

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ  
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**АКАДЕМИЯ АГРАРНЫХ НАУК РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**БЕЛОРУССКАЯ АССОЦИАЦИЯ АГРОИНЖЕНЕРОВ**

**ЗАО «АГРОТЕХНАУКА»**

**Материалы  
Международной научно-технической конференции**

**МОДЕЛИРОВАНИЕ  
И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ АГРАРНЫХ  
ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ  
ПРОЦЕССОВ И ТЕХНОЛОГИЙ**

**22-24 апреля 1998 г.**

**Часть 1**

**Пленарные доклады и доклады на секции  
«Энергосберегающие процессы и технологии»**

**Минск-1998**

**УДК 631.371:620.9]001**

**МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ  
АГРАРНЫХ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ  
ПРОЦЕССОВ И ТЕХНОЛОГИЙ**

**(Материалы Международной научно-технической  
конференции. Под ред. Ю.В.Чигарева, А.В.Крутова)**

Сборник докладов посвящен проблемам рационального использования энергоресурсов в агропромышленном комплексе, разработке экологически безопасных и энергосберегающих технологий, машин и оборудования для сельскохозяйственного производства и перерабатывающих отраслей на основе научных методов моделирования и прогнозирования.

Предназначен для научных работников, руководителей и специалистов АПК, студентов сельскохозяйственных ВУЗов.

	Стр.
<b>Пленарные доклады</b> .....	7
<b>Самерсов В.Ф., Тренашко Л.И. ПРОГНОЗ ВРЕДНОСТИ АГРОФАГОВ КАК ОСНОВА ЭНЕРГОРЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ В ЗАЩИТЕ РАСТЕНИЙ</b> .....	7
<b>Дмитриев А.М., Божко Л.Д. ПРОГНОЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ БЕЛКОВ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ БЕЛАРУСИ.</b> .....	9
<b>Герасимович Л.С., Равинский А.М., Сапун О.Л. ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ПРЕДПРОЕКТНОГО АНАЛИЗА ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ НА ОБЪЕКТАХ АПК</b> .....	11
<b>Каминьски Э. ТЕХНОЛОГИИ ВНЕСЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ, ОГРАНИЧИВАЮЩИЕ РАСХОД УДОБРЕНИЙ И ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ</b> .....	13
<b>Келлер К., Фрик Т., Яхайя Р. ПРЯМОЙ ПОСЕВ - ОБЩЕЕ СОСТОЯНИЕ И ЕГО ПОТЕНЦИАЛЫ В ВОСТОЧНОЙ ЕВРОПЕ</b> .....	16
<b>Мееровский А.С. К ПРОБЛЕМЕ УСТОЙЧИВОСТИ МЕЛИОРИРОВАННЫХ ЗЕМЕЛЬ ОТ ДЕГРАДАЦИИ</b> .....	18
<b>Безруких П.П., Стребков Д.С., Тюхов И. И. СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ТРАДИЦИОННОЙ И ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ РОССИИ</b> .....	21
<b>Ловкис З.В. СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ВУЗОВСКОЙ НАУКИ</b> .....	25
<b>Доклады на секциях</b> .....	28
<b>1. Энергосберегающие процессы и технологии</b>	
<b>1.1. Растениеводство</b> .....	28
<b>Самерсов В.Ф., Карташевич В.Н. ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ФИТОСАНИТАРНОЙ СИТУАЦИЕЙ ПОЛЯ И РЕГИОНА</b> .....	28
<b>Довнар В.С., Синкевич П.Н. УЗКОПОЛОСНЫЕ ГЕТЕРОГЕННЫЕ АНРОФИТОЦЕНОЗЫ. ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ, НАБЛЮДАЕМЫЕ ЭФФЕКТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ</b> .....	31
<b>Карташевич В.Н. МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К РЕАЛИЗАЦИИ ТИПОВЫХ АЛГОРИТМОВ В ЗАЩИТЕ РАСТЕНИЙ</b> .....	32
<b>Богдевич И.М., Пироговская Г.В., Голубятыи С.Е., Веремейчик Л.А., Дайнеко Т.М. ВЛИЯНИЕ ЖИДКИХ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙ И КАЧЕСТВО КАРТОФЕЛЯ</b> .....	35
<b>Персикова Т.Ф. ЭНЕРГОРЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СОИ В УСЛОВИЯХ ДЕРНУВНО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ</b> .....	40
<b>Верещак М.В., Поляк В.Е., Долгопятов Р.М., Безруков А.И. АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ РАБОЧЕЕ МЕСТО АГРОХИМИКА ХОЗЯЙСТВА</b> .....	43

<b>Цыганов А.Р., Вильдфлуш И.Р.</b> ЛОКАЛЬНОЕ ВНЕСЕНИЕ УДОБРЕНИЙ И ПРИМЕНЕНИЕ БАКТЕРИАЛЬНОГО УДОБРЕНИЯ НА ОСНОВЕ АЗОСПИРИЛЛЫ - ВАЖНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЯЧМЕНЯ .....	45
<b>Шаршуков И.А.</b> СРАВНИТЕЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПНЕВМАТИЧЕСКИХ ВЫСЕВАЮЩИХ СИСТЕМ РАЗЛИЧНОГО ТИПА .....	48
<b>Маркевич А.Е.</b> СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА РАСПЫЛИТЕЛЕЙ ДЛЯ ЛЕНТОЧНОГО ПРИМЕНЕНИЯ ПЕСТИЦИДОВ .....	51
<b>Сорочинский Л.В., Валькевич Т.И.</b> РАСЧЕТ ЭНЕРГОЕМКОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ .....	55
<b>Козлова Л.М., Лопарев Л.А.</b> ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СЕВООБОРОТОВ И РОЛЬ ПРЕДШЕСТВЕННИКОВ В ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЯХ .....	56
<b>Бученков И.Э.</b> ИНТЕНСИФИКАЦИЯ СЕЛЕКЦИИ СМОРОДИНЫ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ ОТДАЛЕННОЙ ГИБРИДИЗАЦИИ И ПОЛИПЛОДИИ .....	60
<b>Деревинский А.В.</b> НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОДУКЦИОННОГО ПРОЦЕССА КУЛЬТУРЫ MALUS .....	62
<b>Сильченко А.А.</b> МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ОДНОСНЫХ ТЯГОВОГО И ТОЛКАЮЩЕГО УНИВЕРСАЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ ДЛЯ МЕХАНИЗАЦИИ ПРИУСАДЕБНЫХ УЧАСТКОВ С КАБЕЛЬНЫМ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕМ .....	63
<b>Каминька Ян.</b> ПОДБОР ПАРАМЕТРОВ РАБОТЫ ДЫРЧАТЫХ РАСПЫЛИТЕЛЕЙ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ РАВНОМЕРНОЕ РАСПЫЛЕНИЕ АЗОТНЫХ РАСТВОРОВ .....	66
<b>Каминьки Ян.</b> ТЕХНОЛОГИЯ ВНЕСЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ДЛЯ ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛАСТИЧНЫХ КОНТЕЙНЕРОВ .....	68
<b>Цыганов А.Р., Вильдфлуш И.Р., Ходякова С.Ф., Кукреш С.П., Анфимова З.Д.</b> ЭНЕРГОРЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ ПОД ЛЕН-ДОЛ УНЕЦ .....	70
<b>Драганов Б.Х., Лавренко С.М.</b> МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В СООРУЖЕНИЯХ ЗАЩИЩЕННОГО ГРУНТА .....	71
<b>Борисовец Т.</b> ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА СЕМЯН ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР .....	73
<b>1.2. Животноводство .....</b>	<b>75</b>
<b>Сапего В.И., Пятиченко С.И.</b> ПРОБЛЕМЫ СНИЖЕНИЯ ЭНЕРГОЗАТРАТ ПРИ ЗАГОТОВКЕ, ПРИГОТОВЛЕНИИ И РАЗДАЧЕ КОРМОВ ЖИВОТНЫМ .....	75
<b>Сысуев В.А., Савиных П.А.</b> ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ПРИГОТОВЛЕНИЯ И РАЗДАЧИ КОРМОВ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ СЕВЕРО-ВОСТОКА .....	79
<b>Сысуев В.А., Мухамадьяров Ф.Ф.</b> РЕГИОНАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ	

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ .....	82
Гулько Т.В. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ТЕЧЕНИЙ В ПОМЕЩЕНИИ ФЕРМЫ .....	84
Гулько Т.В. МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ВЕНТИЛИРУЕМЫХ ВОЗДУШНЫХ ПРОСЛОЕК В ОГРАЖДЕНИЯХ .....	87
Мищенко А.В., Лут Н.Т., Олейник А.П. ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛО- ВЛАЖНОСТНОГО РЕЖИМА ТЕПЛОИЗОЛИРОВАННЫХ ЧЕРДАЧ- НЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ЗДАНИЙ .....	89
Козлов А.Г. ЭФФЕКТИВНЫЕ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ РЕПРОДУКТИВНОСТИ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ .....	91
Глушенко Н.А., Глушенко Л.Ф. ЭЛЕКТРООЧИСТКА ВОЗДУХА В ПОМЕЩЕНИИ .....	94
Лысенко В.Ф., Ботвин В.Л. ОПТИМАЛЬНАЯ СИСТЕМА АВТОМА- ТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРОЙ В ПТИЧНИКЕ .....	95
Бута А.В., Шаповалова Н.М., Лещенко А.И. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ РЕГУЛИРУЕМЫХ ЭЛЕКТРО- ПРИВОДОВ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ РЕСПУБ- ЛИКИ БЕЛАРУСЬ В УСЛОВИЯХ РЫНОЧНОЙ ЭКОНОМИКИ .....	97
Крутов А.В., Кремневский А.Н., Крутова Е.А. СНИЖЕНИЕ ЭНЕРГОЗАТРАТ В МОЛОЧНОМ ЖИВОТНОВОДСТВЕ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ .....	100
Малашко В.В., Милутич Е.Л., Жариков Н.И. ПОВЫШЕНИЕ ЖИЗНЕСПОСОБНОСТИ ТЕЛЯТ И ПОРОСЯТ ПРИ ИНТЕНСИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ВЫРАЩИВАНИЯ .....	104
Терпилювский К.Ф., Космович Ю.Б. ВЫБОР МЕМБРАН ДЛЯ УЛЬТРА- ФИЛЬТРАЦИИ СТОКОВ МЯСОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕН- НОСТИ .....	106
<b>1.3. Переработка сельхозпродукции .....</b>	<b>109</b>
Седяков Е.В. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ТРУБЧАТОГО ТЕПЛООБМЕННОГО АППАРАТА ДЛЯ ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ МОЛОКА .....	109
Самошквина С.Н., Груданов В.Я., Павлов М.Я. СОВЕРШЕНСТВО- ВАНИЕ РЕЖУЩЕГО АППАРАТА ДЛЯ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ МЯСНОГО СЫРЬЯ .....	111
Чичицеш Г.П. ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОИЗВОДСТВА ЯБЛОК .....	114
Кебич М.С., Зильберштейн М.А., Горбатешко И.В., Калдыбович И.И., Шипаков Е.П. НОВОЕ НАПРАВЛЕНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДОВ ПРЕДПРИЯТИЙ ДЕРЕВООБРАБОТКИ НА АГРОКОМПЛЕКСЕ .....	117
Oda T., Borodin I., Bejenary G., Efashkin G., Pricop I. THE ELECTRI- ZATION OF LIQUID DROPLETS IN THE ELECTRET APARATUS .....	119
Долгопятов Р.М., Явчуновский В.Я., Малирчук В.А. РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЛИНИЙ СУШКИ СЕЛЬХОЗПРОДУКЦИИ НА БАЗЕ КОМБИНАЦИИ КОМПЛЕКСНОГО И МИКРОВОЛНОВОГО ФИЗИЧЕСКИХ МЕ- ХАНИЗМОВ ОБЪЕЗЖИВАНИЯ .....	123
Явчуновский В.Я., Долгопятов Р.М. РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРО-	

ВАННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЛИНИЙ КОНВЕКЦИОННО-РЕЦИРКУЛЯЦИОННОЙ СУШКИ МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ ДЛЯ ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВ, МАЛЫХ И СРЕДНИХ ПИЩЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ .....	125
<b>Долгопятов Р.М., Явчуновский В.Я., Зельцер А.М., Явчуновская С.В.</b> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИКРОВОЛНОВОЙ ОБРАБОТКИ СЕЛЬХОЗПРОДУКТОВ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ИХ ХРАНЕНИЯ В ЗИМНЕ-ВЕСЕННИЙ ПЕРИОД И СОЗДАНИЕ НА ЭТОЙ БАЗЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ОВОЩЕЙ И ФРУКТОВ .....	126
<b>Сапко К.Ф., Лешко А.Ф.</b> ПУТИ ЭКОНОМИИ ТОПЛИВА ПРИ СУШКЕ ЗЕРНА .....	129
<b>Трошкая Т.П.</b> ТЕПЛОВОЕ ДЕЙСТВИЕ ОЗОНА В ПРОЦЕССЕ СУШКИ ЗЕРНА И ДРУГИХ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ .....	130
<b>Трошкая Т.П., Гуртницкая И.И.</b> ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЙ СУШКИ ЗЕРНА АКТИВНЫМ ВЕНТИЛИРОВАНИЕМ ОЗОНИРОВАННЫМ ВОЗДУХОМ .....	133
<b>Смагина Т.В.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОМАССООБМЕНА ПРИ СУШКЕ ЛУБОВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ .....	135
<b>Николаевский А.И., Ветров В.С., Мельченко Б.А., Семижон А.В.</b> НОВЫЙ КОНЦЕПТУАЛЬНЫЙ ПОДХОД К РЕШЕНИЮ ПРОБЛЕМЫ ОЧИСТКИ ВЕНТВЫСОСОВ ПРЕДПРИЯТИЙ АПК .....	138
<b>Семижон А.В.</b> ОТДЕЛЕНИЕ ЧАСТИЦ ДИСПЕРСНОЙ ФАЗЫ ПРИ НАЛОЖЕНИИ НА ОБЪЕМ ДИСПЕРСНОЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ .....	139
<b>Семижон А.В., Денисов А.А.</b> УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВ АЭРОБНОЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ ПУТЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В КАЧЕСТВЕ КОАГУЛЯНТА ИЗБЫТОЧНОГО АКТИВНОГО ИЛА .....	140
<b>Горютецкая Е.А., Тарушкин В.И.</b> ДИЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СЕПАРАЦИЯ - ОПТИМАЛЬНЫЙ СПОСОБ РАЗДЕЛЕНИЯ СЫПУЧИХ СМЕСЕЙ .....	142
<b>Алексеева Е.И., Жунман А.И., Карпов В.Г.</b> ЭНЕРГОРЕСУРСΟΣБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЭКСТРУЗИОННЫХ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ НА ОСНОВЕ ПИЩЕВОЙ КАРТОФЕЛЬНОЙ МУКИ .....	145
<b>Рубель Г.М.</b> КОМБИНИРОВАННЫЙ МЕТОД СУШКИ ЗЕРНА .....	147
<b>Рубель Г.М.</b> ЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД СУШКИ ЗЕРНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОРБЕНТА .....	150
<b>Горбачев Ю.И., Шостак В.В., Дубыго А.А.</b> РАЗРАБОТКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО МОДУЛЯ ДЕЗОДОРАЦИИ РАСТИТЕЛЬНОГО МАСЛА .....	151
<b>Горбачев Ю.И., Кажуро А.Н., Хайтин И.А.</b> ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ДЕЗОДОРАЦИИ РАСТИТЕЛЬНОГО МАСЛА .....	152
<b>Ветров В.С., Дмитриев А.М., Чернышев С.В.</b> ПЕРСПЕКТИВЫ СОВМЕСТНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЯСНОГО И РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ КОМБИНИРОВАННОЙ ПРОДУКЦИИ .....	153
<b>Терпиловский К.Ф., Кундро А.Т.</b> ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЦЕССА СЕПАРАЦИИ СОРБЕНТА И ЗЕРНА .....	156

