JGR, JGL, UGR, PBSG, PBUG, PDTG, PDSG, PDUG, PDJG, PTGR, PSFG, PJGR, PTFG, BTSG, BTUG, BSUG, BSJG, TSFG, TJGR, PBTSG, PBTUG, PBSJG, PDTJG, BTSJG, BFG, PTSUG.
XII	а	PUGR, PDTSG, PDTUG, PDSJG, PTSFG, BDFRL, BDTURL, BDSFLV, PBDTURL, PBDTJRL, PBDTFLV, PBDSFLV, BDTSFLV, PBDTSULV.
	б	UGL, SGL, PBDG, PBFG, PDFG, PTFG, PSGL, PUGL, PJGL, BDTG, BDSG, BDUG, BDJG, BTFG, BSFG, TSFG, TUGR, TUGL, TJGL, SJGL, PBDTG, PBDJG, PBTFG, PBSUG, DSUG, PTUGR, PTJGR, PTJGL, BDTJG, PBTSUG, PDTSJG, BTSUG, PBTSJG.
XIII	а	PDTFG, PBDFRL, PDTSUG, PBDTSFLV, BDTFRL, PBDTFRL.
	б	PBGL, PBGR, PDGL, PDGR, PFGR, PFGL, PGLV, BDFG, BTGR, BTGL, BUGR, BJGR, BJGL, TFGR, TFGL, TGLV, SUGL, PBDSG, PBDUG, PBTGR, PBJGR, PDSFG, PTSGL, PTGLV, PTUGL, PSUGL, PBSFG, PSGJL, BDTSG, BDTUG, BDSUG, BDSJG, BTSFG, BTJGR, PBTSFG, TSUGL, TSJGL, PBDTSG, PBDTUG, PTSJGL, PBDTJG, BDTSJG.
XIV	о	GRL, PGRL, BDGR, BSGL, BUGL, BFGR, TDRL, SFGL, JGRL, PBDFG, PBTGL, PBSGL, PBUGR, PBUGL, PBJGL, PDTGR, PDSGL, PDUGR, PDUGL, PDJGR, PDJGL, PSFGL, BDTFG, BDSFG, BTUGR, BTUGL, BTJGL, BSUGL, BTSGL, PBTUGR, PBTJGR, PBTJGL, PDTSFG, PDTJGR, PDTJGL, PBSJGR, BSJGL, TSFGR, TSFGL, PBDTFG, PBDTSUG, PNSUGL, BDTSUG, PBDTSUV, PBDTSJG, PDTGL, PTFGR, PTFGL.
XV	о	BDGL, BFGL, URGL, BFRL, PBDGL, PBDGR, PBFGR, PBFGL, PDFGR, PDFGL, PTGRL, PUGRL, PJGRL, BDTGR, BDTGL, BDSGL, BDUGR, BDUGL, BDJGR, PBDJGR, PBTSGL, PBTUDL, PBTFGR, PBSUGL, PBSJGL, PDTSGL, PDTUGR, PDTUGL, BSFGL, TUGRL, TJGRL, PBDTGR, PBDSFG, PBDGR, PBDGL, TJRGL, PDTFGR, PDSUGL, PDSJGL, PTSFGL, PTJGRL, BDTSFG, BDTJGR, BDTJGL, BTSUGL, BTSJGL, PBDTSFG, PBTSJGL, PDTSJGL, BDJGL.
XVI	о	PBGRL, PDGRL, PFGRL, BDFGR, BDFGL, BTSFGR, BTSFGL, BTGRL, PBDJGL, PBTGRL, PBTFGL, PBSFGL, PBJGRL, BUGRL, BJGRL, TFGRL, PBDTGL, PBDSGL, PDTFGL, PDSFGL, PTUGRL, BDTSGL, BDTUGL, BDTUGL, BDSUGL, BDSJGL, BTJGRL, PBDTUGR, PBDTJGR, PBDTJGL, PBTSUG, PDTSUGL, PDTSFGR.
XVII	о	BDGRL, PBDFGR, PBDFGL, PBTSFGL, PUGRL, BFGRL, PDTGRL, PDUGRL, PDJGRL, PTFGRL, BDTFGR, BDTFGHL, BDSFGL, BDSGLV, BTUGRL, PBDTSGL, PBDTUGL, PBDTFGR, PBDTFGL, PBDSUGL, PBDSJGL, PBTUGRL, PBTJGRL, PDTSFGL, PDTJGRL, BDTSUGL, BDTSJGL, PBDTSJGL.
XVIII	о	PDTUGRL, BDTGRL, PBDTSUGL, PBDTSFGL, PBDGRL, PBFGRL, PDFGRL, BDUGRL, BDJGRL, BUFGRL, PBDTGRL, PBDSFGL, PBDGRL, PBDJGRL, PBTFGRL, BDTSFGL.
XIX	а	PDTFGRL, BDTUGRL, PBDTUGRL, BDFGRL, PBDTJGRL.
	б	BDTFGRL, PBDTFGRL.

Понятно, что объединяться не могут операции U и F, J и F; U + J равноценно F. В сочетаниях PJ и TJ $К_{эр} = К_{эи}$, т. к. в обоих подходах стоимость ремонта одинакова и равна $1{,}1С_б$. Индексом «о» (общий, одинаковый набор) обозначены комбинации операций, в которых погрешности $К_{эр}$ и $К_{эи}$ той или иной группы одновременно отличаются от их значений для каждого сочетания группы не более ±5%. Индексы «а» и «б» относятся к частям этих групп, в которых данное требование выполняется по отношению к $К_{эи}$ либо $К_{эр}$ (для другого коэффициента ошибка превышает 5%).

В практике чаще всего используются комбинации из 1–4 дополнительных операций. Большее их количество применяется редко – для заказчиков это, как правило, экономически нецелесообразно. Следует также учитывать транспортные расходы.

В табл. 4 применительно к сериям АИР, 4А и АД (АДМ) указаны статистические характеристики $К_{эр}$ и $К_{эи}$, относящиеся ко всей той или иной группе сочетаний. Погрешности для них в размерах «по 2», «с 2 по 3», «с 3 по 4» и «с 4 по 5» % распределяются соответственно в соотношении: для $К_{эр}$ 0,23; 0,19; 0,28 и 0,3, а для $К_{эи}$ – 0,13; 0,32; 0,13 и 0,42. Так они отличаются от $К_э$ каждого сочетания группы. Математическое распределение во всех случаях принято нормальным, хотя в реальности оно может не удовлетворяться в связи с ограниченным (конечным) числом ремонтных предприятий. Но воздействующих факторов, которые изменяются непредсказуемым (можно сказать случайным) образом довольно много, начиная от состояния мировой экономики. К тому же количество типов, исполнений и номинальных параметров ЭД разных серий и набора ремонтных операций в разных сочетаниях весьма велико.

Таблица 4

Статистические показатели коэффициентов повышения стоимости разных вариантов капитального ремонта электродвигателей

№ группы	Индекс подгруппы	Диапазон	$К_{ср}$, отн. ед.	σ, отн. ед.	95%-ный доверит. интервал	υ, %	*p*, %	$К_{эрср}/К_{эиср}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
I	о	1,05…1,15	1,10	0,04	1,07…1,13	3,6	1,3	1,00
II	о	1,16…1,26	1,21	0,04	1,19…1,23	3,3	0,8	1,01
		1,15…1,25	1,20	0,03	1,19…1,21	2,5	0,6	
III	о	1,27…1,38	1,32	0,03	1,31…1,33	2,3	0,5	1,02
		1,26…1,35	1,30	0,03	1,29…1,31	2,3	0,5	
IV	о	1,39…1,48	1,44	0,03	1,43…1,45	2,1	0,4	1,04
		1,36…1,43	1,39	0,03	1,38…1,40	2,2	0,4	
V	о	1,49…1,59	1,54	0,03	1,53…1,55	1,9	0,4	1,05
		1,44…1,51	1,47	0,02	1,46…1,48	1,4	0,3	
VI	о	1,60…1,76	1,67	0,05	1,66…1,68	3,0	0,5	1,06
		1,52…1,63	1,57	0,03	1,56…1,58	1,9	0,3	
VII	о	1,77…1,92	1,84	0,05	1,83…1,85	2,7	0,5	1,10
		1,64…1,73	1,67	0,03	1,66…1,68	1,8	0,3	
VIII	о	1,93…2,12	2,02	0,05	2,01…2,03	2,5	0,5	1,13
		1,74…1,85	1,78	0,04	1,77…1,79	4,1	0,4	
IX	а, б, в	2,13…2,34	2,22	0,06	2,21…2,23	2,7	0,7	
	а	1,82…1,89	1,86	0,02	1,85…1,87	1,1	0,3	1,19
	б	1,91…1,97	1,92	0,02	1,91…1,93	1,0	0,4	1,16
	в	2,04…2,14	2,08	0,03	2,06…2,10	1,4	0,8	1,07
X	а, б	2,35…2,56	2,43	0,06	2,42…2,45	2,5	0,8	
	а	1,91…2,04	1,98	0,03	1,97…1,99	1,5	0,5	1,23
	б	2,14…2,26	2,19	0,04	2,17…2,21	1,8	0,9	1,11
XI	а, б	2,57…2,78	2,67	0,07	2,65…2,69	2,6	0,9	
	а	2,06…2,14	2,09	0,03	2,08…2,10	1,4	0,5	1,28
	б	2,24…2,34	2,29	0,03	2,28…2,30	1,3	0,5	1,17
XII	а, б	2,82…3,06	2,93	0,05	2,92…2,94	1,7	0,7	
	а	2,16…2,34	2,25	0,08	2,21…2,29	3,6	2,1	1,30
	б	2,36…2,44	2,40	0,03	2,39…2,41	1,3	0,5	1,22

Окончание табл. 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9
XIII	а, б	3,08…3,31	3,20	0,07	3,18…3,22	2.2	1,0	
	а	2,25…2,44	2,33	0,09	2,26…2,40	3,9	3,7	1,37
	б	2,46…2,53	2,49	0,02	2,48…2,50	0,8	0,3	1,29
XIV	о	3,34…3,63	3,48	0,09	3,46…3,51	2,6	1,3	1,34
		2,54…2,65	2,59	0,03	2,58…2,60	1,2	0,4	
XV	о	3,65…4,02	3,83	0,11	3,80…3,86	2,9	1,6	1,42
		2,60…2,75	2,69	0,04	2,68…2,70	1,5	0,6	
XVI	о	4,03…4,42	4,21	0,13	4,17…4,25	3,1	2,3	1,51
		2,75…2,90	2,78	0,06	2,76…2,80	2,2	1,0	
XVII	о	4,43…4,83	4,59	0,12	4,55…4,63	2,6	2,3	1,58
		2,85…2,95	2,90	0,03	2,89…2,91	1,0	0,6	
XVIII	о	4,87…5,31	5,09	0,14	5,02…5,16	2,8	3,5	1,68
		2,95…3,05	3,02	0,03	3,01…3,04	1,0	0,8	
XIX	а	5,37…5,75	5,56	0,16	5,42…5,70	2,9	7,2	1,76
	б	5,98…6,28	6,13	0,21	5,84…6,42	3,4	14,9	1,95
	а, б	3,08…3,25	3,15	0,06	3,11…3,19	1,9	2,3	

Примечания. 1. Номера групп и индексация подгрупп в табл. 2 и 3 совпадают.

2. В группе I $К_{эр}$ и $К_{эи}$ одинаковы.