## Пленарные доклады

### ПРОГНОЗ ВРЕДНОСТИ АГРОФАГОВ КАК ОСНОВА ЭНЕРГОРЕСУРСОБЕРЕЖЕНИЯ В ЗАЩИТЕ РАСТЕНИЙ

**В.Ф. Самерсов, Л.И. Трепашко**  
(Белорусский НИИ защиты растений)

Основа всех современных технологий - экономия энергии и материальных ресурсов, стремление к созданию безотходных, экологически безопасных производств. Защита растений, как одна из наиболее сложных и специфических технологий современного растениеводства, должна решать проблему рационального использования природных ресурсов ландшафта, применения комплекса агротехнических приемов увеличения природного запаса агрофагов как альтернативу активным (главным образом химическим) мерам регулирования фитосанитарного состояния агроценозов. При успешном решении этой задачи уменьшается отрицательное воздействие вредных веществ на окружающую среду и экономятся энергоресурсы. В полной мере этому соответствует интегрированная система защиты растений, в основе которой лежит сбор и управление потоками информации, обеспечивающих, в первую очередь, прогнозирование развития фитосанитарной ситуации в агроэкосистемах и планирование организационных и технологических мероприятий.

Наиболее сложным является прогнозирование вредности агрофагов, на основе которого принимаются решения о количестве и интенсивности применения эффективных средств для подавления инфекции численности популяции вредителей растений. Это, по сути, наделенная интеллектом система диспетчерского управления сбором данных о фенологии и развитии сельскохозяйственных культур, агротехнических приемах их возделывания, их болезней, вредителей и сорняков, экологотоксикологических свойствах средств защиты растений, объединенная в единую базу данных и управляемая посредством персональных ЭВМ.

Такой подход в оценке интегрированных систем позволяет обоснованно принимать решения по защите растений в проектируемых системах на основе эколого-экономических порогов целесообразности применения средств защиты, прогнозировать эффект от рекомендуемых мероприятий и осуществлять точный контроль за эффективностью систем и их экологическим последствием. С учетом этого нами разработана концепция и методы оценки вредности агрофагов сельскохозяйствен-

ных культур, а также логические модели по прогнозу вредоносности отдельных видов и их комплекса в процессе вегетации сельскохозяйственных культур. Создана информационная база для системы прогноза динамики численности и вредоносности фитофагов и моделей по расчету эколого-экономических порогов целесообразности применения средств защиты растений. Усовершенствованная система защиты зерновых культур от вредных организмов апробирована в базовых хозяйствах республики. Она основана на использовании экономически целесообразных порогов вредоносности болезнетворных организмов. При применении интенсивной защиты растений пестициды вносились согласно технологическим картам, предусматривающим химическую обработку культур в строгом соответствии с определенными фазами развития растений.

Сравнительная эффективность систем защиты зерновых культур от вредителей, болезней и сорняков (базовые хозяйства Гомельской и Могилевской областей)

Показатели эффективности	Системы защиты растений		
	Интен-сивная	Интегри-рованная	Предла-гаемая
Урожайность, ц/га	50	49,5	48
Прибавка урожая от мероприятий по защите растений, ц/га	10,1	9,6	8,1
Экономия пестицидов, кг	-	2767	3578
Экономия условного топлива, кг	-	16439	27851
Удельн. энергозатраты на получение 1 ц дополн. продукции, МДж/ц	226,4	147,6	124
Коеф. энергетич. эффективности	3,93	8,12	12.45

Целесообразность предлагаемой системы защиты растений очевидна. При этом имеют место энергетическая эффективность и экологическая безопасность.

## ПРОГНОЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ БЕЛКОВ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ БЕЛАРУСИ

А. М. Дмитриев, Л. Д. Божко (БелНИКТИММИ)

Среди бобовых культур сое принадлежит ведущее место в балансировании кормов для животных по белку, жиру, минеральным веществам и витаминам. Известно, что ни одно растение в мире не может произвести за 100 дней столько белка и жира, сколько дает соя. В бобах сои накапливается до 45% белка, сбалансированного по всем аминокислотам, до 24% масла и 20% углеводов.

Одно из важнейших изменений в современном мировом агропромышленном комплексе - резкий рост валового сбора, переработки и потребления сои. Объем ее производства в мире за 40 лет увеличился в 6 раз - с 21 млн. т. в 1955 году до 124 млн. т. в 1995 году. По прогнозу в первые пять лет третьего тысячелетия производство соевых бобов превысит 150 млн. т. Резко изменился также ареал распространения культуры. Если в 1940 году 80...90 % валового сбора сои приходилось на Китай, то с 50-х годов крупнейшей соепроизводящей страной становится США, где в 1995 году урожай бобов составил около 60 млн. т. - половину мирового производства. Значительный рост производства сои, кроме США, достигнут в Аргентине, Бразилии и Китае. На долю этих стран уже к 90-м годам приходилось 90 % мировых валовых сборов и 95 % экспорта соевых бобов.

Технология производства соевых бобов совершенствовалась от прямого прессования, при котором из бобов отжимали до 60 % содержащегося в них масла, через винтовое прессование (до 75 %) к экструдированию с получением необезжиренного шрота, а затем к химическому способу выделения масла (99,0...99,5 %) - экстракции с помощью гексана. В последние годы в развитых странах наблюдается возврат к прессованию и экструдированию соевых бобов с целью получения полуобезжиренного и необезжиренного шрота, являющихся основой белковых добавок в современной комбикормовой промышленности.

Мировым лидером в переработке соевых бобов и производстве соевых продуктов являются США, где разработано достаточно много технологий использования соевого масла, бобов и шрота на технические цели. Однако более 99 % соевых бобов и шрота используют на пищевые и кормовые цели. При этом в собственном потреблении в США преобладают

соевые бобы, мука и концентраты, тогда как продукты глубокой переработки, имеющие более низкую биологическую эффективность, - соевые изоляты - идут на экспорт.

Для помощи производителям в возделывании и переработке сои еще в 1920 году создана Американская соевая ассоциация (ASA), которая пользуется правительственной поддержкой. ASA имеет 12 представительств в Европе и Азии, в том числе в 1996 году создано представительство в Москве.

Можно утверждать, что в мире созданы все условия для того, чтобы использование сои в пищевой промышленности интенсивно развивалось и в следующем тысячелетии, в том числе и в соенепроизводящих странах, куда экспортеры стараются поставлять готовые продукты: масло, изоляты, шрот. Естественно, в той или другой стране могут создаваться условия, когда импорт соевых продуктов будет опережать мировой рост производства сои, т.е. быстрее, чем в 1.5 раза за каждые 10 лет. Этот процесс в высшей степени невыгоден для импортеров. В складывающихся условиях бороться с таким развитием событий бесполезно, нужно приспособливаться.

Для Беларуси можно указать три пути сглаживания негативных моментов от значительного увеличения импорта соевых продуктов:

- организация импорта вместо соевых продуктов сырья - соевых бобов, что позволит увеличить производство масла, продуктов и кормов на отечественных предприятиях;

- расширение производства соевых бобов в республике, что возможно при определенных условиях;

- расширение культивирования альтернативных бобовых культур, одной из которых, в условиях Беларуси, может быть люпин. Хотя во многих странах эту культуру называют "второй соей", но интерес к ней в республике проявляется периодически. В Европе на зерно возделывают три однолетних вида люпина: желтый, белый и синий или узколистный. Лучшие сорта люпинов по приспособленности к почвенно-климатическим условиям Беларуси выгодно отличаются от сои. Семена люпина и сои близки по химическому составу и аминокислотному составу белков.

По аналогии с соей нужны комплексные исследования по вовлечению семян люпина в пищевые ресурсы. Такие исследования начаты Могилевским технологическим институтом и БелНИКТИММП.

Экономически наиболее верное решение, на наш взгляд, состоит в следующем: закупить какое-то количество бобов сои, наращивать ее производство в республике и одновременно работать над технологией

производства пищевых продуктов с белками люпина.

## ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ПРЕДПРОЕКТНОГО АНАЛИ- ЗА ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ НА ОБЪЕКТАХ АПК

Л. С. Герасимович, академик ААН РБ,  
А. М. Равинский (МСХП РБ),  
О. Л. Сапун (БАТУ).

В оперативный (двух- трёхлетний) период стабилизации экономики в республике необходимо концентрировать внимание не на разработке, может и эффективных, но долгосрочных проектов, а на отборе уже готовых к внедрению разработок и научных рекомендаций, давать оценку эффективности их использования на производстве и обеспечивать научное сопровождение внедрения.

Любая энергоэкономическая задача агроэнергетики при дефиците времени и ресурсов предполагает установление приоритетности в очередности обследования и совершенствования элементов энергетической системы.

Сложность и трудность решения таких задач возрастает в случае неполной и неточной (неопределённой) информации, учитывая сжатые сроки предпроектного анализа альтернативных вариантов. Возникает проблема выбора направлений максимальной эффективности. Для этих целей разработаны различные методы математического анализа (линейного, динамического, целочисленного, стохастического программирования и другие). Однако они недостаточно эффективны и труднореализуемы в условиях повышенной неопределённости и экономического риска. Здесь более подходят эвристические методы с привлечением квалифицированных экспертов. Такие методы позволяют получить за короткое время приемлемый объективный результат с использованием в качестве исходной информации неоднородного набора показателей.

На предпроектной стадии принятия решений разработана методика комплексной эвристико-кибернетической оценки, алгоритм которой позволяет, в принципе, решать многие задачи выбора приоритетных направлений энергосберегающих мероприятий на различных иерархических

Уровнях агроэнергетических систем (от индивидуальной энергоустановки до энергоснабжения производственного объекта).

Алгоритм решения задачи включает следующие этапы:

- выделение объекта обследования энергетической системы (на уровне отрасли, предприятия, установки, агрегата и др.);
- формирование конкретной основной задачи совершенствования объекта;
- декомпозиция объекта на элементы;
- упорядочение элементов по степени их предпочтения на разработку энергосберегающих мероприятий;
- формирование решения задачи на основе поставленной цели и наличных ресурсов.

Отличительной особенностью методики является одновременная возможность формирования направления совершенствования самих элементов на основе анализа экспертом исходного и возможного состояния всех элементов системы. Разработан перечень характеристик (эвристик) исходного и возможного состояния анализируемого элемента энергетической системы по разрабатываемому, выпускаемому, используемому и закупаемому оборудованию.

Модель исходного и возможного (реконструируемого) состояния элемента представляется в виде конфигурационного образа по отдельным показателям состояния, математически описываемого аддитивной функцией.

Составляющие моделей состояния элемента описываются на основе эвристик, отражающих фактическое состояние элемента и носящих интуитивно мотивированный характер, (на основе оценки опытных экспертов). Значение показателей состояния выражается соответственно двумя или тремя предельными числами (уровнями).

Окончательно, аргументами функции предпочтения элемента является множество параметров исходных данных (функция исходного состояния) и параметров решения (функция возможного состояния, например, для реконструируемого объекта).

Методика наглядна и всегда доступна для повторного анализа принимаемых решений. Разработан перечень характеристик исходного состояния анализируемых элементов энергетической системы. Разработана характеристика исходного состояния, которая насчитывает - 17, а возможного состояния - 18 показателей. Характерной отличительной чертой является открытость этого перечня показателей для дополнения и изменения в зависимости от особенностей объекта.

Дальнейшая математическая обработка результатов экспертизы по различным критериям эффективности (инвестициям, сроку окупаемости и т.д.) позволяет формулировать ряды предпочтения энергосберегающих мероприятий. Ограничение рядов предпочтения мероприятий определяется наличными ресурсами.

Алгоритм экспертной оценки реализован в виде программы на ПЭВМ для работы эксперта в диалоговом режиме с выводом результатов на печать.

Для проверки экспертной системы был проведён энергоаудит ряда хозяйств Минского района. Выполнен анализ правдоподобия рядов предпочтения разработанных энергосберегающих мероприятий и даны необходимые рекомендации по их последовательности и эффективности внедрения.

### **ТЕХНОЛОГИИ ВНЕСЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ, ОГРАНИЧИВАЮЩИЕ ИХ РАСХОД И ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУ- ЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

**Эдмунд Каминьски, доц., д-р  
(Институт строительства, механизации и электрификации сель-  
ского хозяйства. Варшава, Польша)**

Расход, потерю минеральных удобрений и загрязнение окружающей среды можно снизить, применяя удобрения в виде суспензии NPK, азотных растворов с поверхностным распределением или внекорневой подкормкой растений, а также используя эластичные и жесткие контейнеры для упаковки твердых удобрений, соответствующие машины для транспортировки, погрузки, поверхностного внесения удобрений и подкормки растений.