3. В группе XIX верхняя и средняя строки соответствуют $К_{эр}$, нижняя – $К_{эи}$.

4. В остальных группах верхняя строка – $К_{эр}$, средняя и нижняя – $К_{эи}$.

В табл. 4 $К_{ср}$ – средневзвешенное значение К, υ – коэффициент вариации текущих значений К относительно средневзвешенной, p - показатель точности. Коэффициент вариации представляет собой выраженное в процентах относительное отклонение выявленных К от его $К_{ср}$, в то время как σ характеризует вариабильность К в абсолютных значениях (в данном случае – относительные единицы). Показатель точности (стандартное отклонение или стандартная ошибка среднего значения) оценивает погрешность, которая, в среднем, появляется, когда рассматривают среднее значение изучаемой характеристики в качестве генеральной средней, считаемой истинной.

Приведенные таблицы и численные значения К позволяют оперативно оценивать соотношение финансовых затрат для разных вариантов КР ЭД и принять наиболее эффективное решение. Требуемое количество дополнительных операций, как отмечено выше, определяется дефектовкой ЭД. Применительно к рассмотренному примеру в табл. 3 выбираем комбинацию BDT (группа IV, верхняя строка), для которой из табл. 4 $К_{эср}$ = 1,44, а $К_{иср}$ = 1,39; их соотношение 1,04. Тогда $С_р$ = 1,44×67 180 = = 96 739 руб., $С_и$ = 1,39×67 180 = 93 380 руб., их разница – 3359 руб., что совпадает с результатом точного расчета.

Изложенный обобщенный материал не учитывает транспортные расходы и стоимость запасных частей – их размеры определяются местными конкретными обстоятельствами.

Требования к капитально отремонтированным ЭД приведены в [1].

Литература

1. *Борисов Ю.С., Некрасов А.А., Ефимов А.В.* Капитальный ремонт электродвигателей // Сельский механизатор. 2012. № 2. С. 32-33; № 3. С. 33.

УДК 631.171:621.311

ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ ПРОВЕРКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОДШИПНИКОВ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

А.А. Некрасов
(ГНУ ВИЭСХ)

Представлены результаты диагностической проверки технического состояния подшипников электродвигателей в процессе их эксплуатации с применением виброакустического прибора. В качестве диагностирующего параметра принят ранее обоснованный радиальный зазор подшипников. Для сравнения полученных при измерениях данных представлены предельные значения радиальных зазоров подшипников для различных мощностей электродвигателей. Дано краткое описание прибора и практические рекомендации по его использованию в работе. По результатам проведенных измерений сделана оценка состояния подшипников, даны практические рекомендации по проведению профилактических мероприятий для обеспечения эффективной эксплуатации электроприводов технологического оборудования экспериментального производства. При определении предотказового состояния использован упреждающий допуск, расположенный между предельным и предотказовым значениями радиального зазора. При обслуживании электроприводов по состоянию значительно увеличивается использование ресурса электродвигателей, задействованных на ответственных технологических процессах.

Ключевые слова: *техническое обслуживание; диагностика; асинхронный электродвигатель; подшипник; радиальный зазор.*

Results of diagnostic check of a technical condition of bearings of electric motors in the course of their operation with use of the vibroacoustic device are presented. As the diagnosing parameter earlier proved radial gap of bearings is accepted. For comparison of the data obtained at measurements limit values of radial gaps of bearings for various capacities of electric motors are presented. The short description of the device and practical recommendations about its use in work is given. By results of the carried-out measurements the assessment of a condition of bearings is made, practical recommendations about carrying out preventive actions for ensuring effective operation of electric drives of processing equipment of experimental production are made. At definition of warning condition the anticipatory admission located between limit and warning values of a radial gap size is used. At service of electric drives on a condition use of a resource of the electric motors involved on responsible technological processes considerably increases.

Keywords: *maintenance;* diagnostic; SingularPlural*electrical motor; bearin;, radial gap.*

Асинхронные электродвигатели являются наиболее значимыми и распространенными силовыми электроприемниками в сельскохозяйственном производстве. Они являются основой электропривода большинства стационарных видов технологического оборудования и сельскохозяйственных машин, выполняющих различные энергоемкие и сложные автоматизированные и роботизированные технологические процессы. На их долю приходится более 60 % потребляемой на производственные нужды электрической энергии.

Номенклатуру используемых электродвигателей в настоящее время представляют асинхронные двигатели серий 4А и АИР, реже АДМ, RA, 5А, АМ, АИС, АОЛ-2 и другие, главным образом мощностью 0,12-110 кВт, частотой вращения 750-3000 мин$^{-1}$, высотой оси вращения 56-280 мм. Большинство типов электродвигателей относятся к достаточно совершенным техническим изделиям и при правильном использовании и нормальном техобслуживании они могут безаварийно отработать в нормальных условиях не менее 10-15 лет, что соответствует их нормативному сроку службы. Однако в специфических условиях сельскохозяйственного производства при работе в помещениях с повышенной влажностью и химически агрессивной средой срок службы электродвигателей не превышает в среднем 2,5-3,5 года. Наряду с обмоткой статора для асинхронного электродвигателя подшипниковый узел также является одной из главных составных частей, существенно влияющих на его надежность. По причине отказа подшипников выход из строя электродвигателей в сельском хозяйстве составляет 15-20 %.

В большинстве случаев электродвигатели выходят из строя не из-за естественного износа

его обмотки, подшипников или других узлов и деталей, а в результате нарушения правил монтажа и эксплуатации, приводящих к аварийному режиму (перегрузки, ослабление крепления, несоосность валов АД и приводной рабочей машины, ее примерзание, заваливание перерабатываемым материалом и др.), а также не надлежащего выполнения обслуживающим персоналом правил эксплуатации как самих электродвигателей, так и технологического оборудования и сельскохозяйственных машин. Важной особенностью эксплуатации электродвигателей в сельскохозяйственном производстве является наличие практически одновременного действия этих факторов на подшипниковые узлы. На надежность подшипниковых узлов оказывают влияние многочисленные факторы, среди которых: характер среды сельскохозяйственных помещений (запыленность, загазованность, повышенная влажность), режимы работы (временные, пусковые, нагрузочные и др.), качество монтажных работ при соединении с рабочей машиной (несоосность валов, слабые фундаменты, вибрация), низкое качество подводимой электроэнергии (несимметрия и др.), механический износ и др. [1, 2].

Классификация причин отказов подшипников электродвигателей представлена на рис. 1.

Рис. 1. Классификация причин отказов подшипников электродвигателей

Одним из основных параметров, характеризующих техническое состояние подшипникового узла, является величина радиального зазора подшипника, по которой с достаточной вероятностью можно прогнозировать ожидаемый отказ. При этом изменение величины радиального зазора при работе электродвигателя удовлетворяет требованиям к диагностическим параметрам, изложенным в [3], и возможно его использование при применении стратегии обслуживания по состоянию. Здесь же дано обоснование наименьшего предотказового значения радиального зазора, выход которого за предельный уровень означает наличие существенных повреждений и служит сигналом для планирования мероприятий по его замене. Для выявления предотказового состояния подшипников используется принцип назначения упреждающих допусков на диагностические параметры. При этом под упреждающим допуском понимается совокупность

значений параметров, заключенных между предельными и предотказовым значениями параметра. Выход параметра за предельный уровень означает отказ. Величина упреждающего допуска создает запас работоспособности изделия, обеспечивающий при периодическом контроле с профилактическими (восстановительными) работами безотказную работу до очередной проверки.

Измерение величины радиального зазора подшипников и сравнение с максимально допустимыми их значениями, приведенными в табл. 1, позволяют контролировать техническое состояние подшипников и своевременно осуществлять ремонт или замену элементов подшипниковых узлов [4, 5].

Таблица 1

Максимально допустимые радиальные зазоры подшипников электродвигателей, мм

ВОВ, мм	**56**	**63**	**71**	**80**	**90**	**100**	**112**	**132**	**160**	**180**	**200**	**225**	**250**	**280**
Р, кВт														
3000	0,18	0,37	0,75	1,5	3,0	4,0	7,5	11	15	22	37	55	75	110
мин$^{-1}$	0,25	0,55	1,1	2,2	-	5,5	-	-	18,5	30	45	-	90	132
1500	0,12	0,25	0,55	1,1	2,2	3,0	5,5	7,5	15	22	37	55	75	110
мин$^{-1}$	0,18	0,37	0,75	1,5	-	4,0	-	11	18,5	30	45	-	90	132
1000	-	0,18	0,37	0,75	1,5	2,2	3,0	5,5	11,0	18,5	22	37	45	75
мин$^{-1}$	-	0,25	0,25	1,1	-	-	4,0	7,5	15,0	-	30	-	55	90
4А														
3000 мин$^{-1}$	0,03	0,04	0,07	0,07	0,07	0,07	0,09	0,09	0,10	0,10	0,10	0,12	0,12	0,12
1000-1500 мин$^{-1}$	-	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	-	0,08	0,08	0,08	0,10	0,10	0,10
АИР														
3000 мин$^{-1}$	0,03	0,04	0,08	0,09	0,10	0,09	0,10	0,09	0,13	0,13	0,10	0,12	0,12	0,12
1000-1500 мин$^{-1}$	-	0,03	0,06	0,06	0,08	0,07	0,08	0,07	0,11	0,11	0,08	0,10	0,10	0,10

При использовании радиального зазора подшипников в качестве прогнозирующего параметра необходимым является осуществление контроля величины радиального зазора подшипников в условиях эксплуатации без демонтажа и разборки электродвигателя.

Для осуществления оперативной оценки технического состояния подшипников при работающих электродвигателях нами использован виброакустический прибор АЛ-2-3 (разработчик з-д «Промприбор», г. Екатеринбург), который имеет следующие технические данные. Диапазон частот вращения вала проверяемого агрегата: 50-1700, 1500-3000, 2700-4100 мин$^{-1}$. Способ установки вибродатчиков при работе – ручное удержание на поверхности подшипникового узла с непосредственным контактом без дополнительной фиксации или с помощью магнитной насадки. Питание прибора – автономный источник постоянного тока 9 В. Время непрерывной работы до 6 часов. Габаритные размеры – 170×155×115 мм. Масса прибора – не более 1,4 кг. Прибор имеет индикатор разряда батарей и гнездо для подключения головных телефонов.

Представление выходной информации о техническом состоянии диагностируемого подшипника осуществляется стрелочным индикатором с тремя цветными зонами щкалы, соответствующими видам технического состояния подшипника: **зеленая** – нормальное состояние подшипника /нет дефектов, незначительный износ/; **желтая** – средний износ /дефект/, допускающий дальнейшую эксплуатацию с сокращенным в два раза периодом контроля за техническим состоянием подшипника; **красная** – сильный износ /дефект/, не допускающий дальнейшую эксплуатацию подшипника.