Для внесения удобрений в виде суспензии NPK, технология предусматривает следующие технические средства: станции производства удобрений, бочковозы для их доставки на поле, полевые опрыскиватели. В технологии внесения жидких удобрений применяется поверхностное крупнокапельное опрыскивание, рядковый разлив и внекорневая подкормка растений растворами посредством опрыскивания. Технология с применением эластичных контейнеров вместимостью 0,5 и 2,0 т включает: погрузку удобрений в контейнеры, перегрузку при помощи погрузчиков, рассеив удобрений непосредственно из контейнера или пересыпание в танки традиционных разбрасывателей.

Рассматривая вопросы ограничения потерь удобрений и загрязнения окружающей среды, необходимо исследовать весь технологический про-

окружающей среды, необходимо исследовать весь технологический процесс, начиная от производителя и заканчивая применением удобрений на поле. Потери удобрений и загрязнение окружающей среды происходят уже в производственном процессе (улетучивание, утечка и попадание в сточные воды) или во время транспортировки (негерметичность транспортных средств, распыление), складирования (образование комков, распыление, размывание плохо защищенных куч и т.п.), поверхностного внесения удобрений и подкормки (большая поперечная и продольная неравномерность рассева, неполное использование удобрений растениями).

Ограничения расхода удобрений, потерь и загрязнения окружающей среды можно осуществить применяя удобрения в виде суспензии NPK, контейнеры для твердых удобрений, азотные растворы для поверхностного внесения и внекорневую подкормку. Использование таких удобрений, а также контейнеров требует переоборудования находящихся в эксплуатации технических средств, а также применения специальных машин и оборудования.

В докладе проанализированы различные технологии внесения удобрений, в частности:

- в виде суспензии NPK;
- жидких минеральных удобрений;
- с использованием эластичных контейнеров.

При использовании первой из названных выше технологий вначале удобрения готовят на специальных станциях, которые оснащены резервуарами с технологической, аммиачной водой, азотным раствором, раствором NP, а также смесителями бетонита и суспензии NPK, насосами, погрузочными устройствами, хранилищем твердых удобрений первичного фосфата аммония и калийной соли. Для приготовления удобрения используют суспензию NP (8:24), калийную соль, азотный раствор (28:32N), техническую воду и бетонит. Состав подготовленного удобрения может меняться, но в 400 л суспензии должно быть приблизительно: 25 кг N, 40 кг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и 60 кг K<sub>2</sub>O. Приготовленная суспензия транспортируется ассенизационными машинами типа PS-45/S и PS-90/S на поле. Для опрыскивания удобрениями в виде суспензии применяются специально приспособленные опрыскиватели. Учитывая существенные отличия суспензий и растворов, в данные опрыскиватели внесен ряд отличающихся изменений в системе управления и распределения суспензии.

В технологии опрыскивания селитро-мочевинными растворами, с полной заводской центрацией, значения эксплуатационных и экономических показателей, схожи со значениями получаемыми при выполнении

технологических операций, связанных с внекорневой подкормкой. Величина этих значений существенным образом зависит от дозы удобрений, приходящихся на один гектар площади и расстояния поля от хозяйства.

Перспективной является технология с использованием эластичных контейнеров. Эластичные контейнеры применяются для многих сыпучих материалов, в том числе и для твердых минеральных удобрений. Они предназначены в основном для транспортировки удобрений, а в некоторых случаях могут быть использованы для складирования минеральных удобрений на период от нескольких дней до нескольких недель, а также для рассева удобрений.

Сравнительный анализ стоимости традиционных минеральных удобрений (твердых) и удобрений в виде суспензии NPK показывает, что применение последних снижает расходы, связанные с внесением удобрений приблизительно на 30%. Кроме того, технология внесения удобрений в виде суспензий характеризуется большей производительностью опрыскивания (производительность автомобильного опрыскивателя составляет до 30 га/ч), хорошей равномерностью распределения (неравномерность ниже 20%), а также полным соблюдением условий защиты окружающей среды.

Для опрыскивания жидкими удобрениями выпускаются тракторные опрыскиватели, автомобильные и самоходные, соответственно защищенные против коррозионного действия удобрений. Для опрыскивания растворами RSM-28 рекомендуется применение дырчатых распылителей (на площадях зерновых) и так называемые разливные шланги (на площадях возделывания корнеклубнеплодов).

Современные опрыскиватели снабжены контрольно-управляющим устройством, обеспечивающим большую поперечную и продольную равномерность опрыскивания (поддержание постоянной дозы), самодействующее изменение давления в функции скорости движения, поддержание одинакового давления по всей ширине полевых рассеивающих балок, текущий контроль рабочих параметров опрыскивателя, а также имеют дистанционное управление агрегатами из кабины трактора.

Минеральные удобрения в эластичных контейнерах могут транспортироваться водным путём, железнодорожным и автомобильным транспортом. Для погрузки контейнеров применяются универсальные и специальные погрузчики. Для рассева удобрений используют специальные, универсальные разбрасыватели, часто оборудованные собственным погрузчиком. Рациональное применение эластичных контейнеров в технологии внесения минеральных удобрений уменьшает опасность загрязнения окружающей среды химическими веществами, улучшает условия обслу-

живания машин во время транспортировки, перегрузки и посева удобрений; увеличивает степень механизации работ, уменьшает трудоемкость внесения удобрений.

## **ПРЯМОЙ ПОСЕВ - ОБЩЕЕ СОСТОЯНИЕ И ЕГО ПОТЕНЦИАЛЫ В ВОСТОЧНОЙ ЕВРОПЕ**

**Р. Йахайя (БАТУ)**

**Т. Фрик, К. Келлер (Университет Хохенхайм, ФРГ)**

Производство зерновых культур без вспашки стало общей практикой для многих фермеров в мире. Кроме экономического эффекта, прямой посев имеет экологические преимущества. Общая эмиссия диоксида углерода (CO<sub>2</sub>), которую можно сократить, если прямой посев применять в СНГ, составляет 3,3 Гт (Гастон и др., 1993).

В США, Южной Америке и Австралии прямой посев занимает уже больше чем 15 миллионов га. Несмотря на широкое распространение традиционной вспашки, в Европе число фермеров, которые выращивают сельскохозяйственные культуры прямым посевом достаточно велико. Машиностроительные предприятия проявляют интерес к разработке новых машин для прямого посева (Келлер, 1995). В настоящее время существуют больше чем 60 фирм - производителей специальных машин для прямого посева. Основные требования к этим машинам - малое нарушение покоя почвы и свободная операция посева в засорённых почвах. Рабочие органы - жесткие сошники и двухдисковые сошники. На плотных почвах применяют предплужники, которые осуществляют очистку сошников.

Прямой посев, как новая технология требует, тщательной научной экспертизы. Особенности местоположение, т.е. климат, почва, система севооборота, социально-экономические факторы играют большую роль и должны быть исследованы до применения прямого посева. С целью дальнейшего обсуждения и применения этой технологий, в Восточной Европе были проведены эксперименты.

Глинистые, среднесуглинистые, черноземы, песчаные влажные почвы, богатые гумусом и калием являются пригодными почвами для прямого посева. Как доказано, они улучшают биологическую активность почвы. В каменных почвах, прямой посев уменьшает износ агрегатов машин т.к. их удаляют во время работы. Худшие результаты наблюдались в бедных минеральным веществом почвах, в почвах с пылевидными части-

цами и в гидроморфных почвах. В России, например, Северо-Западный, Центральный, Волго-Вятский, Центрально-Черноземный, Поволжский, Северо-Кавказский, Уральский, Западно и Восточно-Сибирский регионы считаются регионами с большими преимуществами для прямого посева.

Постоянный покров почвы является базовым требованием для успешного проведения прямого посева. С этой целью после уборки оставляют растительные остатки (РО) в поле или выращивают специальные культуры. Проведенные в Англии опыты показали, что уборка РО с почвы или их удаление путем сжигания приводит к потере 30% урожайности в ближайшие годы. Органические вещества на поверхности охраняют почву от эрозии и ряда других негативных биологических явлений. Мульч улучшает условия для червей, которые необходимы для создания пор в почве. Однако, некоторые культуры (хлопок, зернобобовые и люпин) оставляют меньше РО, необходимых для покрова почвы. РО существенно снижает уплотнение почвы тракторами и уборочными машинами. В регионах, где имеется большой сход снега, РО уменьшают потери гумуса при снеготаянии. Результаты многолетних исследований показали, что прямой посев однозначно уменьшает почвенную эрозию и улучшает инфильтрацию воды в почве (Майллард и др. 1997, Касио 1997).

*Борьба с сорняками.* Общие косвенные меры для борьбы с сорняками, например севооборот, совместное возделывание отдельных культур и внесение удобрений применяются и в прямом посеве.

Применение гербицидов в прямом посеве требует определенной осторожности. Гербициды не должны повреждать органические вещества почвы. Следует определять вид сорняков и применять против них соответствующие гербициды. Многолетние опыты показали, что прямой посев не требует высокие дозы гербицидов. Наоборот, в большинстве случаев наблюдали низкие их расходы. Господа Маёр и Майллард (1993, 1996) в своих работах пришли к выводу, что действие гербицидов в четырех посевах разным способом обработанной почвы, существенно не изменилось после более 25 лет практики.

Проведенные опыты в хозяйственных условиях Румпом (1997) показали, что применения машин с предплужниками позволяет удалять растительные остатки и создает благоприятные условия для посева и качественный посев достигается при скорости свыше 12 км/ч. Для тяжелых мокрых РО и почв Лессие (1997) рекомендует двухдисковые сошники.

В Университете Хохенхайм были проведены опыты на двух видах почв (легкая и тяжелая) с целью сравнить экономические потенциалы разных систем обработки почвы в больших хозяйствах бывшей ГДР.

Исследованы следующие виды культиваций: основная и минимальная обработка почвы и прямой посев (100 га). В целом, наименьшие затраты характерны для прямого посева по сравнению с традиционной основкой или минимальной обработкой почвы. Для больших хозяйств сеялка-культиватор (Airseedер) и прямой посев становятся единственными альтернативными технологиями возделывания сельскохозяйственных культур. Переходный этап между вспашкой и поверхностной обработкой или прямым посевом является сложным процессом, хотя и значительно улучшает экономическое положение хозяйств. Технология прямого посева требует полной оценки стоимости возделываемой культуры. Простой расчет стоимости сельскохозяйственных машин не достаточен.

Прямой посев остается важнейшим способом, обеспечивающим оптимальные тепловой и влаговоздушный режимы для семян и роста растений. Существующие ободрительные научные результаты создают условия для успешного применения прямого посева в Восточной Европе. Однако, разработанные в настоящее время сеялки одного прохода или прямого посева требуют усовершенствования. С технической точки зрения предпочтение отдают усовершенствованию сеялки с сошниками, работоспособными при больших количествах РО и при которых лучше сохраняется влага в почве и улучшается всхожесть семян.

## **К ПРОБЛЕМЕ УСТОЙЧИВОСТИ МЕЛИОРИРОВАННЫХ ЗЕМЕЛЬ ОТ ДЕГРАДАЦИИ**

**А.С.Мееровский**

В структуре почвенного покрова Беларуси до начала работ по осушению высокий удельный вес (до 50%) занимали заболоченные и переувлажненные земли. В естественном состоянии они выполняют функции аккумулятора влаги и органического вещества. При этом формируются полугидроморфные и гидроморфные почвы, характеризующиеся особыми режимами влажности и окислительно-восстановительными.

Переувлажнение почв возникает:

- в почвообразующих породах или горизонтах, не содержащих органического вещества. Сопровождается гидратацией минеральных коллоидов и набуханием. В сухую погоду происходит их усадка и образование в глинистых и суглинистых породах вертикальных трещин. В таких условиях почвы могут находиться неопределенно долго в состоянии переувлажне-

ния, не приводящего к развитию анаэробноз. Твердая фаза почвы не претерпевает существенных изменений химических свойств;

- в присутствии органического вещества, способного к сбраживанию. В этом случае оно сопровождается падением окислительно-восстановительного потенциала, накоплением органических и минеральных восстановителей, кислот и внутрикомплексных соединений, увеличением валентности железа и марганца и их миграцией, периодическим или постоянным анаэробнозом. В таких условиях следствием является процесс глееобразования. Последний сопровождается выносом и накоплением элементов в профиле почвы и их миграцией в ландшафте. Поэтому переувлажнение может вызывать деградацию почв.

Таким образом, переувлажнение и связанное с ним заболачивание еще без вмешательства человека приводит к деградации отдельных почвенных разновидностей.

Состояние преобладающих в республике почв после осушительной их трансформации изучено достаточно полно и полученные данные реализуются в практической деятельности, в т.ч. в прогнозировании состояния природной Среды. В настоящее время важно, используя информацию по отдельным разновидностям почв, дать оценку территориальным комплексам, их устойчивости к антропогенному воздействию.

Проблема устойчивости природных систем давно вызывает повышенный интерес исследователей, тем не менее сложность и многогранность ее, а также отсутствие комплексного, системного подхода не позволяют существенно продвинуться на пути от накопления эмпирических данных к управлению процессами на уровне ландшафтов или крупных территорий. В этом отношении наличие в республике 3,4 млн. га осушенных земель (15,5% всей площади), широкий диапазон их технического уровня, мелиоративного состояния, почвенного покрова и плодородия дает возможность на новой основе интерпретировать устойчивость земель к деградации. Признание закономерностей организации почвенных структур обуславливает существование механизмов устойчивости как способов защиты систем. По мнению Д.Л. Арманда выделяются четыре группы механизмов устойчивости: 1) сохраняющие (стабилизирующие) состояние системы; 2) сохраняющие тип функционирования; 3) сохраняющие структуру; 4) сохраняющие траекторию движения. В числе механизмов стабилизации наибольший интерес, с точки зрения оценки почвенных комплексов, представляют инерция, которая обеспечивает необратимое расходование некоторого запаса качества системы, и приспособления, ограничивающие обмен системы со средой.

Механизм сохранения типа функционирования определяется надежностью системы, ее пластичностью, предполагающей возможность замены одного элемента другим и рассредоточением почвенных характеристик по различным нишам.

Устойчивость почвенных структур мелиорированных территорий во многом зависит от иерархического уровня составляющих компонентов, соотношения природных и антропогенных процессов, стадии преобразования и трансформации системы. Однако почвенный покров республики весьма сложен и включает несколько тысяч почвенных разновидностей, специфику каждой из которых учесть просто невозможно. Очевидна необходимость типизации земель, выделения по природным условиям территорий, для которых можно унифицировать систему использования и оценку последствий антропогенного воздействия.

По разработанной нами совместно с Т.А. Романовой типологии в Беларуси выделено 59 типов земель, в том числе 37 - внепойменных и 22 - пойменных. Основное подразделение земель осуществляется по условиям рельефа и строению почвообразующих пород. Для каждого типа земель определены: продуктивность всей территории и сельскохозяйственных угодий; факторы, осложняющие развитие сельского хозяйства; чувствительность к мелиоративным мероприятиям; целесообразное направление хозяйственного использования. Все почвенные комплексы распределяются по степени чувствительности (сенсорности) к осушению на три группы: 1) слабосенсорные, состоящие из наиболее устойчивых почв в сочетании со слабой реакцией территории на изменения в связи с мелиорацией; 2) среднесенсорные - это те же почвы, но эрозионноопасные; 3) сильносенсорные, куда относятся наименее устойчивые к деградации почвы, при высокой степени контрастности и неоднородности почвенного покрова. Изучение свойств почв и процессов в условиях антропогенного воздействия показало их различную устойчивость к деградации. Наиболее устойчивы территории с преобладанием дерновых почв, развитых на связных породах. Изменение условий почвообразования вызывает деградацию дерново-глеевых и глееватых почв на рыхлых породах. Низка устойчивость земель с высоким удельным весом маломощных торфяных почв, подстилаемых рыхлыми породами.

В республике сложилось положение, когда в результате сельскохозяйственного использования осушенных торфяных почв (около 1 млн. га) не менее трети их утратило исходные генетические признаки и превратилось в новые почвенные образования, требующие особого технологического регламента эксплуатации и дополнительных средств для достиже-

ния необходимой продуктивности. Из-за постоянно увеличивающейся неоднородности почвенного покрова и зависимости от погодных условий, усилия земледельцев не всегда адекватны результатам. Вызывает серьезную тревогу экологическая обстановка территорий с высоким удельным весом «сработанных» или приближающихся к этому состоянию торфяных почв. Это хорошо иллюстрируют многие хозяйства Любанского района Минской области, Лунинецкого, Пинского, Пружанского - Брестской, Калинковичского района Гомельской области. В этой связи, одновременно с совершенствованием системы мелноративного земледелия, необходим поиск нестандартных решений, способных коренным образом изменить физическое состояние почв и технологическое - поля.

## **СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ТРАДИЦИОННОЙ И ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ РОССИИ**

**П.П.Безруких, к.т.н. (Министерство топлива и  
энергетики РФ),**

**Д.С. Стребков, академик РАСХН (ВИЭСХ),**

**И. И. Тюхов, к. т. н. (Московский энергетический институт)**

Около 70% территории России, с постоянно проживающим населением более 10 млн. человек, не может получать энергию по системе централизованного энергоснабжения. Из 70 энергосистем 44 имеют перебои в снабжении электроэнергией. Около 30% дачных участков и 20% сельскохозяйственных предприятий не связаны с централизованной энергосистемой.

Цены на энергию определяются региональными и Федеральной энергетической комиссиями, которые включают представителей из Министерства топлива и энергетики, Министерства экономики и главных потребителей. Индивидуальные потребители платят сейчас около 0,04 \$ за кВт-час, а промышленные - примерно в два раза больше.

Объединенная энергосистема в России охватывает огромную территорию. Это приводит к специфическим проблемам, влияющим на эффективность, включая потери на передачу (в зависимости от географического расположения источников топлива) и высокую стоимость распределения энергии в отдаленных и в неплотно заселенных областях. Дефицит энергии существует на Северном Кавказе (Пятигорск), в Северо-западном ре-

гионе (Санкт-Петербург), в Уральском регионе (Екатеринбург) и на Дальнем Востоке (Хабаровск). Только 21 из 72 местных энергопроизводящих компаний производят избыток электроэнергии и экспортируют ее, обеспечивая другие регионы. Несмотря на то, что промышленное потребление электроэнергии значительно упало, благодаря резкому уменьшению производства, потребление ее в индивидуальном секторе - увеличилось.

В приоритетах новой энергетической политики - необходимость использовать в энергетических системах местные ресурсы, главным образом, возобновляемые - с минимальным воздействием на окружающую среду. Потребление энергии должно быть сведено до минимально возможного уровня, совместимого с экономическими и социальными целями и нуждами общества.

Реализация новой энергетической политики включает:

1. Либерализацию цен на топливные и энергетические ресурсы.
2. Стандартизацию и сертификацию всех типов энергетического оборудования.
3. Установку электрических, газовых, водяных и тепловых счетчиков и контролирующих приборов в каждом доме, на каждом производстве.
4. Новую кредитную, налоговую и инвестиционную политику для внедрения энергосберегающих технологий.
5. Федеральный и региональные фонды энергосбережения.
6. Эффективное федеральное и региональное управление.
7. Законодательную, государственную и общественную поддержку новой энергетической политики.

Политика и структура цены должна стимулировать развитие "высоких" технологий. Приватизация и поддержка малого бизнеса играет все большую роль в решении проблемы энергетического кризиса.

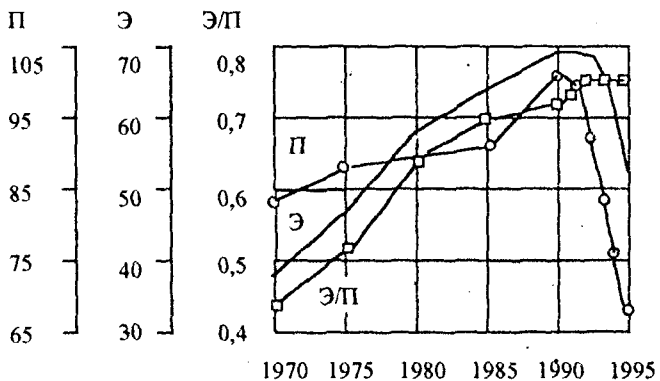
Потери энергии в России огромны. Энергосберегающий потенциал составляет одну треть от валового объема потребляемой первичной энергии. Затраты первичных энергетических ресурсов на единицу валового продукта примерно в 1,3 раза больше, чем в США и в 2 раза больше, чем в промышленно развитых странах Западной Европы и Японии. Энергетические затраты на производство сельскохозяйственной продукции в России в 2-4 раза больше, чем за рубежом, в то время как производительность труда в сельском хозяйстве составляет около 10% от зарубежного уровня. Улучшение в структуре экономики предполагает сэкономить около половины сохраняемой энергии, а другую часть - за счет осуществления технологических и организационных мер.

На рисунке (см. ниже) приведены энергетические показатели в сель-

ском хозяйстве России. Положение и основные тенденции здесь характеризуются следующим:

- интеграция и уменьшение общего числа фермерских хозяйств (тенденция к концентрации и централизации сельскохозяйственного производства);
- рост потребности в энергии (прямой и непрямой);
- приоритетное решение социальных и экологических проблем;
- развитие инфраструктуры, забота об окружающей среде, чистом воздухе, чистой питьевой воде и качественной пище;
- снижение прибыльности в сельском хозяйстве (увеличение роста продукции происходит медленнее роста потребления энергии).

Энергетические показатели в сельском хозяйстве России



На рис.: П-валовая продукция, мрд. руб., Э-энергопотребление в с производстве, млн тонн у.т., ЭП-энергоемкость валового продукта, кг у.т./руб

Ожидается, что к 2030 году мировое население возрастет до 5 - 10 миллиардов человек. Это потребует удвоить производство продуктов питания. Для снижения вредного влияния на окружающую среду, сельскому

хозяйству необходимо будет использовать меньшее количество пестицидов и минеральных удобрений. Число занятых в сельском хозяйстве тоже будет снижаться. В такой ситуации сельское хозяйство фактически будет превращаться в производство, основанное на научных достижениях и не зависящее от погоды и климатических условий.

Общее потребление энергии в Российской Федерации уменьшилось до 100 млн. т. усл. топлива с учетом местных ресурсов что составляет около 10% от общего количества потребляемой энергии.

В результате экономических реформ многие сельскохозяйственные производители находятся в тяжелом положении и близки к банкротству из-за дисбаланса между относительно низкими ценами на сельскохозяйственную продукцию и высокими ценами на энергию.

Возобновляемые источники энергии рассматриваются как перспективное направление для сельской электрификации. Малые установки, включая фотоэлектрические и ветровые, надежны и конкурентоспособны для электрификации домов и хозяйств в отдаленных поселках. Сети, работающие с возобновляемыми источниками энергии, также представляют собой растущую альтернативу для обеспечения энергией сельских поселков. Имеющиеся технологические возможности включают малые гидростанции, генераторы на биомассе, малые геотермальные установки, фотоэлектрические, солнечные тепловые, ветровые и гибридные системы, которые могут быть подключены к электрическим сетям.

В то время как ветровые энергетические ресурсы особенно велики у северных и восточных границ страны и на Северном Кавказе, соответствие этих ресурсов с заселенными областями и(или) системами электропередач менее благоприятно.

Плотно заселенный Северо-Кавказский регион, заселенные области на Северо-западе (Мурманск и Архангельск) и Дальнем Востоке (Хабаровск) представляют лучшую возможность, для связанных с электрическими сетями ветровых и ветро-дизельных систем, обеспечения энергией малых поселков.

В то время как в течение всего года солнечная энергия доступна лишь, главным образом, в южных областях, ее ресурсы в летний период для дополнительного снабжения горячей водой имеются во всех регионах. Геотермические ресурсы сконцентрированы в двух областях, одна из них плотно заселена (Северный Кавказ). Имеется большое количество быстрых рек, высокие ветровые потоки в районах с электросетями, что дает возможность использовать возобновляемые технологии для сельской электрификации, вносить вклад в социальный и экономический рост

сельских поселений и содействовать устойчивому прогрессу в регионе.

Распределение потенциалов по отдельным видам возобновляемых и традиционных источников энергии (млн. тонн условного топлива)

Возобновляемые источники энергии	
Солнечная энергия	$2.3 \times 10^6$
Ветровая энергия	$2.6 \times 10^4$
Энергия биомассы	$1.0 \times 10^4$
Малая гидроэнергетика	360
Геотермальная энергия	$115-20 \times 10^6$
Невозобновляемые источники энергии	
Уголь	$(300-350) \times 10^3$
Нефть	$(20-40) \times 10^3$
Газ, триллион куб. м	20-40
Производство первичных энергоресурсов	1500

Возобновляемые источники энергии представляют серьезную альтернативу традиционным энергетическим ресурсам уже сейчас, а не только в отдаленном будущем.

### СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ВУЗОВСКОЙ НАУКИ

**З. В. Ловкис, докт. техн. наук, профессор (МСХП РБ)**

В нашей республике достаточно хозяйственных, социальных, экологических и других проблем, решение которых во многом зависят от дос-

тижения научно-технического прогресса и взаимодействия с наукой, в том числе вузовской.

Высокие показатели в растениеводстве и животноводстве в лучших хозяйствах республики достигнуты за счет внедрения передовых технологий и на основе научных исследований. Значительный вклад в развитие науки вносят и ученые высших сельскохозяйственных учебных заведений.

Сегодня в ВУЗах Минсельхозпрода работает 83 доктора и 619 кандидатов наук, в аспирантуре обучается 181 человек, в докторантуре 3 человека. За пять последних лет здесь прошли подготовку 170 человек аспирантов, из них защитился 61 человек (47%). Следует отметить хорошую подготовку специалистов высшей квалификации в БСХА. На рис.1 показана динамика подготовки научно-педагогических кадров через аспирантуру.

Ученые ВУЗов только в 1997 году получили 11 патентов на изобретения, издали 14 сборников научных трудов, опубликовали 7 монографий. Здесь разработаны и ждут внедрения новые технологии возделывания зерновых культур и корнеклубнеплодов, консервации сельскохозяйственных машин, обеспечения микроклимата на животноводческих фермах, биоудобрения, формации, бактериальные и другие препараты для лечения животных, минеральные добавки, новая техника, новые сорта пшеницы, люпина, тритикале. Динамика патентно-лицензионной работы в ВУЗах Минсельхозпрода показана на рис.2.

Внедрение научных разработок каждым ВУЗом хорошо просматривается на достижениях в учебных хозяйствах. В учхозе БСХА за 1997 г. средний удой на корову составил 4071 кг, урожайность зерновых - 39,7 ц/га; в учхозе ГСХИ «Принеманский» - соответственно - 3242 кг и 44,1 ц/га; в учхозе БАТУ им. Фрунзе - 3006 кг и 35,5 ц/га; в учхозе ВГАВМ - 2216 кг и 15,3 ц/га.

Планом фундаментальных исследований в ВУЗах на этот год предусмотрены работы по селекции растений, созданию новых сортов зерновых, научных основ и методов искусственного осеменения, диагностики и лечения животных, новых технологий и средств для повышения плодородия почв и урожая.

Ученым БАТУ необходимо сконцентрировать внимание на технологиях по производству и уборке таких культур как лен, рапс, овощных, на усовершенствовании машин для уборки трав и картофеля.

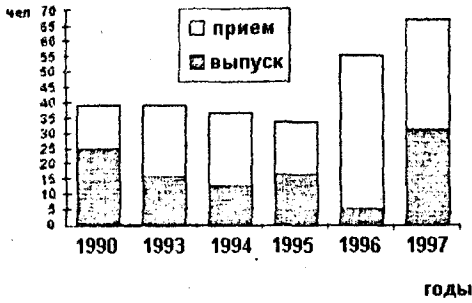


Рис. 1. Подготовка научно-педагогических кадров через аспирантуру.