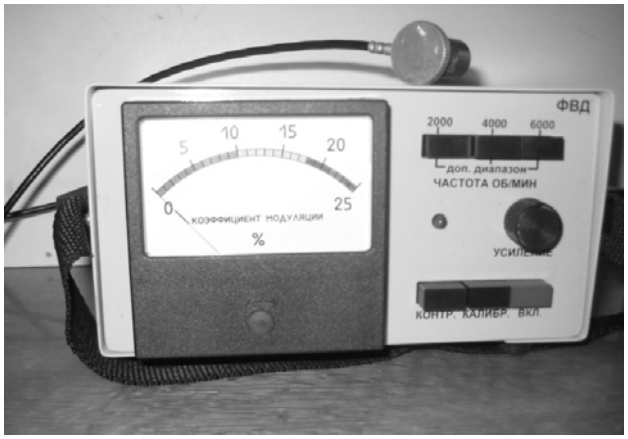

Рис. 2. Общий вид прибора для диагностики подшипников электродвигателей

Прибор состоит из измерительного блока и вибропреобразователя (датчика), соединяемого с измерительным блоком на период работы гибким кабелем. Дополнительно к измерительному блоку могут подключаться головные телефоны. Для обеспечения контакта вибропреобразователя с поверхностью проверяемого агрегата и удобства работы вибропреобразователь снабжен щупом с ручкой или магнитной насадкой. Действие прибора основано на контроле вибрации проверяемого подшипника при работе электродвигателя, выделение огибающей высокочастотной составляющей вибрации и измерение глубины (коэффициента) амплитудной модуляции этой составляющей.

Для преобразования вибрации подшипника в электрический сигнал используется вибропреобразователь (датчик), который устанавливается на подшипниковый щит или корпус электродвигателя. Дальнейшая обработка электрического сигнала осуществляется измерительным блоком прибора. Шкала индикатора прибора имеет три цветных зоны, каждая из которых соответствует определенному диапазону глубин амплитудной модуляции.

Точки контроля вибрации диагностирующих подшипников выбираются на подшипниковых щитах или корпусе агрегата, т.е. в местах их непосредственного контакта с внешним кольцом подшипника. Контроль вибрации подшипников осуществляется по трем взаимно-перпендикулярным направлениям: радиальному (R), тангенциальному (T) и осевому (S). Места точек контроля должны быть очищены от грязи, краски, окиси и других загрязнений.

Магнитный датчик лучше использовать, когда станина и крышки подшипников чугунные или стальные и доступ к ним хороший, а иглу лучше применять, когда корпус ЭД алюминиевый или доступ к ним затруднен. Место контакта датчика с ЭД необходимо очистить от пыли и грязи. Измерения следует проводить для обоих подшипников у вентилятора и у вала со стороны рабочей машины, не менее чем в двух противоположных относительно вала точках, для снятия более точных результатов. Во время измерений удлинительный стержень вибропреобразователя должен быть плотно прижат к точке контроля. Усиление прижатия вибропреобразователя при измерении должно быть неизменным. О техническом состоянии подшипника судят по максимальному показанию стрелочного индикатора, снятого в одном из трех направлений.

Если при контроле стрелка индикатора устойчиво находится в “желтой” или “красной” зонах, или наблюдаются значительные ее колебания, то для уточнения диагноза дефекта подшипника подключают головные телефоны для прослушивания вибрации в области высоких (ВЧ) или низких (НЧ) частот. Головные телефоны позволяют на слух легко определить режим трения в подшипниках (количество и качество смазки), выявить дефекты магнитной системы и щеточно-коллекторного узла (режим ВЧ), а также определить техническое состояние тел и дорожек качения, сепаратора (режим НЧ).

Результат оценки технического состояния проверяемого подшипника в зависимости от коэффициента АМ можно определить по шкале индикатора соответственно:

ЗЕЛЕНАЯ зона:

АМ = 0-6% - нормальное состояние подшипника;

АМ = 6- 10 % - слабый дефект;

ЖЕЛТАЯ зона:

АМ =11 – 17 % - средний износ (дефект);

КРАСНАЯ зона:

АМ = 18-25 % - сильный износ (дефект).

При оценке технического состояния подшипников завод-изготовитель считает необходимым выполнять следующие рекомендации.

Если один из подшипников электродвигателя требует замены (по результатам диагностирования), то рекомендуется заменить на новый также и другой подшипник. Снятые подшипники, имеющие «слабый» или «средний износ», могут быть установлены в электродвигателе или агрегате (в этом же или другом) для дальнейшей работы при условии, что степень их износа должна быть одинаковой (т.е. подшипники должны иметь равнозначное техническое состояние).

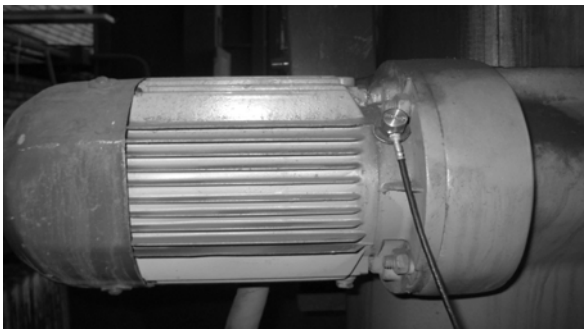

Рис. 3. Диагностика электродвигателя магнитным вибродатчиком

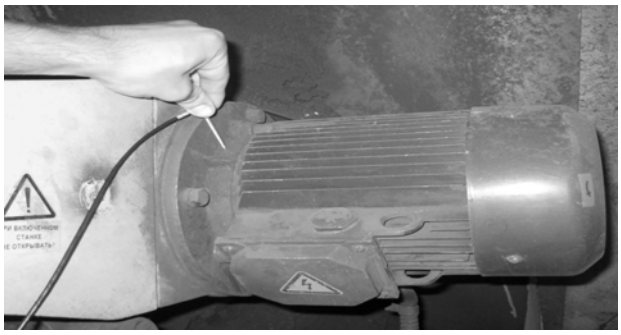

Рис. 4. Диагностика электродвигателя игольчатым вибродатчиком

При помощи прибора можно оценить состояние смазки. Для этого необходимо, производя измерения при функционировании рабочей машины, кратковременно останавливают ее, отключая питание, диагностируя его на выкате. При этом контролируют по прибору изменение показаний до полной остановки. Если показания увеличиваются при уменьшении оборотов агрегата, то можно судить об ухудшении качества или количества смазки. Если смазка качественная, то причина в увеличении радиального зазора в подшипнике. В этом случае нужно заменить подшипник либо установить его с большим натягом.

Прибор предназначен для диагностирования подшипников агрегатов с вращающимися частями, и поэтому при его применении должны соблюдаться требования инструкций по обеспечению безопасности эксплуатации проверяемых электродвигателей. Запуск, остановка и другие, необходимые при диагностике подшипников агрегата, операции производятся только обслуживающим персоналом, имеющим соответствующий допуск.

В августе 2012 г. проведена диагностическая проверка состояния подшипников электродвигателей станков и другого технологического оборудования в слесарном, токарном цехах и некоторых экспериментальных залах ГНУ ВИЭСХ с применением виброакустического прибора АЛ- 2-3, и составлен протокол испытаний. При этом произведена функциональная оценка технического состояния подшипниковых узлов для определения дальнейшей работоспособности приводных электродвигателей. Результаты диагностирования подшипниковых узлов приводных электродвигателей представлены в табл. 2. Полученная информация о состоянии подшипниковых узлов приводных электродвигателей, установленных на станках и другом оборудовании в производственных подразделениях и экспериментальных залах института принята к использованию в работе. При этом следует обратить особое внимание на работу оборудования с подшипниками, имеющими средний износ. При неизвестной наработке электродвигателей к моменту проверки для обеспечения требуемой надежности работы электроприводов целесообразным является проводить периодические (1-2 раза в год) диагностические проверки состояния подшипниковых узлов приводных электродвигателей. Также необходимо принять упреждающие меры по исключению аварийных выходов электродвигателей из строя, нарушений производственных процессов и простоя оборудования из-за отказов электродвигателей.

Подшипники заменяют на новые при наличии трещин, коррозии, повреждений (выкрашивания или отслоения металла, глубокие риски, царапины, выбоины, лунки, забоины, вмятины, отсутствие или ослабление заклепки), цветов побежалости.

При безразборном диагностировании электрических машин с применением методов контроля технического состояния подшипников, основанных на измерении параметров вибрации, необходимо знать, что возникающая в подшипниковых узлах вибрация обусловлена не только техническим состоянием подшипников (величиной зазора, наличием смазки и др.), а также неуравновешенностью вращающихся частей, вибрацией фундамента или рабочего механизма, с которым соединена электрическая машина. Кроме того, вибрацию электродвигателей могут также вызывать обрывы стержней короткозамкнутой обмотки ротора. Однако чтобы объективно оценить качество балансировки и вибрацию вращающихся электрических машин, измерения необходимо проводить на отдельной машине, в точно определенных условиях, чтобы можно

было воспроизвести измерения и сопоставить полученные результаты.

При проведении безразборных диагностических проверок или текущих ремонтов, предусматривающих частичную разборку электродвигателей, необходимо осуществлять запись в журнал даты проверки, наименования объекта, названия рабочей машины, типа и мощности электродвигателя и подшипника, текущего значения радиального зазора подшипникового узла, величины износа и скорости износа подшипника.

Таблица 2

Результаты диагностики состояния подшипников электродвигателей

Рабочая машина, установка, станок	Электродвигатель	Мощность, кВт	Частота вращения, мин$^{-1}$	Показания прибора, делений	Износ подшипника
1. Наждак двойной	А02	1,7	1420	16	Средний
2. Сверлильный станок	4А100S4У3	3	1380	13	Средний
3.Станок с двумя электродвигателями	4А80А4У3 4А100S4У3	1,1 3	1390 1380	13 12	Средний Средний
4. Сверлильный станок	4А80А4У3	1,1	1390	12	Средний
5. Гильотина	4А112М4У3	5,5	1380	12	Средний
6. Гидропресс	4А80В2У3	2,2	2800	13	Средний
7. Вырубной станок	не определен	3	1380	7	Слабый
8. Механическая пила	А02	3	1380	8	Слабый
9. Токарный станок	4А112М4У3	5,5	1380	8	Слабый
10. Сверлильный станок	4ААМ63В4У3	1,2	1450	10	Слабый
11. Наждак	АИСЕ80А2У2	0,75	2860	11	Средний
12. Электрогенератор	Не определен	2,2	1380	7	Слабый
13. Молочный насос	4А71А2У3	0,75	2800	7	Слабый

Примечание. Показания прибора: 0-6 - нормальное состояние; 6-10 - слабый износ; 11-17 - средний износ; 18-25 - сильный износ.

Выводы

Проведена диагностическая проверка технического состояния подшипников электродвигателей с применением виброакустического прибора для измерения радиального зазора подшипников, используемого в качестве диагностирующего параметра. По результатам проведенных измерений и сравнении их с предельно допустимыми значениями сделана оценка состояния подшипников, даны практические рекомендации по применению прибора в процессе эксплуатации и проведению профилактических мероприятий для осуществления эффективной эксплуатации электроприводов. При обслуживании электрооборудования по состоянию с учетом данных диагностирования значительно увеличивается срок службы и использование его ресурса.

Литература

1. Система планово-предупредительного ремонта и технического обслуживания электрооборудования сельскохозяйственных предприятий /Система ППРЭсх/. М.: ВО Агропромиздат, 1987. - 191 с.
2. *Сырых Н.Н., Кабдин Н.Е.* Теоретические основы эксплуатации электрооборудования. М.: Агробизнесцентр, 2007. - 514с.
3. *Сырых Н.Н., Некрасов А.А.* Математическая модель обоснования стратегии обслуживания электрооборудования // Техника в сельском хозяйстве. 2009. №3. С. 17-19.
4. *Таран В.П., Андриец В.К., Синельник А.В.* Справочник по эксплуатации электроустановок. М.: Колос, 1983. - 22 с.
5. *Сырых Н.Н., Калмыков С.А.* Техническое обслуживание и ремонт электрооборудования в сельскохозяйственном производстве. М.: Росагропромиздат, 1992. - 128 с.