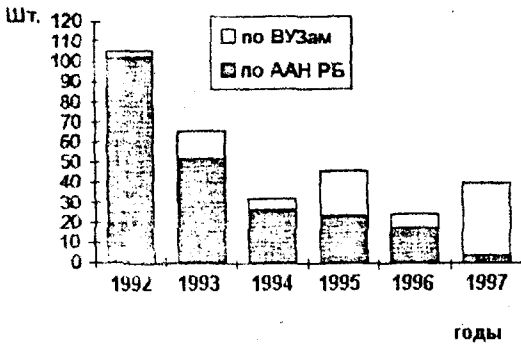


Рис. 2. Получено патентов и авторских свидетельств на изобретения.

**Доклады на секциях****1. Энергосберегающие процессы и технологии****1.1. Растениеводство****ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ  
ФИТОСАНИТАРНОЙ СИТУАЦИЕЙ ПОЛЯ И РЕГИОНА****В. Ф. Самерсов, В. Н. Картошевич (БелНИИЗР)**

Для эффективного функционирования производства, сервисных и управленческих формирований агропромышленного комплекса Республики Беларусь в период перехода к рыночным отношениям необходима соответствующая информационная среда - обеспечение своевременной и достоверной коммерческой и научно-технической информацией. С этой целью необходимо создать информационно- компьютерную систему управления защитой растений, как составную часть управления агропромышленным комплексом в национальной информационной системе республики.

Анализ исходных теоретических предпосылок показал, что ключевым звеном создания новой компьютерной системы в защите растений служит представление и обработка знаний специалистов различных направлений. Однако опыт, накопленный нами в области разработки регламентных задач и автоматизированных систем, говорит о том, что идет постоянное наращивание сложности решаемых алгоритмов, изменяются условия их эксплуатации в связи с быстрым развитием аппаратно-программных комплексов. С другой стороны, разработка необходимых алгоритмов и диалоговых средств должна в полной мере обеспечивать доступ к системе неподготовленного в области программирования пользователя. Это приводит к тому, что системы становятся громоздки в обращении, а к окончанию их разработки и эксплуатации успевают в значительной степени идеологически и морально устаревать.

Все сказанное объективно говорит о необходимости создания принципиально нового подхода к разработке и внедрению компьютерной технологии в защите растений. Основными теоретическими предпосылками для этого является концепция интегрированной защиты растений, а также методология создания принципов прогнозирования и основные достижения последних лет в области моделирования процессов, реализация которых нацелена на использование

современных аппаратно-программных средств и развивающуюся функциональную структуру службы защиты растений.

Существующие традиционные экстенсивные методы управления и принятия решений чрезвычайно трудоемки, что не дает возможности их полноценного использования. Поэтому создание и внедрение в практику комплекса типовых алгоритмов необходимо осуществить на основе максимального использования агрометеорологической информации и реального приближения пользователя к компьютеру для оптимизации принимаемых решений в зависимости от складывающейся фитосанитарной ситуации поля, региона и охраны окружающей среды от необоснованных пестицидных воздействий.

При построении и реализации типового алгоритма использовались единые этапы, методы и средства. Созданию математической модели предшествовало построение логической модели объекта управления. При создании математических моделей развития вредных объектов применяли методы множественной регрессии, аналитическое моделирование, спектральный анализ временных рядов.

Система управления фитосанитарной ситуацией региона нацелена на автоматизацию функций специалистов районного, областного и республиканского уровней управления. Ее основная цель создания - обобщение с помощью компьютера отчетных показателей нижестоящих уровней управления для классификации однородных территорий, составления фенологических, долгосрочных и многолетних прогнозов, оценка эффективности проводимых защитных мероприятий в регионе, выработка стратегических управленческих решений, осуществление долгосрочного и перспективного планирования, осуществление консультаций с помощью компьютера в режиме "запрос-ответ". Для создания системы управления фитосанитарной ситуацией поля предложено комплекс алгоритмов, осуществляющий за ней контроль, составление с помощью компьютера прогнозов фенологии и вредоносности основных объектов, оптимизацию сроков проведения защитных мероприятий на основе прогноза фенологии культур и объектов, оценку и обоснование выбора оптимального ассортимента пестицидов на основе эколого-экономического критерия.

Для обоснования весомости этого критерия сформулированы основные принципы:

- получение первичной информации о складывающейся фитосанитарной ситуации поля в соответствии с прогнозируемой фенологией культуры,

- анализ проведенных и планируемых защитных мероприятий в экономическом и экологическом аспектах;

- оценка экологических, экономических, технологических параметров по единой шкале измерения на основе отклонений от эталонных значений;

- выбор оптимального ассортимента пестицидов на основе максимального значения эколого-экономического критерия;

- взаимосвязь совокупности алгоритмов в единой технологической схеме на основе использования современных аппаратно-программных средств.

Система управления фитосанитарной ситуацией поля сформулирована как задача оптимального управления с критерием

$$\Phi(x) = a_1 * \Phi_1(x) + a_2 * \Phi_2(x) + a_3 * \Phi_3(x) \rightarrow \max,$$

где  $\Phi_1(x), \Phi_2(x), \Phi_3(x)$  - суммарные значения экологических, экономических и технологических параметров, соответственно;  $a_i$  - "веса" этих критериев ( $i=1,2,3$ ), характеризующие их важность в общей системе показателей.

Для построения частных критериев ( $\Phi_i(x)$ ) системы защитных мероприятий вводились эталонные значения ( $Y_{ij}$ ), отражающие при сложившейся фитосанитарной и экологической ситуации поля, уровень экологической целесообразности и экономической рентабельности применения защитных средств.

Для выражения критериев в единой шкале измерения в частном случае они могут рассчитываться как

$$a_i * \Phi_i(X) = E((Y_{ij} - Y_{ij}^0) / (Y_{ij}^0)) * 100, \quad i=1,2,3$$

где  $Y_{ij}$  - j-тый показатель i-ой группы;  $Y_{ij}^0$  - соответствующий эталонный показатель i-ой группы; X - параметры пестицидов и фитосанитарной ситуации.

Алгоритм выбора оптимального ассортимента пестицидов основан на вычислении отклонений этих интегральных показателей от эталонных значений каждой из трех групп параметров. Эти отклонения выражаются в относительных величинах (% от эталона), что дает возможность суммировать их. Итогами суммирования являются значения эколого-экономического критерия  $\Phi(x)$ , положительный знак которого указывает на предпочтительность выбора пестицида, а его абсолютная

величина - на номер в рекомендуемом ассортименте.

Таким образом, методический подход к построению моделей энергосберегающих процессов в защите растений состоит в реализации сформулированной системы оптимального управления фитосанитарной ситуацией поля и региона. Ее создание основано на принципах системного анализа с максимальным использованием агрометеорологической информации, совокупности математических моделей и современных аппаратно - программных средств.

### **УЗКОПОЛОСТНЫЕ ГЕТЕРОГЕННЫЕ АГРОФИТОЦЕНОЗЫ. ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ, НАБЛЮДАЕМЫЕ ЭФФЕКТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ**

**В.С. Довнар, П.Н. Синкевич (ЗАО «Агротехнаука»)**

Идея узкополосных гетерогенных агрофитоценозов (АФЦ) состоит в выращивании на поле не одной культуры в виде сплошного моноценоза, а, как минимум, двух культур, размещаемых чередующимися полосами шириной примерно в один метр. Подбор культур для составления парных и более сложных композиций осуществляется на основе ряда принципов, позволяющих значительно ослабить лимитирующее действие известных факторов и привлечь для повышения урожайности новые факторы не использовавшиеся активно ранее. Главнейшим среди них является возможность усиления процесса фотосинтеза в полевых условиях его чистой продуктивности.

Важную роль в повышении урожайности культур играет также явление аллелопатии. Использовать его представляется возможным в узкополосных гетерогенных АФЦ. В посевах сформированных из культур не имеющих общих болезней и вредителей, уровень зараженности растений во многих случаях держится на таком низком уровне, который не требует применения фунгицидов и инсектицидов. Кроме того, многолетний опыт испытания полосных посевов показал, что в большинстве случаев удается отказаться от применения гербицидов и вести борьбу с сорняками агротехническими методами. В хорошо освещаемых полосах зерновых злаков формируются прочные стебли и растения становятся более устойчивыми к полеганию.

Узкополосные АФЦ, сформированные из удачно подобранных культур и схем расположения растений, обладают и рядом других преимуществ перед сплошными моноценозами по многим позициям и позволяет радикально и эффективно разрешить многие трудные проблемы сельскохозяйственного производства и применить для возделывания и уборки зерновых и зернобобовых культур недорогую малогабаритную технику, образцы которой изготовлены и уже используются. Имеется возможность сократить расходы топлива на возделывание ряда культур в 2...5 раз.

Следует особенно подчеркнуть, что узкополосные гетерогенные АФЦ эффективны на высоко плодородных землях. На бедных почвах эффект резко снижается.

## МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К РЕАЛИЗАЦИИ ТИПОВЫХ АЛГОРИТМОВ В ЗАЩИТЕ РАСТЕНИЙ

В. Н. Карташевич (БелНИИЗР)

При создании автоматизированной системы управления фитосанитарной ситуации поля и региона стратегическое направление исследований состоит в разработке типовых алгоритмов на основе максимального использования агрометеорологической информации. Эта информация достаточно стандартизирована, имеется возможность получения ее в достаточно полном объеме и в кратчайшие сроки. Однако при ее использовании и моделировании процессов встречается ряд трудностей. Это связано с получением первичной информации о развитии вредного объекта ручным способом и в малых объемах, необходимостью экстраполяции модели для других агроклиматических зон.

Для устранения этих недостатков разработан методический подход, состоящий в реализации совокупности единых этапов, методов и средств, который направлен на создание типовых алгоритмов и апробацию их в практике. Он состоит в создании математической модели, которой предшествует этап построения логической модели объекта управления. Ее реализация осуществлялась с помощью словесно-концептуального описания развития и распространения биологического объекта в связи с конечным целевым назначением проблемы. При этом использовались основные принципы системного анализа: постановка проблемы и ограничение степени ее сложности с уче-

том существующих взаимосвязей экосистемы, выбор путей решения, моделирование и внедрение конечных результатов.

Для анализа опытных данных, вычисления тривиальных характеристик использовался аппаратно-программный комплекс по сканированию и обработке графической информации. Результаты графической обработки анализировались на основе принципов и методов системного анализа с целью выявления существующих причинно-следственных связей. Методами классического корреляционного анализа устанавливались взаимосвязи между параметрами, входящими в логическую модель и определяющими ее предикторами.

При построении математических моделей вредных объектов использовали методы множественной регрессии, имитационного моделирования, а также методы реализации аналитических моделей, в частности, дифференциальные уравнения. При этом наиболее широко применялся регрессионный анализ, как наиболее разработанный и используемый применительно к задачам прогнозирования вредителей в защите растений.

Использованию регрессионного метода предшествовал предварительный анализ данных, где осуществлялась проверка случайной величины на независимость, выделялись аномальные наблюдения выборки, оценивались параметры законов распределения. Регрессионный анализ включал множественную линейную, шаговую и нелинейную регрессию. Шаговая регрессия предназначалась для отбора среди  $p > 2$  независимых переменных  $k < p$  существенных и построения функции одной зависимой от выбранных на предыдущем этапе независимых переменных. Для отбора значимых переменных использовался метод исключения, когда из регрессионной модели исключалась переменная, вносящая наименьший вклад в сумму квадратов остатков.

В случае отсутствия репрезентативной информации об отдельных параметрах динамики развития объектов использовали класс аналитических моделей. Для построения отдельных параметров математической модели с минимальными затратами труда и средств, а также для получения прогнозируемых показателей использовали методы имитационного моделирования. Для многолетнего прогноза динамики популяции вредителей, где существенную роль играет временной фактор, использовали спектральный анализ временных рядов. Проверку адекватности математической модели проводили как с помощью статистических критериев, так и методом имитации отдельных наиболее важных ее параметров на ретроспективных данных. Выбор модели осу-

ществляли по минимуму стандартной ошибки и максимуму корреляционного отношения. В случае неудовлетворительной точности построенной линейной модели рассчитывали коэффициенты нелинейной по параметрам регрессии. Если всем перечисленным условиям в равной степени удовлетворяли несколько моделей, то предпочтение отдавалось более простой модели.

В случае удовлетворительной точности построенной математической модели разрабатывали типовой алгоритм конкретной проблемы и составляющие его элементы. При этом использовали параметры взаимодействующей экосистемы, а также функциональную структуру службы защиты растений республики. Один из наиболее важных моментов построения типового алгоритма - использование принципа модульности, то есть возможной независимой разработки отдельных его частей и последующего их связывания в единую структуру.

Целью разработки информационного обеспечения алгоритма являлось создание необходимых предпосылок его функционирования в реальных условиях. Для того, чтобы успешно выполнять эту сложную функцию, информационное обеспечение разрабатывалось с учетом ряда требований и критериев. Важнейшими из них являлись: обеспечение достаточной по объему и, одновременно, минимальной информации; ее достоверность и точность; своевременность сбора, передачи и обработки входных данных; максимальная степень использования конечных результатов.

Общим критерием разработки системного информационного обеспечения комплекса задач служил минимум затрат на ее создание и эксплуатацию. Реализация этих положений осуществлялась в соответствии с принципами создания системы информационно-вычислительного обеспечения для АПК, применительно к условиям республики.

На основе исходных критериев, а также результатов проведенного предпроектного обследования разрабатывалось информационное обеспечение алгоритмов. Проверку адекватности алгоритма и системы его информационного обеспечения проводили путем имитации на компьютере заданной фитосанитарной ситуации и выдачи выходной информации специалистам соответствующих уровней управления службы защиты растений республики. В случае несоответствия выходных показателей алгоритма реальным условиям отдельные параметры адаптировали с помощью исходных данных, полученных при его функционировании при заданной фитосанитарной ситуации. При доработке алгоритма, а также в случае его адекватности, задачи эксплуатировались с использова-

нием технических средств пользователя.

Испытание предложенного выше методического подхода в практике показала приемлемость его использования. Без существенного изменения он может быть применен и в других предметных областях.