УДК 621.433

РАЗРАБОТКА ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ, РАБОТАЮЩЕГО НА БИОГАЗОВОМ ТОПЛИВЕ

Канд. техн. наук В.А. Гусаров, асп. Я.В. Кулагин
(ГНУ ВИЭСХ)

Разработана система энергоснабжения потребителей на основе газотурбинного двигателя, имеющая значительно бóльший ресурс наработки, чем поршневые машины. В качестве топлива применяются как традиционное топливо, так и биотопливо.

Ключевые слова: *турбокомпрессор; генератор; электроэнергия.*

The All-Russia scientific research institute of electrification of an agriculture develops system of power supply of consumers on the basis of gas-turbine engine, having significantly a greater resource of an operating time, than piston cars. As fuel are applied both traditional fuel, and biofuel.

Keywords: *the turbocharger; the generator; the electric power.*

В настоящее время электроснабжение отдаленных сельских поселков, не имеющих подключения к сетям электроснабжения, осуществляется за счет дизель-бензиновых генераторов. Они имеют ряд недостатков при использовании в таких условиях.

Но в последние несколько лет все бóльшую популярность стала приобретать идея использования микротурбин в сельских районах.

Несмотря на высокую стоимость микротурбинных установок, связанную в первую очередь с относительно новой технологией (первая промышленная микротурбина Capstone с воздушными подшипниками была официально продана в 1998 г.), следует отметить ряд технических преимуществ, выгодно отличающих микротурбинные установки от газопоршневых (ГПУ) [1]:

- низкий уровень выбросов;
- использование воздушных подшипников (отсутствует необходимость в смазочном масле);
- периодическое сервисное обслуживание не чаще 1 раз в год (через 8000 часов);
- низкий уровень шума (до 60 dBA) и вибраций;
- способность работать в диапазоне нагрузок от 0 до 100% без снижения ресурса;
- потребление широкого спектра топлива;
- относительно небольшие габаритные размеры и вес для установок до 200 кВт;

В связи с этим, если в настоящее время микротурбинные установки проигрывают ГПУ по стоимости в 1,5-2 раза, в будущем, через 3-5 лет, необходимо уделить указанной технологии особое внимание при выборе источников электроснабжения для плановой замены отслуживших свой срок ГПУ и дизель-генераторных установок (ДГУ).

Перспективным топливом для производства энергии на газотурбинных установках (ГТУ) является газ, полученный из органических отходов путем их переработки [2]. Конвертирование биомассы в топливо может производиться различными способами.

Основные способы – это термохимическая конверсия биомассы в топливо (прямое сжигание, пиролиз, газификация, сжижение) и биотехнологическая конверсия при влажности от 75% и выше (низкоатомные спирты, жирные кислоты, биогаз). Переработка биомассы может приносить существенную энергетическую и социальную пользу.

Для производств биогаза можно использовать органическую часть бытовых отходов, а также отходы животноводства, птицеводства (экскременты животных и остатки корма), растениеводства и овощеводства (солома, ботва, фрукты, овощи), древесина, отходы лесной и деревообрабатывающей промышленности, канализационные стоки. Какие-то из перечисленных отходов обязательно существуют в любой местности.

Один из наиболее эффективных способов переработки биомассы – ее конверсия в биогаз, который используется для выработки энергии в миниТЭЦ. Техническая реализация биогазовых технологий проста, и они могут применяться как в малом фермерском хозяйстве, так и в крупных животноводческих и птицеводческих комплексах. Анаэробная бактериально-химическая система при температуре 30–55°С за время 5–20 суток разлагает до 50% органического вещества в биогаз, который содержит 55–80% метана и 20–45% углекислого газа. Современные мембранные технологии позволяют разделить биогаз на горючий метан и инертную кислоту, имеющую спрос на рынке удобрений. Теп-

лотворная способность биогаза составляет 5–6 тыс. ккал/м^3. По теплоотдаче 1 м^3 биогаза эквивалентен 0,7 м^3 природного газа, 0,7 кг мазута, 0,6 кг керосина, 0,4 кг бензина, 3,5 кг дров. Технология производства биогаза сбраживанием неплохо освоена и находит применение.

Дня приготовления пищи на семью из 3–4 человек в день необходимо сжигать 3–4 м^3 биогаза, для отопления дома площадью 50–60 м^3 затрачивается 10–11 м^3 биогаза в сутки.

Еще одним эффективным способом получения топлива является использование отходов лесозаготовительных и лесоперерабатывающих предприятий. По данным исследований, капитальные вложения в производство электроэнергии на базе древесного генераторного газа окупаются за 1 год.

Себестоимость единицы электроэнергии при этом снижается на 60, а тепловой на 70%.

Лесные регионы, как правило, оторваны от линий электропередач, электроснабжение в этих местах осуществляется дизельными электростанциями, а отопление – путем сжигания древесины. Доставка дорогого и дефицитного топлива для этих регионов является довольно трудной задачей. В связи с этим предлагается строительство миниТЭЦ, использующих отходы деревообработки в качестве топлива. Важным достоинством такой технологии является то, что в большинстве случаев не требуется создания новых установок. Технологический процесс можно организовать на базе имеющегося оборудования. Но на сегодня наиболее развита технология получения биогаза из отходов сельскохозяйственного производства.

В Европе почти каждое второе хозяйство обеспечивает собственные потребности в освещении и обогреве за счет биогаза. А некоторые умудряются еще и заработать, продавая электроэнергию в близлежащие населенные пункты [3].

Экономисты подсчитали, что генераторные установки, работающие на биогазе, целесообразно использовать на фермах, где содержится от 2000 голов крупного рогатого скота или от 100 000 птиц. Иначе биомассы будет недостаточно для бесперебойной работы генератора.

Как показывают расчеты пензенских специалистов, животноводческий комплекс, где содержится порядка 3000 коров, способен обеспечивать работу генератора мощностью 600–800 кВт·ч, что сопоставимо с энергопотреблением самого комплекса. Причем после выделения газа твердые отходы становятся пригодными для использования в качестве минеральных удобрений. Получается экологически чистый разумный цикл безотходного производства.

Применение биогазовых технологий позволяет решить ряд экологических проблем [4]:

- уменьшается выброс метана в атмосферу (по некоторым данным, метан оказывает влияние на парниковый эффект в 21 раз более сильное, чем CO_2, и находится в атмосфере 12 лет);
- отсутствуют загрязнения воздушного бассейна, почвы и грунтовых вод в районе агропромышленного предприятия;
- происходит существенное сокращение санитарно-защитной зоны вокруг агропромышленного предприятия;
- происходит обеззараживание органических отходов животноводства и птицеферм;
- становится возможным замещение части минеральных удобрений и гербицидов готовыми органическими удобрениями.

Таблица 1

Основные показатели работы биогазовой станции в зависимости от типа утилизируемых отходов

Сырье	Отходы				Свекольный жом
	молочной фермы	свинофермы	птицефермы	бойни	
Поголовье, ед.	5800	50 000	580 000	-	-
Влажность отходов, %	85	88	75	90	75
Выход:					
отходов, т/сут.	319	300	116	28	180
биогаза, м^3/сут.	14 355	14 400	14 500	14 000	14 445
жидких органических удобрений, т/сут.	306,2	288	111,4	26,8	172,8
Содержание метана, м^3	55	58	62	63	54
Мощность когенерационной установки, МВт:					
электрическая	1,2	1,2	1,21	1,17	1,2
тепловая	1,44	1,44	1,45	1,4	1,44

В ГНУ ВИЭСХ ведутся исследования в области гарантированного электроснабжения сельскохозяйственных потребителей с применением газотурбинных технологий малой мощности. Важен комплексный подход к системе электроснабжения – разработка газотурбинной установки под конкретную биогазовую установку.

Сейчас ведутся работы по созданию микротурбины мощностью до 10 кВт, использующей биогаз. Применение серийных узлов промышленного изготовления обеспечивает низкую себестоимость создания такой установки. Однако один из важнейших узлов, а именно камера сгорания, рассчитывается и изготавливается непосредственно производителем такого двигателя (рис. 1).

При создании камеры сгорания микротурбины использовался смеситель цилиндроконический формы (рис. 2), имеющий 60 отверстий, для подачи воздуха в камеру [6]. Исследования показали, что отверстия сделаны под углом 45 градусов относительно касательной поверхности смесителя и обеспечивают быстрейшее проникновения воздуха в смеситель, ускоряя процесс горения, относительно варианта с отверстиями под прямым углом (рис. 4).

Для поддержания нужного термического режима разработана камера сгорания с меняющимся размером проходного канала охлаждающего воздуха между оболочкой камеры сгорания и смесителем. Схема регулируемого проходного канала изображена на рис. 3. Подающийся в камеру сгорания воздух делится на два потока: первый, проходя через входные отверстия, проникает в смеситель, смешиваясь с топливом, сгорает и превращается в рабочее тело; второй проходит между оболочкой камеры сгорания и смесителем, выходит из камеры, смешиваясь с рабочим телом, непосредственно перед турбиной.

Регулируя величину проходного канала, устанавливается необходимое отношение между охлаждающим воздухом, имеющим температуру окружающей среды, и рабочим телом, имеющим температуру 800 – 820°С. Смешением этих потоков необходимо добиться температуры рабочего тела в месте касания с турбиной, не превышающей 650°С. Размер проходного канала устанавливается регулирующим винтом вручную.

Созданный по предложенной схеме двигатель исследуется, апробируются различные варианты геометрии проходных каналов. Температура в камере сгорания не должна подниматься

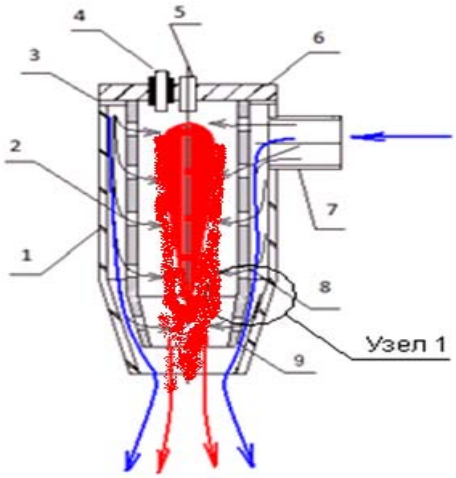

Рис. 1. Схема камеры сгорания:
1 – оболочка камеры; 2 – смеситель; 3 – фланец; 4 – свеча; 5 – топливный штуцер; 6 – крышка смесителя; 7 – воздушный патрубок; 8 – воздушные отверстия; 9 – воздушный проходной канал

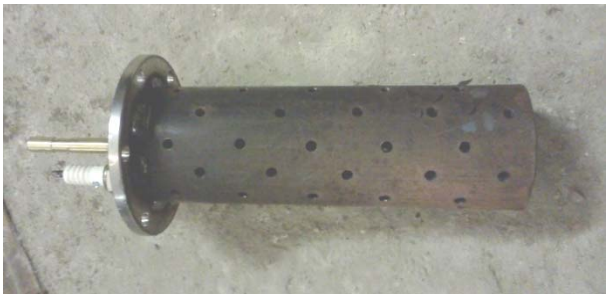

Рис. 2. Смеситель

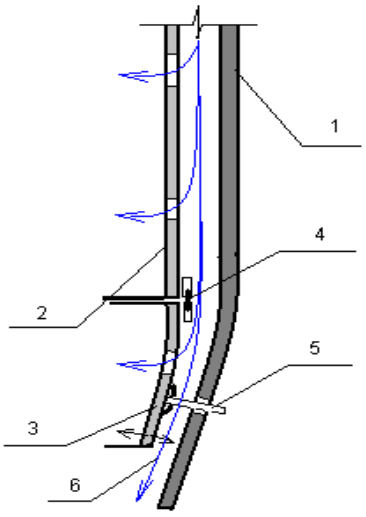

Рис. 3. Регулируемый проходной канал охлаждающего воздуха:
1 –оболочка камеры сгорания; 2 – неподвижная цилиндрическая часть смесителя; 3 – подвижная коническая часть смесителя; 4 – петля; 5 – регулирующий винт; 6 – меняющийся проходной канал