## **ВЛИЯНИЕ ЖИДКИХ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙ И КАЧЕСТВО КАРТОФЕЛЯ**

**И.М. Богдевич, академик ААН РБ,  
Г.В. Пироговская, С.Е. Головатый (НИГПИПА),  
Л.А. Веремейчик, Т.М., Дайнеко (БАТУ)**

Среди большого круга вопросов, связанных с применением минеральных удобрений, на первый план все больше выступают экологические аспекты их использования. Повышение урожайности за счет применения минеральных удобрений оправдано лишь в том случае, если оно не влечет за собой снижения качества продукции.

В настоящее время в ряде стран в ассортименте удобрений значительный удельный вес занимают жидкие минеральные удобрения (КАС, ЖКУ и др.). В странах СНГ и ряде зарубежных стран (США, Франции, ФРГ, Великобритании, Чехословакии и др.) жидкие азотные и комплексные удобрения различного состава широко используются под зерновые, пропашные культуры и бобово-злаковые травосмеси в чистом виде (основное внесение, некорневые подкормки). Опыт этих стран показал, что при производстве и использовании жидких удобрений снижается потребление энергии за счет исключения процессов высушивания, грануляции и упаковки, требуется меньше ручного труда, возможна полная механизация всех процессов транспортировки, хранения и внесения. При этом данные удобрения не слеживаются, их можно смешивать (кроме жидкого аммиака) с макро- и микроэлементами, средствами защиты растений, регуляторами роста растений и другими биологически активными веществами.

В последние годы (1994-1997) в РБ проводятся исследования по переработке ракетного топлива типа "Меланж" в жидкие азотные удобрения. В результате утилизации ракетных окислителей получены опытные образцы (27И, 27П, 20К, 20Ф) жидких азотных удобрений с содержанием общего азота 6-9%. Оценка их агрохимической, экологической и экономической эффективности по сравнению с известными жидкими азотными удобрениями КАС (выпускаемыми Гродненским ПО "Азот") является

весьма актуальной.

Исследования по изучению эффективности вышеуказанных удобрений и оценке действия на экологическое состояние клубней картофеля проводились в 1996 году в учхозе им. Фрунзе Минского района (БАТУ) на дерново-подзолистой супесчаной почве, подстилаемой моренными суглинками (почва 1). В 1997 году опыты проводились в экспериментальной базе "Курасовщина" Минского района (НИГПИПА) на дерново-подзолистой, временно избыточно увлажняемой суглинистой почве, развивающейся на мощных лессовидных суглинках (почва 2). Почвы характеризовались следующими агрохимическими показателями: почва 1 - рН в КСl - 5,15-5,47, содержание  $P_2O_5$  - 166-198,  $K_2O$  - 300-319 мг/кг почвы; почва 2 - рН в КСl - 6,17-6,41, содержание  $P_2O_5$  - 306-365,  $K_2O$  - 276-324 мг/кг почвы.

Закладка полевых опытов, посадка картофеля, уход за растениями, уборка и учет урожая, отбор растительных образцов и их агрохимический и химический анализ проводились согласно требованиям проведения полевых опытов с удобрениями. Аналитическая обработка материалов опытов 4-х кратная, площадь делянок 30-32 м<sup>2</sup>. В основу изучения поставленных вопросов в работе с удобрениями типа "Меланж" положен комплексный метод в системе почва - удобрение - растение.

Исследования проводили лабораторными и полевыми методами. В качестве контроля для жидких удобрений 27И, 27П, 20К, 20Ф использовали широко применяемое жидкое азотное удобрение КАС (смесь растворов карбамида и аммиачной селитры) с содержанием азота 30%.

Эффективность жидких азотных удобрений под картофель сортов "Сантэ" (1996 г.) и "Орбита" (1997 г.) изучалась на фоне внесения органических удобрений в дозе 60 т/га и минеральных в дозе  $P_{45} K_{115}$ . Средняя доза азота за два года составила 85 кг/га действующего вещества.

Установлено, что в условиях 1996 года (слабозасушливый год, гидротермический коэффициент (ГТК) равен 1,24) эффективность продуктов утилизации "Меланж" по действию на урожай клубней картофеля на дерново-подзолистой супесчаной почве находилась на уровне стандартного жидкого азотного удобрения КАС. Урожай клубней картофеля от применения КАС составил 183,5 ц/га, от применения продуктов утилизации - 182,7 - 186,5 ц/га (в зависимости от формы удобрения).

В условиях более влажного 1997 года (ГТК = 1,31) на дерново-подзолистой суглинистой почве достоверные прибавки (13,6 - 26,7 ц/га, или 8,3 - 16,4%) урожая клубней картофеля получены от применения опытных азотных удобрений марки 27П и 20Ф. Эффективность удобрений

марки 27И и 20К была аналогична действию КАС на протяжении двух лет исследований.

Таблица 1.

Эффективность жидких азотных удобрений в опытах с картофелем (1996-1997 гг.)

Варианты *	Дерново-подзолистая супесчаная на морене			Дерново-подзолистая суглинистая		
	Урожай, ц/га			Урожай, ц/га		
	1996	Прибавка к КАС		1997	Прибавка к КАС	
		ц/га	%		ц/га	%
Контроль, б/у	143,1	-	-	144,0	-	-
P <sub>45</sub> K <sub>115</sub> - фон	170,1	-	-	152,1	-	-
фон + N <sub>85</sub> КАСст.	183,5	-	-	163,1	-	-
фон + N <sub>90</sub> ам. сел.	179,6	-3,9	-2,1	-	-	-
фон + N <sub>85</sub> 20К	185,3	1,8	1,0	173,7	10,6	6,5
фон + N <sub>85</sub> 27И	183,6	0,1	0,1	169,8	6,7	4,1
фон + N <sub>85</sub> 27П	186,5	3,0	1,6	176,7	13,6	8,3
фон + N <sub>85</sub> 20Ф	182,7	-0,8	-0,4	189,8	26,7	16,4
фон + N <sub>80(50-30)</sub> КАСст.	-	-	-	186,7	-	-
фон + N <sub>80(50-30)</sub> 20К	-	-	-	185,8	-0,9	-0,6
НСР <sub>05</sub>	5,8			10,7		

\* Схема опыта представлена в табл. 1.

Качество клубней картофеля оценивалось по содержанию нитратов и крахмала.

Данные таблицы 2 показывают, что на дерново-подзолистой супесчаной почве (1996 г.) самое высокое содержание нитратов в клубнях картофеля отмечалось в вариантах с применением аммиачной селитры (364 мг/кг сырого веса) и марки удобрения 20Ф (338 мг/кг). Содержание нитратов в клубнях картофеля в условиях 1997 года на дерново-подзолистой суглинистой почве значительно ниже, чем в 1996 году, но в целом, в вариантах с внесением жидких азотных удобрений на основе "Меланж" марки 27И и 27П оно было несколько выше, чем в вариантах с КАС. Повышенное содержание нитратов в клубнях картофеля (1996-1997 гг.), выше ПДК, в вариантах со всеми формами азотных удобрений объясняется тем, что картофель убирался значительно раньше (в связи с

производственной необходимостью), чем произошло его полное биологическое созревание.

Таблица 2.

Влияние удобрений 27И, 27П, 20К, 20Ф на качество клубней картофеля (1996-1997 гг.)

Нитраты						Крахмал	
1996, мг/кг сыр. вес	(+), (-) к КАС	1997, мг/кг сыр. вес	(+), (-) к КАС	Средн., мг/кг сырой вес	(+), (-) к КАС	Сре- дн., %	(+), (-) к КАС
163	-130	121	-87	142	-108	14,17	+0,92
244	-40	118	-90	181	-69	13,26	+0,01
293	-	208	-	250	-	13,25	-
364	+71	-	-	-	-	-	-
235	-58	160	-48	197	-53	13,27	+0,02
259	-34	256	+48	257	+7	13,85	+0,60
158	-135	286	+78	122	-28	13,0	-0,25
338	+45	214	+6	278	+28	13,6	-0,35
-	-	202	-	-	-	-	-
-	-	139	-63	-	-	-	-
<b>НСР<sub>05</sub></b>							
23		13,0					
<b>ПДК</b> нитратов, мг/кг							
150							

По результатам двухлетних исследований установлено, что лучшей формой удобрения на основе "Меланж" под картофель в отношении содержания нитратов и крахмала оказалась марка 20К.

Оценка качества клубней картофеля проводилась и по содержанию тяжелых металлов: свинца, кадмия, меди, цинка.

Данные таблицы 3 показывают, что содержание тяжелых металлов в клубнях картофеля сильно различается по годам исследований в зависимости от погодных условий.

Установлено, что содержание свинца в клубнях картофеля в условиях 1997 года во всех вариантах опыта выше, чем в условиях 1996 года, но не превышает ПДК. Содержание этого элемента в опытных образцах жидких азотных удобрений находится или на уровне КАС, или не

сколько выше, но в целом колебания эти несущественны и укладываются в пределах наименьшей существенной разности.

Содержание кадмия в клубнях картофеля в условиях 1997 года было невысоким, значительно ниже по сравнению с 1996 годом, не вышло за рамки ПДК. Колебания в содержании кадмия по всем вариантам опыта были несущественны.

Таблица 3.

Влияние новых жидких азотных удобрений на содержание тяжелых металлов в клубнях картофеля, мг/кг сухого вещества

Pb			Cd			Cu			Zn		
1996	1997	ср.	1996	1997	ср.	1996	1997	ср.	1996	1997	ср.
0,01	0,48	0,24	0,05	0,01	0,03	5,00	3,29	4,14	13,33	13,24	13,28
0,01	0,25	0,13	0,23	0,02	0,12	11,34	3,91	7,62	9,61	13,30	11,45
0,02	2,21	1,12	0,26	0,01	0,14	4,94	3,29	4,02	14,49	14,24	14,36
0,03	-	-	0,23	-	-	6,98	-	-	20,66	-	-
0,06	0,01	0,04	0,07	0,01	0,04	5,07	3,54	4,30	14,25	12,33	13,39
0,06	3,40	1,73	0,59	0,02	0,30	5,89	3,27	4,58	13,93	14,10	14,02
0,05	3,35	1,70	0,08	0,01	0,04	6,81	2,85	4,83	17,97	13,73	15,85
0,23	0,50	0,36	0,50	0,01	0,25	5,32	2,98	4,15	15,26	14,49	14,88
-	0,01	-	-	0,02	-	-	3,04	-	-	11,09	-
-	0,06	-	-	0,01	-	-	12,33	-	-	8,27	-
НСР <sub>05</sub>											
0,02	0,01		0,32	0,02		4,29	0,02		4,2	0,02	
ПДК, мг/кг											
5,0			0,3			30,0			100,0		

За два года исследований на обеих почвах не было отмечено накопления меди и цинка в клубнях картофеля под воздействием опытных жидких азотных удобрений по сравнению с КАС. Содержание этих элементов в клубнях картофеля было невысокое, ниже ПДК.

#### Выводы:

1. Эффективность жидких азотных удобрений на основе ракетных окислителей "Меланж", применяемых под картофель, за два года исследований (1996-1997 гг.) оказалась на уровне стандартного азотного удобрения КАС, при внесении их в эквивалентных дозах по азоту.
2. Все марки жидких опытных азотных удобрений не оказывают отрицательного воздействия на накопление в клубнях картофеля тяжелых металлов.
3. Наиболее эффективной под картофель из исследуемых форм жидких азотных удобрений, полученных на основе переработки окислителей ракетного топлива типа "Меланж", является марка 20К.

## ЭНЕРГОРЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СОИ В УСЛОВИЯХ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Т. Ф. Герсикова (БСХА)

В условиях переходного периода к рынку экономическая оценка эффективности применения удобрений в денежном выражении имеет исключительно важное значение. Однако при нынешней нестабильности цен на удобрения, сельскохозяйственную технику и на растениеводческую продукцию по денежной оценке можно сделать лишь краткосрочные выводы. Более объективное и долгосрочное представление дают расчеты энергетической эффективности применения удобрений. В условиях интенсификации земледелия дальнейшее повышение почвенного плодородия и урожайности сельскохозяйственных культур сопровождается все большими затратами невозобновляемой энергии, используемой в виде удобрений, пестицидов, средств механизации. При анализе использования удобрений, наряду с показателями их оплаты прибавкой урожая, очень важно знать, окупает ли полученная прибавка затраты на применение удобрений, уборку и доработку дополнительной продукции, т.е. провести энергетический анализ, в котором предметы, средства производства и результаты труда оцениваются затратами энергии.

Целью наших исследований являлась разработка энергоресурсосберегающей технологии возделывания сои в условиях дерново-подзолистых почв северо-востока Республики Беларусь.

Соя, как продовольственная, техническая и кормовая культура, не имеет себе равных по универсальности использования. Из зерна ее можно производить более трехсот видов продовольственных и промышленных товаров. Среди бобовых растений, по содержанию белка, соя нет равных, а по содержанию масла она уступает лишь арахису. Для сравнения: один гектар зерновых колосовых дает 188 кг белка, зернобобовых - 294, сои - 506 кг. В зерне сои до 45% белка, 20-27% жира. По сравнению с мясом соевый белок содержит в 2 раза больше фосфорной кислоты и в 4 раза больше минеральных веществ. Белок сои состоит, в основном, из водорастворимых протеинов (72-94%) и отличается высоким качеством, его переваримость составляет 77-92%. Калорийность 100 г гороха - 336 кал., фасо-

ли - 335, пшеницы - 347, сои - 411 кал. По количеству кальция и фосфора соя превосходит зерновые культуры, а по содержанию кальция она конкурирует с коровьем молоком.

В последние годы созданы новые отечественные сорта сои, усовершенствованы приемы и технологии ее возделывания. Значительное место в увеличении урожайности и повышении качества зерна данной культуры принадлежит условиям оптимального питания.

Как показали исследования у нас в республике и в других странах СНГ, а также за рубежом, при локальном внесении удобрений в почве создаются очаги повышенной концентрации питательных веществ, которые более интенсивно и полно поглощаются растениями, чем при разбросном внесении. При этом повышается коэффициент использования питания из удобрений, урожайность и качество сельскохозяйственной продукции. Характерной особенностью этих факторов является их действие в конкретных почвенно-климатических условиях.