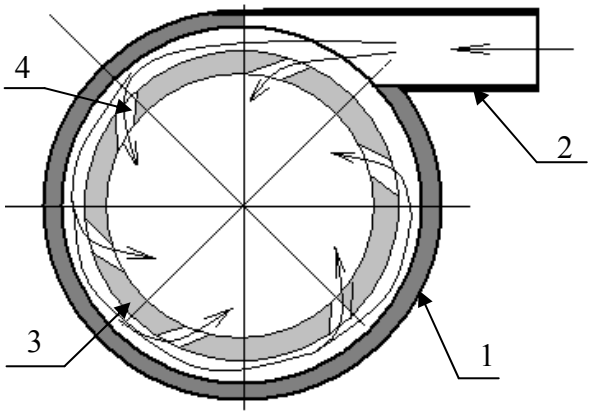

Рис. 4. Схема захода воздушного потока в смеситель:
1 – оболочка камеры сгорания; 2 – входной патрубок; 3 – смеситель; 4 – воздушное отверстие

выше заданных величин, при этом смесь должна давать эффективное и экономичное использование топлива. В настоящее время проводятся работы по расчету параметров камеры и способов регулирования для определения методики расчета подобных камер.

Литература

1. Развитие сельской энергетики НАО: Затраты на микротурбины. www.energybalance.ru
2. Информационная система по теплоснабжению. РосТепло.ru, www.rosteplo.ru
3. Пензенские фермы превратятся в электростанции // Российская газета. 2012. 30 января.
4. Российский опыт внедрения биогазовых технологий для производства электрической и тепловой энергии // Новости теплоснабжения. 2011. № 8 (август).
5. Технологии когенерации. fas.su
6. GR-7 turbojet_engine_projekt.html.

Новые идеи и дискуссии

УДК 656.025

«АННИГИЛЯЦИОННЫЕ» ДВИЖИТЕЛИ

В.Ф. Соколов
(ЗАО «Техмаш», г. Кострома)

Рассмотрен новый тип движителей. Даны основные теоретические положения процесса создания электрического воздействия, не удовлетворяющего третьему закону Ньютона (принципу равенства действия и противодействия для классической механики). Отмечены основные из уникальных достоинств принципиально новых «аннигиляционных» движителей электрического класса.

Ключевые слова: *аннигиляционный движитель; электрический привод.*

The paper presents a new type of movers and deals with the principal theoretical statements of the process of producing an electric effect which is not subject to the third Newton's law of motion (the law of equality of action and reaction for classical mechanics). The author of this article pays attention to the most essential unique advantages of the movers of the electric type.

Keywords: *annihilation mover; electric drive.*

Движитель – это устройство для преобразования энергии приведения в движение, в полезную энергию, обеспечивающую движение транспортного аппарата.

Известны движители для перемещения (механического) на суше – колеса, гусеничный ход, шагающие движители; по воде – весла, гребные колеса, гребные винты, водометы; в воздухе – воздушные винты, реактивные сопла.

Принципиальной особенностью подобных движителей всех типов является то, что вышеназванные движители именно механические. Это физический недостаток.

Рассмотрим процесс создания воздействия в виде тяги (или действующего подталкивающим образом) в устройствах принципиально новых «аннигиляционных» движителей, характерно не удовлетворяющего принципу равенства действия и противодействия.

По «механизму» действия новые движители можно разделить на два общих класса: пондеромоторные (механические) движители магнитного класса и «аннигиляционные» движители электрического класса.

В движителях магнитного класса осуществляется (механическое) взаимодействие магнитных полей токов с Ампера законом.

На рис. 1 показана часть одной из возможных конструктивных схем привода, имеющего движитель электрического класса.

В «аннигиляционных» движителях электрического класса имеет место воздействие с использованием кулоновской формулы.

Эффект воздействия электрического усилия при наведении потенциала, которое не удовлетворяет принципу равенства действия и противодействия, проявляется, например, если вектор напряженности магнитного поля H и электрический вектор перпендикулярны друг к другу или (и) изменяясь, сдвинуты по фазе на $\pi/2$.

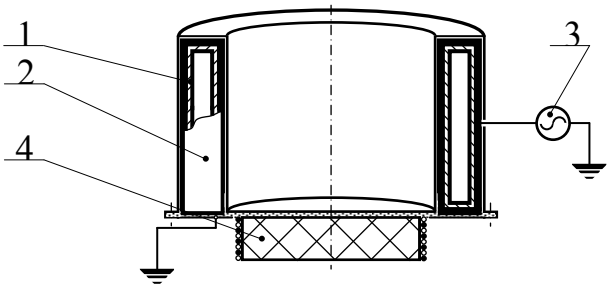

Рис. 1. Электромагнитные узлы, входящие в состав привода электрического класса: 1 – сердечник, изготовленный из материала с высокой магнитной проницаемостью; 2 – пластинка (прослойка, прокладка) из диэлектрического материала в немагнитном зазоре на месте стыка частей сердечника; 3 – генератор импульсов; 4 – электрический спиральный четвертьволновый трансформатор

При эффекте движения «магнитной» формы энергии при произвольном характере этого движения, например при вращении локальных магнитных силовых линий даже идеально симметричного (относительно оси вращения) в пространстве и постоянного во времени магнитного поля, должно возникать обусловленное этим

движением электрическое поле. Электрическое поле может возбуждаться не только электрическими зарядами, но и изменениями поля магнитного (неравномерности, например, в окрестности «неоднородности» плотности энергии; например, в окрестности немагнитного зазора, разделяющего элементы «разомкнутого» или почти замкнутого сердечника (магнитопровода), изготовленного из материала с высокой магнитной проницаемостью и т.д.) [1, 2].

Энергия этого индуцированного электрического «поля» будет определяться как величиной магнитного поля (т.е. запасенной в нем энергией), так и механической энергией, содержащейся в произвольном относительном движении (относительной подвижности) этого магнитного поля.

Плотность энергии в сердечнике (магнитопроводе) обратно пропорциональна магнитной проницаемости (μ) материала, поэтому большая часть энергии локализована в немагнитном зазоре. При помещении в немагнитный зазор прослойки (прокладки, пластинки) из диэлектрического материала (вещества, системы, среды), обладающего невысокой магнитной проницаемостью (μ) и с большим по модулю значением комплексной диэлектрической проницаемости, чувствительность к изменению магнитного поля существенно возрастает.

Особенно интересные явления имеют место в окрестностях тех точек сильного поля (потока), в которых оно обращается в нуль (узел или снижается до минимума). В таких областях (нулей магнитного поля) образуются тонкие так называемые нейтральные «токовые слои», разделяющие магнитные поля противоположного направления. В этих «токовых слоях» происходит процесс «аннигиляции» («уничтожения», «исчезновения») магнитной энергии (аннигиляция магнитного поля), т. е. ее высвобождение и превращение в другие формы. В частности, в них возникают сильные электрические поля, ускоряющие заряженные «частицы».

То есть мы имеем, в сущности, электрическое (электромагнитное комбинированное) «поле», причем «поле» без электрических зарядов, в котором беззарядовая электрическая («электростатическая») комплексная компонента вектора электрической напряженности вторична по отношению к магнитной составляющей (составляющим), так как порождается ею и не может существовать без нее.

Назначение «разомкнутого» или почти замкнутого магнитопровода или сердечника в большинстве случаев заключается в том, чтобы создать замкнутый путь по кольцевому маршруту с минимальной кривизной для движения «магнитной» формы энергии.

Причем, совершающее произвольное движение (например, вращающееся) магнитное поле, в частности, подобное полю вращающегося постоянного магнетика, является самодовлеющим полеобразующим фактором, не зависящим от условия наличия/отсутствия (пробного) положительного заряда.

Существенная особенность рассматриваемой совокупности явлений заключается в том, что возникающее индуцированное «сферическое» или цилиндрическое и т.п. электрическое «поле» бесконтактного, например индуктивного, источника излучения (излучателя), отличается от «общепринятых» вихревого и потенциального видов полей, не является электростатическим, т. е. способно приводить к возникновению «электродвижущей силы» (проявлением которой в материале в рабочем зазоре «заземленного» экрана является создаваемый вектор плотности полного незамкнутого индукционного тока) и способно действовать на электрические заряды, ускорять заряженные частицы, воздействовать на электрически заряженные объекты.

Максимум излучения наведенной электрической (беззарядовой) компоненты вектора электрической напряженности бесконтактного (индуктивного) источника излучения направлен вдоль проводника, а не изотропно в направлениях, перпендикулярных к оси проводника, т.е. не как распространяются радиоволны у (от) элементарного классического электрического диполя Герца в свободном пространстве.

Процесс осуществляется в нелинейных колебательных электрических системах при перемагничивании магнетиков и (или) переменной поляризации диэлектриков. В частности процесс основан на явлении резонанса, при перемагничивании магнетиков и (или) переменной поляризации диэлектриков в контуре, состоящем из соединенных активного сопротивления, конденсатора и индуктивного элемента, в том случае, когда какой-либо из них (реактивных (энергоемких) или (и) диссипативных параметров) нелинеен. В рассматриваемых нелинейных колебательных электрических системах нелинейным реактивным (энергоемким) элементом контура, как правило, является индуктивность, при наличии цепи достаточно сильной положительной обратной связи.

В качестве «силового» элемента движителя используют рабочий зазор, неоднородность, нарушение целостности тонкого проводника

или слоев (вещества, материала) с высокой проводимостью по сравнению с удельной проводимостью вмещающей среды. Таким образом уменьшают объем индуцированного электрического «поля», осуществляют сосредоточение энергии индукционной (наведенной) электрической (беззарядовой) компоненты, обеспечивают повышение напряженности «поля» путем распределения его в сравнительно узком объеме (в точке или полосе).

Несущий силовой элемент конструкции «аннигиляционных» движителей электрического класса (зона приложения электрического усилия, действующего в виде тяги или отталкивания) представляет собой, например, торцовую «заряженную» поверхность на конце четвертьволнового трансформатора (резонатора).

Удивительное свойство энергии магнитных полей не исчезать при их полной компенсации (компенсации магнитных моментов, но не уничтожении энергии). Причем электродинамика оперирует двумя видами зарядов, принципиально не сводимыми друг к другу или к чему-то третьему. В то же время создаваемые каждым из этих видов зарядов магнитные моменты совершенно тождественны. При этом если мы сформируем другое магнитное поле той же напряженности, но с противоположной фазой, то суммарное (общее) магнитное поле станет равным нулю; силовые линии магнитного поля и локальные магнитные силовые линии компенсируют друг друга, кратно увеличивая интенсивность электрического воздействия. Поэтому, в частности, суммарная энергия W двух магнитных полей определяется выражением $(\mu H_1^2/2) + (\mu H_2^2/2)$.