Исследования проводились на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, подстилаемой с глубины 1 м моренным суглинком. Полевых опыты, сопровождались лабораторными анализами почвы, растений и зерна сои. Агрохимические показатели пахотного горизонта почвы опытного участка следующие: рН КС1 - 6,0, гумус - 1,47%, содержание подвижных соединений (по Кирсанову)  $P_2O_5$  - 18,3 и  $K_2O$  - 19,2 мг/100 г почвы. Схемой опыта предусматривалось внесение минеральных удобрений в дозе  $N_{40} P_{60} K_{90}$  и  $N_{60} P_{90} K_{120}$  вразброс и лентами. Ленточное внесение удобрений проводили финской туковой сеялкой "Туме". Исследования проводились с сортом сои Могева. Семена сои перед посевом обрабатывали молибденово-кислым аммонием и ризоторфином. В период бутонизации и в начале цветения проводили внекорневую подкормку борной кислотой.

В среднем, за три года исследований прибавка урожая при внесении удобрений колебалась от 3,4 до 6 ц/га по сравнению с контрольным вариантом. Наиболее эффективным оказалось внесение  $N_{60} P_{90} K_{120}$  лентами, когда урожай в среднем за три года составил 12,2 ц/га. Доза удобрений  $N_{40} P_{60} K_{90}$  лентами по эффективности равнозначна внесению  $N_{60} P_{90} K_{120}$  вразброс, т.е. при локализации удобрений, дозы их под сою можно уменьшать в 1,5 раза, что дает возможность более рационально их использовать. Урожай зерна сои при этом составил 11,2 и 11,6 ц/га, соответственно. В среднем за 3 года иссле-

дований прибавка урожая зерна от локализации удобрений колебалась от 0,6 до 1,6 ц/га. Способы внесения удобрений оказали влияние на содержание белка, массу зерен (1000 шт.) Содержание белка в зерне колебалось от 30% на контроле до 40% при внесении  $N_{60} P_{90} K_{120}$  лентами, масса 1000 зерен от 139 гр. на контроле до 152 гр. при внесении этой же дозы удобрений. Выход белка колебался от 217 до 488 кг/га. Локализация  $N_{40} P_{90} K_{120}$  увеличила его выход на 271 кг/га по сравнению с контрольным вариантом. Расчеты выноса основных элементов питания на 1 ц зерна и соответствующее количество побочной продукцией показали, что соя выносит азота - 9,25, фосфора - 2,76, калия - 2,55 кг. При локализации  $N_{40} P_{60} K_{90}$  вынос увеличивался, особенно по фос-фору, и составил по азоту - 9,82 кг, фос-фору - 3,09, калию - 2,66 кг.

Расчеты энергетической эффективности влияния условий питания на урожай зерна сои показали, что при ленточном внесении основного удобрения, затраты энергии на 1 га составили 4975 - 7338 МДж на 1.кг действующего вещества. При локализации получен дополнительный выход энергии, по сравнению с внесением удобрений вразброс. Так, например, при внесении  $N_{40} P_{60} K_{90}$  вразброс, содержание энергии в основной продукции (МДж. в кг урожая) составило 6154, при локализации этой дозы - 9050.

Чтобы судить о целесообразности внедрения в производство технологии в целом с энергетических позиций, необходимо дать количественную оценку их энергетической эффективности, т.е. рассчитать коэффициент эффективности использования энергии, который показывает во сколько раз энергия, содержащаяся в урожае, больше энергии, вложенной в технологический процесс. Расчеты показали, что при локализации удобрений, на единицу энергетических затрат получено 1,48 - 1,82 единицы энергии. Это выше, чем при разбросном способе внесения удобрений на 1,24-1,33 единицы.

Следовательно, при энергоресурсосберегающих технологиях рационально применение под сою, в условиях дерново-подзолистых почв северо-востока Республики Беларусь, локального способа внесения основного удобрения, т.к. это дает возможность на 1,6 ц/га повысить урожайность зерна сои, на 1,5% увеличить содержание белка, на 5 гр. повысить массу 1000 зерен, при этом в 1,5 раза уменьшить дозы внесения удобрений, на 0,58 единицы увеличить энергетическую эффективность.

## АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ РАБОЧЕЕ МЕСТО АГРОХИМИКА ХОЗЯЙСТВА

**М. В. Верешак, к.с.-х.н. (РАСХН, г. Москва)**  
**В. Е. Поляк, к.ф.-м.н., Р. М. Долгопятов, д.т.н., А. И. Безруков**  
**(СНПФ "Агроприбор", г. Саратов)**

Значительная доля антропогенной нагрузки на окружающую среду, связанной с сельскохозяйственным производством, вызвана ошибками стратегии и низким качеством проведения агрохимических мероприятий. Анализ практики проведения агрохимических мероприятий в хозяйствах позволил выявить следующие причины возникновения дополнительных нагрузок на окружающую среду:

1) при принятии решения о необходимости, сроках и параметрах проведения агрохимического мероприятия агроном не имеет нужной информации о состоянии посевов, свойствах применяемых веществ, истории использования угодий и применения агрохимических веществ в условиях хозяйства;

2) агроном, как правило, не в состоянии оценить риск и последствия принимаемого решения, не может сопоставить их с последствиями альтернативных решений;

3) в связи со слабой организацией работ и контроля их качества, отсутствием у исполнителей стимулов агрохимического мероприятия выполняются несвоевременно и с низким качеством.

Наряду с организационными проблемами, важнейшей при устранении перечисленных причин является обеспечение агронома необходимой информацией и возможностью оценить и выбрать наилучший вариант решения. Наметившаяся в настоящее время тенденция внедрения вычислительной техники в сельскохозяйственное производство позволяет решить эту проблему на современном техническом уровне.

Нами разработана программа для персонального компьютера "Рабочее место агрохимика хозяйства", позволяющая решать следующие задачи:

1) отслеживание состояния угодий и посевов. Ведение базы данных полей хозяйства, история использования полей (севооборот), баланс внесения и выноса питательных веществ, оперативное состояние посевов (фаза развития, засоренность, зараженность болезнями и вредителями) и т.д.;

2) принятие решения о проведении агрохиммероприятия. Выбор возможных мероприятий, сроков, методики и доз. Оценка последствий выбранных решений с учетом вариантов погодных условий. Фиксация выбранного решения - в "Журнале агрохимического обслуживания";

3) оценка сроков и качества проведения агрохиммероприятия. Оценка сроков и качества проведения мероприятия в целом и его элементов по балльной шкале. Фиксация оценки - в "Журнале агрохимического обслуживания";

4) подведение итогов сельскохозяйственного года. Сопоставление итогов года с проведенными мероприятиями, анализ стратегии агрохимобслуживания в хозяйстве, разработка плана агрохимобслуживания на следующий год.

База данных полей хозяйства создается на основе экспликации полей и результатов последнего их обследования, проведенного ПИСХ. Далее фиксируются использование полей (культура, сорт), результаты метеорологических наблюдений, все агрохимические мероприятия, проводимые на поле, а также полученные урожаи. Эта информация позволяет составить баланс внесения и выноса основных питательных веществ и рассчитывать их содержание в период между обследованиями.

Оперативное состояние посевов фиксируется в базе данных по результатам ежедневных осмотров полей агрономом. Система содержит описания типовых агрохимических мероприятий, снабжена рекомендациями по их применению, разработанными Саратовским НПО "Элита Поволжья". Имеется возможность оценить затраты на проведение мероприятий, а также потери, ожидаемые в случае отказа от них. Оценка возможных потерь, затрат и нагрузок на окружающую среду осуществляется с помощью модели, использующей балльные оценки воздействия влияющих факторов и нормативы, уточненные по результатам анализа агрохимобслуживания в предыдущие годы.

Если решение о проведении мероприятия принято, то оно заносится в "Журнал агрохимического обслуживания" (указываются поле, сроки, доза и метод). После выполнения мероприятия агроном оценивает его качество. Для обеспечения сопоставимости и объективности оценки разработаны шкалы балльных оценок по рекомендуемым мероприятиям. В дальнейшем результаты оценок используются для определения качества агрохимобслуживания, уровня антропогенных нагрузок (в том числе, вызванных некачественным проведением работ).

Анализ "Журнала агрохимического обслуживания" проводится при подведении итогов года. Выявляются сильные и слабые стороны вы-

бранной стратегии, уточняются нормативы модели для оценки последствий принятых решений. Одновременно составляется баланс питательных веществ и рассчитываются характеристики почв. Полученная информация используется при планировании работ на будущий год.

База данных программы дополнена справочной информацией об агрохимических препаратах (название, назначение, свойства, условия применения и хранения).

Программа написана для РС-совместимого компьютера типа 386 АТ и выше. Имеет развитый интерфейс пользователя. Ее эксплуатация не требует специальных знаний в области ЭВМ.

## **ЛОКАЛЬНОЕ ВНЕСЕНИЕ УДОБРЕНИЙ И ПРИМЕНЕНИЕ БАКТЕРИАЛЬНОГО УДОБРЕНИЯ НА ОСНОВЕ АЗОСПИРИЛЛЫ - ВАЖНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ УДОБРЕНИЯ ЯЧМЕНЯ**

**А. Р. Цыганов д.с.х.н., И.Р. Вильдфлуш д.с.х.н. (БСХА)**

Исследования по сравнительному изучению ленточного и разбросного способов внесения удобрений под ячмень сорта Роланд в зависимости от уровня плодородия дерново-подзолистой почвы, развивающейся на легком лессовидном суглинке мы проводили в стационарном опыте, заложенном в 1979 году на кафедре агрохимии БСХА в севообороте люпин-озимая пшеница-картофель-ячмень-лен.

Для создания различных уровней по содержанию подвижных форм фосфора и калия за год до закладки опыта вносили двойной суперфосфат и хлористый калий из того расчета, что для увеличения содержания  $P_2O_5$  и  $K_2O$  на 1 мг /100г почвы в пахотном слое требуется вносить 70 кг д.в.

Известкование проводилось из расчета, что каждая тонна известки сдвигает рН КСl на 0,2 ед. В результате были созданы три фона по содержанию подвижных форм фосфора и калия и величине рН. Эти показатели по полям севооборота колебались в следующих пределах:

I - фон - по 100 - 120 мг/кг почвы  $P_2O_5$  и  $K_2O$  по методу Кирсанова,

II - фон - по 160 - 180 мг/кг  $P_2O_5$  и  $K_2O$ , рН 5,6 - 5,8,

III - фон - по 240 - 260 мг/кг  $P_2O_5$  и  $K_2O$ , рН 6,0 - 6,2.

Ленточное внесение удобрений осуществлялось финской туковой сеялкой ЮКО - 250 поперек будущих посевных рядков на глубину 10 см при меж-

ленточном расстоянии 16 см.

Изучение бактериального удобрения на основе азоспириллы под ячмень сорта Тутэйшы проводилось кафедрой агрохимии БСХА на дерново-подзолистой почве, развивающейся на легком лессовидном суглинке, подстилаемом с глубины около 1 м моренным суглинком. Почва по годам исследований имела слабокислую реакцию (рН КС1 6,0 - 6,1), содержание подвижных форм фосфора по методу Кирсанова колебалось в пределах 118 - 230 мг/кг, обменного калия 180 - 200 мг/кг почвы. Предпосевную инокуляцию ячменя осуществляли препаратом № 4485 на основе торфа. Семена, соответствующие гектарной норме высева, обрабатывали 250 г биопрепарата и 1 л клей-стера (Na - КМЦ).

Энергетическую эффективность применения удобрений рассчитывали по методике БелНИИПА (Минск, 1996 г.).

Ленточное внесение минеральных удобрений под ячмень обеспечивало, по сравнению с разбросными, в зависимости от доз удобрений, прибавку урожая зерна на I - фоне плодородия почвы на 0,19 - 0,20 т; II - фон - 0,26 - 0,28 т и III - 0,09 - 0,11 т 1 га (табл. 1).

Максимальная урожайность ячменя достигалась уже на II среднем фоне плодородия почвы и дальнейшее повышение уровня плодородия почвы не способствовало увеличению урожайности зерна. Наиболее высокая прибавка от локализации получена на II фоне плодородия, а самая низкая - на III, высоком фоне. Локальное внесение способствовало также увеличению содержания белка в зерне ячменя на среднем фоне плодородия почвы на 1,1 - 1,4 %.

Самая высокая энергоотдача от применения удобрений была на II среднем фоне плодородия, а самой низкой на III, высоком фоне плодородия почвы (табл. 1).

Применение бактериального удобрения на основе азоспириллы в среднем за 1993 - 1995 годы под ячмень было по эффективности эквивалентным 30 кг/га азота минеральных удобрений, что позволяет снижать дозы азота под эту культуру на 50 %. Близкий к максимальному урожай зерна ячменя обеспечивался при применении бактериального удобрения на основе азоспириллы на фоне  $N_{30} P_{60} K_{90}$ . Наиболее высокий биоэнергетический КПД был при инокуляции семян бактериальным удобрением на фоне  $P_{60} K_{90}$  и  $N_{30} P_{60} K_{90}$ , где он соответственно составлял 6,2 и 3,4 ед. (табл. 2).

Ленточное внесение удобрений по сравнению с разбросным несмотря на большие энергозатраты (в 1,5 раза) в связи с повышением урожайности было более выгодным с энергетической точки зрения.

Таблица 1  
 Эффективность способов внесения удобрений под ячмень  
 в зависимости от уровня плодородия почвы  
 (среднее за 1989 - 1991 гг.)