В отличие от элементарного классического электрического диполя Герца, представляющего собой излучатель, контактирующий с веществом, который в направлении своей оси ничего не излучает, одно- или многовитковая катушка индуктивности – это бесконтактный источник излучения (индуктивный излучатель). При малом шаге спирали излучение энергии катушки индуктивности фокусируется по оси катушки.

На рис. 2 изображено распределение плотности тока J и выходного потенциала U вдоль проводника (волновода) обмотки, навитого на диэлектрическом диске катушки электрического спирального четвертьволнового резонатора (см. левую часть рис. 2), и показана часть общей картины комплексных составляющих векторов напряженности магнитного H, остающегося безызлучающим, и комплексных составляющих вектора напряженности электрического E полей, а также возникающая преимущественно продольно поляризованная составляющая «дополнительного» переменного «статического» электрического $E_д$ поля излучения спирального четвертьволнового трансформатора (для наглядности размер диска четвертьволнового трансформатора вдоль оси увеличен).

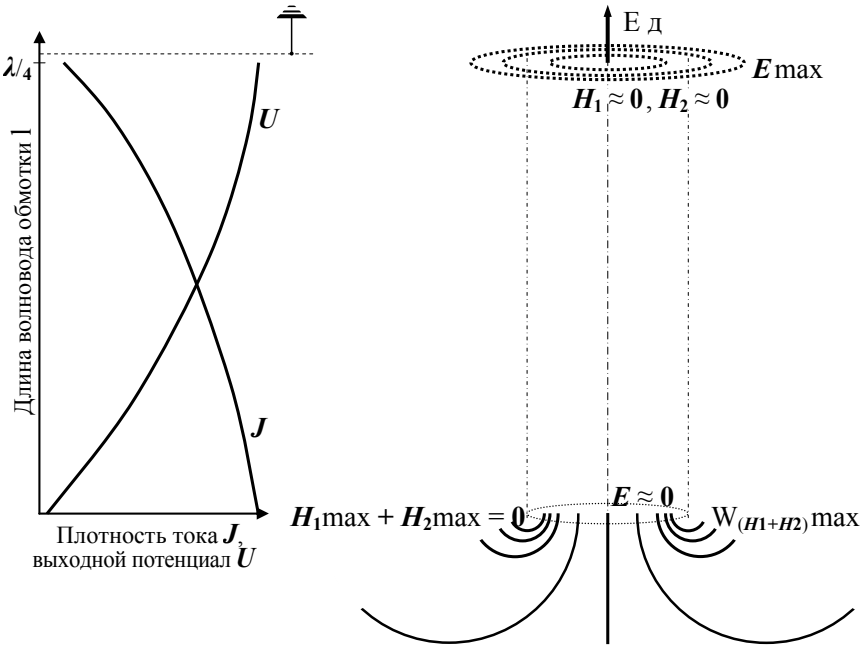

Рис. 2. Качественное представление о строении общей картины распределения энергии при электрическом излучении электрического спирального четвертьволнового трансформатора

Электрический спиральный четвертьволновый трансформатор (резонатор) (волновод с электрическими распределенными параметрами L, C, R, коэффициентом «замедления» Кз для электромагнитной волны) представляет собой однорядовую катушку индуктивности, которая выполнена на диске (подложке или т. п.) из диэлектрического материала. Например «двухпроходной» с парой соосных обмоток индуктивности, каждая из которых выполнена в форме цилиндрической спирали в виде однослойной резонансной «замедляющей» структуры с такой геометрической длиной, чтобы на резонансной частоте с учетом «замедления» для электромагнитной волны и величины емкости на каждой обмотке вдоль оси катушки укладывалось примерно четверть длины волны λ/4. Причем одну обмотку выполняют в форме левосторонней цилиндрической спирали с левовинтовым направлением навивки, вторую обмотку выполняют в форме правосторонней цилиндрической спирали с противоположным взаимным направлением витков, а входные токи в обмотках имеют необходимые фазы (знак носителей, направления протекания и т.д.). Навивка проводников (микропроводников) обмоток производится виток к витку без зазоров между витками, в один слой по всей длине (т.е. высоте) диска из диэлектрического материала с большим по модулю значением комплексной диэлектрической проницаемости. Для уменьшения потерь энергии в нем, повышения добротности рекомендуется применять лицендрат.

Вследствие резонанса в спиральном четвертьволновом трансформаторе возникает интерференционное (или общее, суммарное, сложное, результирующее) поле системы интенсивных бегущих волн, каждая в виде одной четверти синусоидальной волны с началом синусоиды в начале волновода и максимальным потенциалом в конце резонатора.

При этом коэффициент трансформации напряжения выражается через комплексную постоянную распространения электромагнитной волны γ, эффективное волновое z_0 и входное $z_{вх}$ сопротивления, длину волновода l обмотки, навитого на диэлектрическом диске в виде однослойной резонансной замедляющей структуры следующим образом:

$$K = ch\gamma l - (z_0/z_{вх})sh\gamma l = \\ = (e^{\gamma l} + e^{-\gamma l})/2 - (z_0/z_{вх})(e^{\gamma l} - e^{-\gamma l})/2 .$$

В области неравномерности, изменения потенциала (в области пространственной «неоднородности» объемной плотности энергии; локализации энергии электрического поля, выделяемой в виде потенциала U), возникает (создается) в направлении изменения составляющая «дополнительного» «статического» электрического $E_д$ поля. Поэтому физическая скалярная величина напряженности составляющей определяется $E_д = -\mathrm{div}U$, где U – выходной потенциал.

Эта наведенная электрическая («электростатическая») компонента без электрических зарядов и не связанная с электрическими зарядами, сколь угодно близкая к «кулоновому» полю возникает в каждой точке «пространства» вследствие движения энергии при произвольном характере этого движения (вследствие вращения магнитных силовых линий и т.п.).

Особенностью спирального резонатора является малая фазовая скорость электромагнитной волны вдоль резонатора, которая в 102-106 раз меньше, чем скорость распространения света в вакууме. Такой резонатор обладает определенным коэффициентом «замедления» $К_з$ для электромагнитной волны, поэтому эффективная длина проводника обмотки не равна ее геометрической длине. Это облегчает конструирование четвертьволнового трансформатора, так как в этом случае значительно, в 102-106 раз уменьшается геометрическая длина проводника обмоток и габаритных размеров резонатора. Потенциал на конце этого электрического спирального четвертьволнового трансформатора (резонатора) превышает напряжение на его входе в 10-104 раз и при необходимости может достигать более 100 млн вольт. Дополнительной особенностью катушки длиной в четверть длины волны является ее способность работать с освобождением запасенной энергии в очень короткий промежуток времени.

Основные достоинства «аннигиляционных» движителей электрического класса следующие.

1. Высокая несущая способность. Для иллюстрации возможностей «аннигиляционных» движителей определим на условном цифровом примере усилие F при «электростатическом» взаимодействии «сферических» электрических полей двух элементов, имеющих заряд q = 1 Кл, массу m = 1 кг и расположенных на расстоянии r = 1 м друг от друга. В системе единиц физических величин СИ эту задачу для случая электрических векторов с высокой степенью продольной поляризации решают, используя «формулу взаимодействия магнитных полюсов и электрических зарядов» (Кулон Ш.О., 1785).

По проводнику идет импульс тока в 1 А, если по поперечному сечению его в 1 секунду проходит количество электричества 1 Кл. Непосредственно находим $F = ma = q_1q_2/4\pi\varepsilon\varepsilon_0r^2 = 8{,}988\times109H$, где a – полученное элементом ускорение.

2. Исключительно высокие скоростные параметры с возможностью плавной регулировки быстроходности движителя, причем $0 < \upsilon < \infty$, где υ – быстроходность.

3. Высокая надежность.

4. Низкая первоначальная стоимость и простота конструктивной схемы.

5. Экономичность, низкий уровень энергопотребления от источника питания.

6. Для питания движителя используется электроэнергия с низким напряжением.

7. Возможность создания приводов с большой мощностью и высоким КПД привода.

8. Высокая управляемость. В движителе заложена возможность использования системы управления, которая будет управлять машинами без помощи человека.

9. Малые массогабаритные показатели движителя (привода). Возможность комплексной микроминиатюризации движителей.

10. Малая материалоемкость (за весь срок эксплуатации). Движитель полностью многоразовый и требует редкое техническое обслуживание в процессе эксплуатации или технически необслуживаемый.

11. Движитель предназначен для общемашиностроительного применения.

12. Большой ресурс движителя.

13. Маневренность и проходимость транспортных аппаратов.

14. Транспортные аппараты поднимаются, как говорят, «с пятачка» и садятся на него.

15. Возможность осуществления точной микроманипуляции транспортным аппаратом.

16. Большая дальность и запас хода. Тяга действует до израсходования источника питания. Движитель может быть использован для полетов в дальнем космическом пространстве.

17. Экологическая чистота. Здесь исчезает даже само понятие всякого рода выбросов. Практически нет потерь тепловой энергии. Низкий уровень общего шума. Отсутствуют внешние магнитные поля рассеяния. Отсутствуют запах отработавших продуктов сгорания этилированного бензина, задымление, выделения значительных количеств продуктов изнашивания, запыление воздуха мельчайшей пылью.

18. Больший комфорт при движении транспортного аппарата. Отсутствуют механические колебания (тряска, вибрация, толчки, удары), характерно сопутствующие перемещению классических движителей.

19. Интервал высот полета недостижим для существующих видов ПВО и ПРО.

20. Электрические излучения продольно поляризованы, причем наведенная электрическая компонента способна взаимодействовать с корпускулярным и электромагнитным излучением. Имеются предпосылки возможности получения эффекта невидимости транспортных аппаратов.

Вывод

Исследования автора этой статьи полностью подтвердили установленный факт наличия возникшего огромного несоответствия (разрыва) между ростом уровня техники и полным использованием физической материально-технической базы предшествующего уровня техники, т.е. широким освоением принципиально новой техники из предшествующего уровня техники, техническим перевооружением народного хозяйства.

Литература

1. Способ создания пондеромоторного эффекта воздействия и «аннигиляционные» движители: заявка на изобретение RU 2011129508/07: МПК H02 N15/00 / Соколов В.Ф., Быковский В.И., Стребков Д.С.; заявитель закрытое акционерное общество «Техмаш», г. Кострома; заявл. 18.07.2011 // БИ. 2012. № 5.
2. Способ создания пондеромоторного эффекта воздействия и «аннигиляционные» движители: международная заявка на изобретение № RU 2011129508/07, опубликованная в соответствии с договором о патентной кооперации PCT/RU2011/000839: МПК H02 N15/00 / Соколов В.Ф., Быковский В.И., Стребков Д.С. (Россия); заявитель «Techmachin» Corporation; заявл. 31.10.2011; опубл. 19.07.2012 и 20.09.2012, номер международных публикаций: WO/2012/096592; приоритет 18.07.2011.

N.B.

Хотя мы все теперь принимаем электромагнитную теорию и хотя нам очень трудно представить себе, чтобы от нее можно было когда-нибудь отказаться, мы все должны помнить, какая судьба постигла корпускулярную теорию; нужно быть готовым к тому, что и «теория» электромагнетизма, может быть, уступит свое место другой, если последняя будет в состоянии объяснить наблюдаемые явления полнее и правильнее, хотя в настоящее время такой нельзя себе даже вообразить.

Пойнтинг Джон Генри «Давление света», 1912.

УДК 621.22: 621.65/.69:631.371

ПЕРЕНОСНОЙ СВОБОДНО-ПОТОЧНЫЙ НАСОСНЫЙ АГРЕГАТ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

А.И. Кусков
(ГНУ ВИЭСХ)

Изложено обоснование разработки и создания переносного свободно-поточного насосного агрегата для обеспечения водоснабжения и электроснабжения сельскохозяйственных потребителей. Дан анализ средств и методов преобразования кинетической энергии водного потока в реке или канале. Изложена новая концепция преобразования кинетической энергии водного потока для получения давления в нагнетательном трубопроводе, подающем воду на берег, и варианты его использования. Сделаны выводы и даны рекомендации по изложенной в статье концепции.

Ключевые слова: *микроГЭС; гидроаккумулирующая электростанция; накопитель энергии; кинетическая энергия водного потока; переносной свободно-поточный насосный агрегат; давление в нагнетательном трубопроводе.*

The article describes the rationale for the development and establishment portable free flow pump unitto provide water and electricity agricultural consumers. The first part of the analysis of means and methods of converting the kinetic energy of the water flow in the river or canal. The second part presented a new concept of converting the kinetic energy of the water flow for the pressure in the discharge line, to supply water to the shore, and the options for its use. The final part of the conclusions and recommendations contained in the article on the concept.

Keywords: *micro HPPs; pumped storage power plant; energy storage; kinetic energy of the water flow; portable free flow pump unitto; the pressure in the discharge line.*

Анализ средств и методов преобразования кинетической энергии водного потока в реке и канале. Любая река или канал несет энергию текущей воды. Этим пользовались с древних времен при строительстве водяных мельниц, а позднее гидроэлектростанций. Энергия текущей воды в реке возобновляемая.

В XI в. в Англии было 5624 действующие мельницы и почти все – водяные (по данным «Книги судного дня»). Это в среднем по одной на 400 жителей, тогда населявших страну, и на каждые 5 км всех больших и малых рек страны. Причем у каждой мельницы была плотина. Так использовались естественные энергетические ресурсы в одной из европейских стран 1000 лет назад.

Существовали в древние времена также водоподъемники, использующие энергию течения воды в канале для вращения колеса большого диаметра с лопатками и черпаками на диаметре колеса, погруженными в поток, которые наполнялись водой, когда находились внизу, в потоке воды и опорожнялись в верхний водовод, когда поднимались в верхнее положение при вращении колеса. Так вода поднималась на высоту, равную диаметру водоподъемного колеса. Такие водоподъемники в Центральной Азии назывались «чигирь» [1]. Вода – это жизнь для человека, растений и животных, она в жарких странах была предметом торговли и даже войн за обладание ею.

Предлагается с высокой эффективностью преобразовывать энергию текущей воды (течений в реках) путем использования водного потока для вращения турбонасосов, устанавливаемых в свободном потоке и подающих воду на берег и в каналы, отводящие воду из реки на орошение, без использования электроэнергии или бензонасосов. Сейчас воду в оросительные каналы подают насосами с электроприводом или дизельным приводом, т.е. расходуя электроэнергию или топливо. Другой целью разработки может быть использование давления в напорном трубопроводе турбонасоса для работы электрогенератора.

Для вращения турбонасосов на быстрых горных реках можно использовать естественный скоростной водный поток, а на равнинных реках – создаваемый путем искусственного сужения русла реки. Природа в некоторых местах сделала это сама (проходы рек между скал, в твердых породах, пороги, водопады, естественные завалы из бревен и поваленных деревьев), но люди пока не воспользовались этим должным образом.

Таким образом, в системах орошения и водоснабжения не предлагается возвратиться к водяным мельницам прошлого тысячелетия или чигирям с плотинами и затопляемыми участка-

ми плодородной земли, а обходиться без применения плотин, электроэнергии и органического топлива. Причем делать это, не нанося ущерба окружающей среде, т.к. создание напорных ГЭС на равнинных участках теперь критикуется из-за затопления больших площадей полезной земли под водохранилища и других негативных последствий возведения плотин.

По-видимому, отказ от водоподъемных плотин нужен, а поднимать воду на необходимую высоту или создавать давление в напорном трубопроводе, подающем воду на берег к береговой электростанции, сможет свободно-поточный турбонасосный агрегат, установленный в русле реки. Это – современный вариант использования скоростного потока воды для ее подъема на необходимую высоту или создания давления в напорном трубопроводе, подающем воду на берег.

Наука и техника достигли такого уровня, что теперь это стало возможно (самые эффективные насосы и турбинные колеса, композитные материалы, работающие в водной среде с большим ресурсом, не требующие смазки детали агрегата из композитов и др.).

Вода под давлением в напорном трубопроводе после турбонасоса может подаваться в системы водоснабжения и орошения, а также на приводной агрегат электрического генератора.

Воду с достаточным давлением можно использовать в напорной гидроэлектростанции небольшой мощности. Электростанцию с генератором переменного тока можно располагать в стороне от русла реки, т.е. непосредственно у места потребления электроэнергии – недалеко от коттеджа, казармы, узла связи в непосредственной близости от хозяйственного объекта (мельницы, фермы, парника и т.д.). Трансформатора и инвертора не потребуется, длина внешних подводящих проводов будет небольшой.

Кроме того, воду с достаточным давлением можно использовать для наполнения аккумулирующего водохранилища. В качестве аккумулирующего водохранилища для автономной микроГЭС небольшой мощности может быть использован плавательный бассейн или небольшой пруд, или 2-3 емкости по 100 м^3, или водонапорная башня. Но это будет разновидностью микрогидроаккумулирующей электростанции.

На малых и микроГЭС, работающих в автономном режиме, для обеспечения постоянной частоты вращения агрегатов, и чтобы она не превышала допустимую величину при изменении нагрузки, в периоды уменьшения потребления энергии к генераторам подключают балластную нагрузку, которая по весу может быть больше турбогенератора. В итоге автономные микроГЭС (в отличие от дизель-генератора и ветряка) работают непрерывно в течение суток и практически до 20 ч на балластную нагрузку – это график использования автономных микроГЭС. Излишки вырабатываемой электроэнергии нужно и можно сохранять в накопителе или использовать иначе.

Использование накопителя энергии исключает потребность в балластной нагрузке и создает преимущество, которое заключается в том, что мощность микроГЭС кратковременно может в несколько раз превышать мощность, снимаемую с водного потока. Например, свободно-поточный турбонасосный агрегат мощностью привода 500 Вт за 20 ч непрерывной работы может накопить около 10 кВт·ч энергии в виде поднятой на высоту воды, которую можно использовать в течение 4 часов с постоянной мощностью около 2,5 кВт или чуть меньше с учетом КПД преобразования.

В мире существуют гидроаккумулирующие электростанции (ГАЭС), которые позволяют в периоды пониженного потребления электроэнергии накапливать гидравлическую энергию путем закачивания воды в водохранилища, расположенные значительно выше уровня ГАЭС. Для этого используют электронасосы или обратимые гидротурбины, работающие в насосном режиме, когда электрогенераторы переключают в двигательный режим. На таком принципе работают крупные ГАЭС: Киевская ГАЭС имеет напор 75 м, Загорская ГАЭС – 100 м, ГАЭС Кайзингер Блаф (США) — всего 24 м [2]. В настоящее время ведутся работы на второй очереди Загорской ГАЭС-2.

Недостатком крупных ГАЭС является необходимость иметь два водохранилища – нижнее у плотины и верхнее на расчетной высоте, занимающие много земельной площади, а также необходимость расходовать энергию от сети для работы насосов при заполнении водохранилища-накопителя и с последующей потерей около 30% энергии.

Новая концепция преобразования кинетической энергии водного потока для получения давления в нагнетательном трубопроводе, подающем воду на берег, и варианты его использования. В настоящее время в рамках предлагаемой концепции изготовлен и испытан в естественных условиях переносной демонстрационный свободно-поточный турбонасосный агрегат, состоящий из свободно-поточной гидротурбины с пропеллерным рабочим колесом и вихревого насоса, кинематически связанных между собой через мультипликатор.

Рис. 1. Переносной свободно-поточный турбонасосный агрегат во время первого испытания (декабрь 1996 г.)

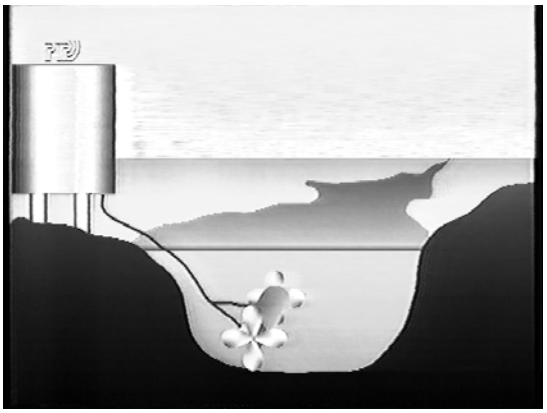

Рис. 2. Вариант установки свободно-поточного турбонасосного агрегата в реке

Демонстрационный турбонасосный агрегат имеет следующие характеристики:

- диаметр турбинного колеса пропеллерного типа – 0,65 м;
- передаточное отношение мультипликатора закрытого типа – 1:15;
- объем перекачиваемой воды более 2 м3/ч при скорости потока воды в реке (около 1 м/с);
- вес агрегата менее 9 кг (рис. 1).

Отличительными особенностями турбонасосного агрегата являются:

- возможность подавать воду в водохранилище-накопитель ГАЭС или оросительные каналы без затраты электроэнергии или не расходуя топливо для бензонасосов;
- мобильность и простота агрегата, имеющего съемные лопасти, его можно переносить в разобранном виде в рюкзаке и собирать перед установкой в реку в рабочее положение.

Переносной свободно-поточный турбонасосный агрегат для работы в составе гидроаккумулирующей электростанции, а также в качестве водоподъемника ранее не применялся. В настоящее время ГНУ ВИЭСХ подана заявка на полезную модель с приоритетом от 14.02.2013 г.

При проведении НИОКР в рамках Технического задания на разработку и изготовление опытного образца свободно-поточного турбонасосного агрегата будет необходимо получить исходные данные на водный поток, в котором намечается установить агрегат. В зависимости от скорости водного потока и требующихся подачи насоса и напора воды будет выполнен расчет турбины, мультипликатора и насоса.

Возможен иной подход выполнения НИОКР: разработать и изготовить опытный турбонасосный агрегат, который сможет эффективно работать в водном потоке при определенном диапазоне скоростей потока. Для другого диапазона скоростей потока потребуется применить турбину другого размера, мультипликатор с другим передаточным отношением и другой насос. При этом по возможности использовать готовые (серийные) элементы турбонасосного агрегата, чтобы обеспечить надежность и низкую себестоимость агрегата.

Для свободно-поточного турбонасосного агрегата потребуется разработать различные варианты крепления агрегата в водном потоке различной интенсивности и различной структуры русла реки (твердости грунта на дне и у берегов, глубины и др.).

На равнинных речках помимо создания искусственного сужения может потребоваться установка двух-трех агрегатов с одним или двумя турбинными колесами на каждом агрегате при их последовательном соединении трубопроводами для создания достаточного напора подаваемой воды, чтобы подавать воду на большую высоту от уровня реки и на большое расстояние от места установки агрегатов. Можно также обеспечивать работу напорной электростанции, расположенной на берегу (рис. 2).

Поднятая в верхнее накопительное водохранилище вода в зависимости от графика неравномерного суточного потребления может самотеком по каналам или трубопроводам перетекать на большое расстояние от водохранилища, чтобы обеспечить водой различных потребителей **без затрат на электроэнергию в отличие от электронасоса и затрат на топливо в отличие от бензонасоса.**

Но при наличии аккумуляторных или емкостных накопителей электроэнергии можно обходиться без накопительного водохранилища, а работающий на берегу генератор будет постоянно заряжать накопитель энергии, и только при его полной зарядке вода под напором турбонасоса будет подаваться различным потребителям.

Наличие накопителей электроэнергии позволит потребителям энергии в периоды пиковых нагрузок кратковременно превышать мощность, развиваемую генератором, **в несколько раз**, т.е. не обязательно иметь генератор, рассчитанный на максимальную мощность нагрузки, и подключать балластную нагрузку к генератору.

Опыт эксплуатации свободно-поточных насосных агрегатов на различных реках позволит перейти к использованию их для преобразования создаваемого ими напора в электроэнергию в автономных электростанциях небольшой мощности, а отходящую от них воду использовать на хозяйственные нужды, **т.е. иметь агрегат двойного назначения**.

Единовременные затраты будут только на приобретение турбонасосного агрегата и его установку в русле реки. Если одному потребителю агрегата это будет слишком дорого, то группа потребителей сможет позволить себе установить такой агрегат беспрерывного действия. Затраты на приобретение и монтаж оборудования автономной микроГЭС окупятся быстро при современных тарифах на электроэнергию.

В местностях с холодным климатом свободно-поточные турбонасосные агрегаты могут устанавливаться ниже уровня реки так, чтобы зимой они могли работать подо льдом, если при высокой скорости течения реки и быстром безостановочном вращении турбинного колеса вода будет замерзать.

Для потребителя, не имеющего постоянного электроснабжения, предлагаемая автономная микроГЭС незаменима, т.к. позволяет иметь бесперебойное *круглогодичное* электрообеспечение, тепло- и водоснабжение.

Использование таких агрегатов в верхних течениях рек, в горных речках, где нет судоходства, естественное течение быстрое, позволит уменьшить затраты на их установку и эксплуатацию. **Предлагаемая концепция автономной бесплотинной микроГЭС позволяет не иметь высоковольтных электрических агрегатов в потоке реки, что упрощает ее эксплуатацию и монтаж, делает безопасной и широкодоступной.**

Получаемая от переносных свободно-поточных турбонасосных агрегатов и турбогенераторов небольшой мощности на берегу и используемая в прибрежной местности электроэнергия 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 автоматизированных микроэлектростанций, предлагаемой компоновки и расположенных вдоль малых рек, позволит решить проблемы электро-, водо-, и теплоснабжения на местном уровне без больших материальных расходов.

Такой подход не нанесет никакого вреда рыбоводству и состоянию берегов реки, а за счет повышения скорости течения, улучшения аэрации и самоочищения воды от вредных веществ будет положительно воздействовать на экологию рек. Там, где бесплатная вода и электроэнергия, можно работать и жить с комфортом, не нарушая экологию окружающей среды.

Выводы и рекомендации

Предлагаемая концепция микроГЭС позволяет:

- исключить из состава автономных ГЭС балластную нагрузку, превышающую вес турбоненератора, а также электронасосы и турбогенераторы с насосным режимом работы;
- развивать кратковременно бóльшую мощность генератора, чем возможно в тех же условиях получить от ГЭС без аккумулирования;
- устанавливать электрогенераторы на берегу;
- уменьшить массу электрогенератора;
- не иметь электрических агрегатов в речном потоке, что упрощает эксплуатацию и монтаж ГЭС, делает ее безопасной и широкодоступной.

Литература

1. http://ru.wikipedia.org/wiki/Чигирь.
2. *Щавелев Д.С.* и др. Гидроэнергетические установки: учебник для вузов. М.: Энергия, 1972. С. 301.

Информация

Общее собрание Российской академии сельскохозяйственных наук (13-14 февраля 2013 г., Москва)

13-14 февраля 2013 г. в Москве состоялось Общее собрание Российской академии сельскохозяйственных наук.

13 февраля во Всероссийском научно-исследовательском институте сельского хозяйства (ВИМ) прошло Общее собрание Отделения механизации, электрификации и автоматизации Россельхозакадемии.

Открыл заседание Вице-президент Россельхозакадемии, академик Ю.Ф. Лачуга.

Академик-секретарь Отделения, член-корреспондент И.В. Горбачев в своем докладе подвёл итоги работы Отделения механизации, электрификации и автоматизации за 2012 год и обозначил задачи по совершенствованию научных исследований на 2013 год.

С докладом, посвященным 145-летнему юбилею академика Василия Прохоровича Горячкина, выступил академик Россельхозакадемии В.И. Сыроватка. В своем докладе В.И. Сыроватка показал роль В.П. Горячкина в становлении и развитии сельскохозяйственной науки и образования, привёл высказывания известных ученых – современников В.П. Горячкина, вспомнил основные этапы биографии ученого и отметил, что многое из наследия В.П. Горячкина можно взять для решения сегодняшних сельскохозяйственных проблем.

Академик Ю.Ф. Лачуга предложил к 150-летию В.П. Горячкина переиздать его труды.

Директор СЗНИИМЭСХа, академик Россельхозакадемии В.Д. Попов в своём докладе ознакомил собравшихся с опытом своего инсти-

тута в активизации научных исследований и инновационной деятельности.

Были заслушаны доклады молодых ученых из ГОСНИТИ, ВНИИТиНа и ВИМа.

По просьбе академика Ю.Ф. Лачуги директор ВИЭСХ, академик Россельхозакадемии Д.С. Стребков ознакомил собравшихся с состоянием дел в Высшей Аттестационной Комиссии в связи с последними событиями и сменой руководства ВАК.

Академик Россельхозакадемии Л.П. Кормановский выступил с докладом о состоянии и перспективах развития молочного животноводства.

С докладом о влиянии электротехнологий на энергоёмкость технологических процессов сельскохозяйственного производства выступил заместитель директора ВИЭСХ, проф. А.Н. Васильев.

В завершение заседания состоялось вручение дипломов Россельхозакадемии и Отделения за лучшую завершенную научную разработку 2012 года в области агроинженерии. За работу «Разработка и внедрение комплекса импортозамещающего доильного оборудования для молочного животноводства» Дипломами Россельхозакадемии был награжден авторский коллектив ВИЭСХ и Ярославского НИИЖК в составе: Ю.А. Цоя, В.В. Танифы, А.А. Алексеева, А.И. Зеленцова, И.Э. Мильмана, А.М Седова и В.В. Челнокова.

Собрание приняло Постановление, в котором, в частности, было обозначено: «…Провести 2-ю Конференцию молодых ученых и специалистов в ВИЭСХе в июне 2013 года».

14 февраля 2013 года в Конференц-зале Дома Науки Россельхозакадемии состоялось Общее собрание Россельхозакадемии. Собрание открыл Президент Россельхозакадемии, академик Г.А. Романенко с докладом об итогах деятельности Россельхозакадемии за 2012 год.

О работе Президиума академии доложил Главный ученый секретарь Президиума академии, академик Н.К. Долгушкин. Вице-президент Россельхозакадемии, академик И.Г. Ушачёв выступил с докладом: «Научное обеспечение реализации Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013 – 2020 годы».

Далее состоялось обсуждение докладов и награждение Золотыми медалями имени выдающихся ученых. Золотая медаль имени И.А. Будзко за цикл научных трудов «Многокритериальная оптимизация параметров систем электроснабжения сельских районов» присуждена д-ру техн. наук, профессору, заведующей кафедрой «Электроснабжение и электрические машины» МГАУ им. В.П. Горячкина Т.Б. Лещинской.

Заслушав и обсудив доклады, Общее собрание Российской академии сельскохозяйственных наук приняло Постановление:

«…Утвердить Мероприятия Россельхозакадемии по научному обеспечению реализации Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013-2020 годы.

…

Направить интеллектуальный потенциал, материально-технические и финансовые ресурсы Академии на обеспечение выполнения тематических планов и государственных заданий на 2013 год, повышение результативности фундаментальных и прикладных исследований, их практического применения, руководствуясь основными принципами, методами и индикаторами достижения целей, определенных Правительством Российской Федерации в Программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы, Государственной программе Российской Федерации «Развитие науки и технологий, на 2013-2020 годы» и Программе фундаментальных научных исследований в Российской Федерации на долгосрочный период (2013-2020 годы).

5. Президиуму Россельхозакадемии, Сибирскому региональному отделению, региональным научным центрам, отделениям Академии сосредоточить усилия на важнейших направлениях аграрной науки, обеспечивающих инновационное развитие агропромышленного комплекса, его модернизацию, решение задач продовольственной и экологической безопасно-

сти, устойчивого развития сельского хозяйства, повышение его эффективности и конкурентоспособности с учётом членства России в ВТО. Продолжить научные исследования по наиболее наукоёмким направлениям: нано- и биотехнологиям, информационным технологиям, продвижению полученных научных достижений в производство.

С этой целью сосредоточить деятельность научных коллективов, прежде всего, на:

…

- разработке современных интенсивных ресурсосберегающих машинных технологий, включающих создание систем машин мирового уровня для производства основных групп сельскохозяйственной продукции и продовольствия, энергетического обеспечения и построения оптимальной сервисной инфраструктуры АПК;

- разработке конкурентоспособных технологий переработки сельскохозяйственного сырья для получения новых экологически безопасных пищевых продуктов и полноценных кормов для сельскохозяйственных животных; перспективных технологий и технических средств для хранения и транспортирования продовольственного сырья и продуктов питания с применением регулируемой газовой среды, низких температур, активных и биодеградируемых упаковок; современных методов управления и системы интегрального контроля показателей качества и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов по всему технологическому циклу «от поля до потребителя»;

- совершенствовании и повышении эффективности работы федеральных государственных унитарных предприятий, сохранении земельного и имущественных комплексов в соответствии с их уставной деятельностью.

6. Президиуму Россельхозакадемии, Сибирскому региональному отделению, региональным научным центрам, отделениям Академии обеспечить:

- повышение результативности работы научных учреждений и экспериментальных предприятий, более эффективное использование научного потенциала, трудовых, земельных, имущественных и финансовых ресурсов, развитие инновационной деятельности, продвижение научных достижений в производство путём создания постоянно действующих демонстрационных площадок, хозяйственных обществ, малых инновационных предприятий, участия в деятельности технологических платформ, региональных кластеров, активного взаимодействия с органами управления АПК, отраслевыми союзами, бизнесом, институтами развития;

- совершенствование системы подготовки научных кадров и специалистов, организации их дополнительного профессионального образования, работы аспирантуры и докторантуры, диссертационных советов; создание необходимых условий для творческого роста молодых ученых и специалистов;

- развитие взаимовыгодного международного научно-технического сотрудничества, межгосударственную координацию научных исследований, в первую очередь, в рамках Таможенного союза, Евразийского экономического пространства, объединение усилий ученых на важнейших направлениях аграрной науки.

7. Президиуму Россельхозакадемии, Сибирскому региональному отделению, региональным научным центрам, отделениям Академии разработать и осуществить практические меры по повышению уровня информационного обеспечения деятельности научных организаций, пропаганде и популяризации новых научных знаний и научных достижений, их продвижению в практическую деятельность. Активнее использовать с этой целью современные информационные технологии, средства массовых коммуникаций, выставочную деятельность.

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.