Варианты опыта (фактор В)	Урожай- ность зерна, т/га	Энерго- затраты, МДж	Количество энергии прибавке урожая, МДж	Энерге- тич. КПД, ед.
Фоны-фактор А				
Фон I				
P <sub>c10</sub> в рядки - фон	2,32	-	-	-
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> локально	3,07	11475	12338	1,08
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> локально	3,27	12128	15628	1,29
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub> вразброс	3,19	16558	14312	0,86
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub> локально	3,38	17198	17437	1,01
Фон II				
P <sub>c10</sub> в рядки - фон	2,90	-	-	-
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> вразброс	3,63	11423	12009	1,05
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> локально	3,89	12230	16286	1,33
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub> вразброс	3,81	16661	14970	0,90
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub> локально	4,09	17530	19576	1,12
Фон III				
P <sub>c10</sub> в рядки - фон	2,97	-	-	-
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> вразброс	3,65	11295	11486	0,99
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> локально	3,74	11667	12667	1,09
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub> вразброс	3,73	16277	12502	0,77
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub> локально	3,84	16711	14312	0,86

НСР<sub>05</sub> для факт. А. 0,05  
 НСР<sub>05</sub> для факт. В. 0,06  
 НСР<sub>05</sub> для АВ. 0,11

**Эффективность применения бактериального удобрения  
на основе азоспириллы (БУ) под ячмень  
( среднее за 1993 - 1995 года)**

Варианты опыта (фактор В)	Урожай- ность зерна, т/га	Энерго- затраты, МДж	Количество энергии в прибавке урожая, МДж	Энерге- тич. КПД, ед.
P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> - фон	2,70	-	-	-
N <sub>30</sub>	3,53	4702	13654	2,9
N <sub>60</sub>	3,91	8083	19905	2,5
N <sub>90</sub>	3,57	9623	14312	1,5
БУ	3,61	2419	14907	6,2
N <sub>30</sub> + БУ	3,89	5719	19576	3,4
N <sub>60</sub> + БУ	3,79	7874	17930	2,3
8. N <sub>90</sub> + БУ	3,82	10363	18424	1,8

НСР<sub>05</sub>

2,1 - 3,1

Таким образом, ленточное внесение удобрений и применение бактериального удобрения на основе азоспириллы под ячмень позволяют существенно снизить затраты на единицу продукции и являются важными элементами энергосберегающей системы удобрения этой культуры.

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА  
ПНЕВМАТИЧЕСКИХ ВЫСЕВАЮЩИХ  
СИСТЕМ РАЗЛИЧНОГО ТИПА**

Шаршуков И.А., (БСХА)

Пневматические централизованные высевальные системы (ПЦВС) в настоящее время нашли широкое применение в конструкции посевных машин. На зарубежных сеялках наиболее широкое распространение получили распределители типа "Accord" (Германия) с вертикальным подводящим трубопроводом и круговым расположением семяпроводов. При достаточно высоком качестве распределения семян такая конструкция имеет ряд недостатков. Наличие горизонтальных и вертикальных участков се-

мяпроводов приводит к тому, что семена меняют направление своего движения на значительные углы, а это приводит к увеличению затрат энергии на разгон семян и требует более мощного источника пневмотаня. В связи с тем, что качественная работа распределительной головки возможна только при равномерном распределении семян по площади подводящего семяпровода, данная конструкция является чувствительной к наклону. Это обусловлено тем, что на равномерность распределения семян в пневмопроводе значительное влияние оказывают гравитационные силы, и при наклоне подводящего семяпровода, под действием силы тяжести произойдет смещение потока семян в сторону наклона. При компоновке агрегата такое решение также вызывает трудности, поскольку отводящие семяпроводы расположены по кругу.

Известны также распределительные системы так называемого плоского типа, в которых трубопровод, подводящий семена в распределительную камеру, располагается горизонтально или наклонно, а выходящие семяпроводы расположены в один ряд. В данном конструктивном решении указанные недостатки проявляются в меньшей степени. Отсутствие вертикальных участков и значительных изгибов семяпроводов приводит к тому, что семена меняют направление своего движения на незначительные углы, а это приводит к экономии энергии, затрачиваемой на разгон семян. Поскольку в распределении семян в большей степени играют роль инерционные силы, чем гравитационные, данный распределитель менее чувствителен к углу наклона сеялки. Значительно упрощается и компоновочное решение сеялки, т.к. отводящие семяпроводы расположены в один ряд. Данный тип распределителя уже нашел применение на сеялках СПТ-7.2, МД-3.6 и ряде других.

Несмотря на, довольно таки, широкое распространение пневматических распределительных систем, их сравнительной оценке посвящено пока мало работ. В имеющихся работах оценка, как правило, ведется только по равномерности распределения семян по семяпроводам. Вопросы энергетической оценки ПЦВС остаются малоизученными, хотя энергозатраты на транспортирование и распределение семян у современных систем велики и зависят от ряда факторов, в том числе и от типа распределителей.

Нами был разработан экспериментальный образец широкозахватной пневматической зерновой сеялки. ПЦВС сеялки включает в себя две ступени распределения. На первой ступени происходит деление потока семян на шесть частей. На второй ступени происходит дальнейшее разделение каждой части еще на четыре. На обеих ступенях используются плоские

распределители.

Целью настоящей работы является энергетическая оценка распределительных систем. В качестве оценочного показателя нами приняты потери статического давления воздуха в пневмосистеме. Опыты проводились на установках, схемы которых приведены на рис. 1.

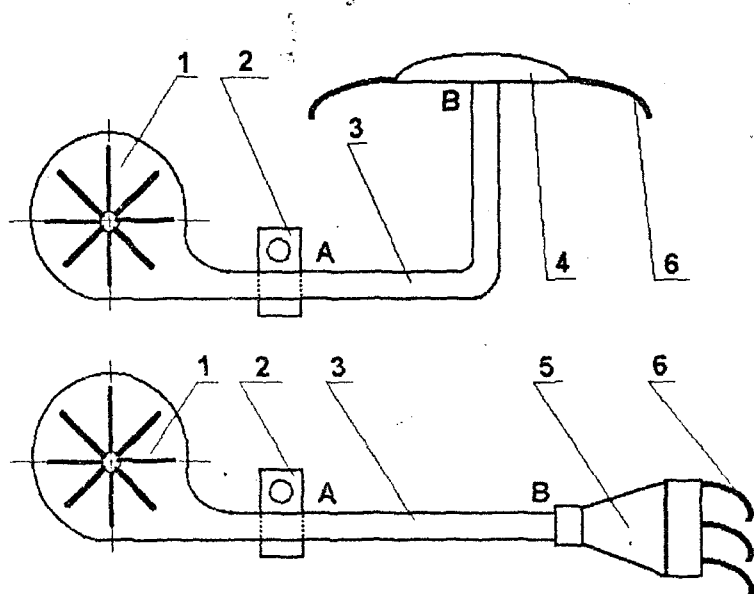


Рис. 1. Принципиальные схемы централизованных пневматических высевающих систем: сверху - схема распределительной системы с вертикальным трубопроводом, внизу - схема распределительной системы с плоским распределителем.

Условные обозначения принятые на схеме: 1 - вентилятор; 2 - дозатор; 3 - семяпневмопровод первой ступени; 4 - распределительная головка типа Accord; 5 - плоский распределитель; 6 - семяпровода второй ступени.

По проведенным опытам были получены данные, представленные в табл. 1. Как видно из полученных данных, сопротивление ПЦВС с плоскими распределителями на 69.5% ниже сопротивления в аналогичных системах с распределителями типа "Accord". Сопротивление самих же распределителей значительно ниже чем, аналогичные показатели в ПЦВС с вертикальным подводом семян.

Потери давления воздуха в ПЦВС с различными типами распределителей, Па

Точка замера	Распределитель с вертикальным трубопроводом	Плоский распределитель
А	2260	690
В	480	150

Таким образом, проведенные исследования позволяют сделать вывод о том, что распределители плоского типа и пневмосистема в целом, обладают существенными преимуществами перед распределителями с вертикальным трубопроводом.

### СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА РАСПЫЛИТЕЛЕЙ ДЛЯ ЛЕНТОЧНОГО ПРИМЕНЕНИЯ ПЕСТИЦИДОВ

А.Е. Маркевич (БСХА)

Широкое использование химического метода защиты растений, необходимость экономии материальных ресурсов и охраны окружающей среды требуют разработки способов внесения возможно меньших доз пестицидов. Одним из вариантов решения проблемы является ленточное опрыскивание. Внесение ядохимикатов ленточным способом снижает их расход в 2-3 раза, уменьшает опасность накопления остаточных количеств пестицидов в почве.

Целью исследований является сравнительная оценка качества работы узкофакельных шелевых распылителей производства различных фирм, а также определение возможности использования вихревых распылителей, производимых в республике Беларусь для ленточного внесения гербицидов.

Исследования проводили на стационарной установке, имеющей желобчатую поверхность шириной 0,35 м, над которой устанавливался распылитель. Ширина желобка - 1 см. Давление в напорной коммуникации создавалось поршневым насосом и изменялось с помощью регулятора. Распыленная жидкость, попадающая в желобки, сливалась в мерные сосуды. В качестве критерия оценки качества работы распылителей принималась равномерность распределения жидкости в пределах факела распыла.

При этом определялся коэффициент вариации. Корректировка проводилась следующим образом: из исходного распределения исключались точки, где количество отложившейся жидкости было не более 1/3 исходного среднего арифметического. Количество неучтенной из-за корректировки жидкости во всех опытах не превышало 2.0 %. В соответствии с агротребованиями неравномерность распределения рабочей жидкости в пределах полосы обработки не должна превышать 40%.

При проведении экспериментов изучалось влияние давления в системе нагнетания, высоты установки распылителя и угла поворота плоскости факела относительно оси сопла (для щелевых распылителей) на равномерность распределения жидкости. Исследовались щелевые распылители фирмы Delavan (серия FS-75) с углом при вершине факела 75°, фирмы Teejet (серия Teejet XR Even) с углом при вершине факела 80°, а также вихревые распылители АО "МЕКОСАН" (РБ), применяемые для сплошного опрыскивания, с диаметром сопла 2.0 мм и углом при вершине факела 80°.

Результаты испытаний щелевых распылителей ПО "Львовхиммаш" (серия РЛ 80-хх), проведенных ВИЗР, представлены в табл. 1.

Таблица 1

Неравномерность распределения жидкости по ширине полосы опрыскивания у щелевых распылителей марки РЛ 80-хх.

Наименование распылителя	Неравномерность распределения жидкости в процентах при установке распылителя под разными углами		
	0°	20°	40°
На высоте 100 мм			
РЛ 80-0,4	42,5	45,1	37,1
РЛ 80-0,6	13,8	31,3	13,3
РЛ 80-1,0	39,4	42,6	37,7
РЛ 80-1,6	57,0	53,4	52,8
РЛ 80-2,5	58,8	61,4	64,0
На высоте 150 мм			
РЛ 80-0,4	43,6	38,8	39,3
РЛ 80-0,6	23,3	24,9	23,8
РЛ 80-1,0	45,2	41,7	41,0
РЛ 80-1,6	54,9	55,0	53,3
РЛ 80-2,5	60,2	60,6	61,8

По данным табл.1 видно, что почти у всех распылителей, за исключением РД 80-0.6, неравномерность распределения жидкости по ширине захвата превышает допустимую. В большинстве случаев не просматривается зависимость качества распределения жидкости от высоты установки и угла поворота распылителя.

Результаты проведенных нами исследований представлены в таблицах 2-4.

Таблица 2

Неравномерность распределения жидкости по ширине полосы опрыскивания у щелевых распылителей марки FS-75

Давление, МПа	Угол поворота распылителя, град	Неравномерность распределения жидкости, %
0.1	0	39
	20	36
	45	35.6
0.2	0	34.4
	20	33.3
	45	33.1

Таблица 3

Неравномерность распределения жидкости по ширине полосы опрыскивания у щелевых распылителей марки Teejet 8003

Давление, МПа	Угол поворота распылителя, град	Неравномерность распределения жидкости, %
0.2	0	22.37
	20	22.92
	45	23.56
0.3	0	19.76
	20	23.11
	45	23.64

Обработка результатов экспериментов показала, что с увеличением давления в системе нагнетания с 0,1 до 0,2 МПа при работе щелевых распылителей FS-75 неравномерность распределения жидкости уменьшается с 39,0 до 34,4 % при установке плоскости факела перпендикулярно полосе обработки (угол поворота - 0°), с 36,0 до 33,3 % при угле поворота 20° и с 35,6 до 33,1 % при угле 45°. Из этих данных видно, что увеличение

угла поворота распылителя снижает неравномерность распределения, причем наиболее интенсивно в диапазоне  $0 \dots 20^\circ$ . Для распылителей Teejet 8003 изменение давления в системе нагнетания не оказывает существенного влияния на равномерность распределения жидкости. С увеличением угла поворота распылителя коэффициент вариации незначительно увеличивается - с 22,37 до 23,56 % при давлении 0,2 МПа и с 19,76 до 23,64 % при давлении 0,3 МПа. При работе вихревых распылителей увеличение давления с 0,1 до 0,3 МПа привело к снижению коэффициента вариации с 38,0 до 23,1 %. Высота установки этих распылителей составляла 0,15 м.

Таблица 4

Неравномерность распределения жидкости по ширине  
полосы опрыскивания у вихревых распылителей АО "МЕКОСАН"

Давление, МПа	Неравномерность распределения жидкости, %
0,1	38,1
0,2	26,5
0,3	23,1

Исследования показали, что равномерность распределения жидкости зависит от формы эпюры отложения жидкости в пределах факела распыла. Оптимальной, в данном случае, являлась бы эпюра в форме прямоугольника. Однако такое распределение пока не обеспечивает ни один тип распылителей (рис. 1).

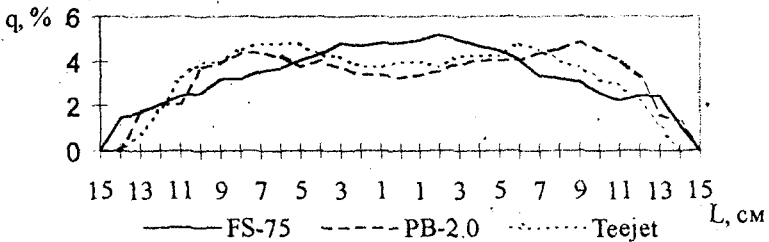


Рис. 1. Эпюры распределения жидкости в пределах факела распыла.

Эпюра отложения жидкости распылителей FS-75 имеет форму параболы. Эта форма эпюры свойственна всем щелевым распылителям, применяемым для сплошного применения пестицидов. Плавное уменьшение

количества отложившейся жидкости при удалении от центра факела обуславливает высокий показатель неравномерности распределения.

Распылители фирмы Teejet за счет усовершенствованных параметров геометрии сопла обеспечивают форму эсперы с достаточно ровным средним участком длиной около 20 см. В пределах этого участка коэффициент вариации не превышает 5 %.

Вихревые распылители РВ-2.0 имеют типичную для данного типа седлообразную эсперу распределения жидкости обусловленную формой факела распыла в котором жидкость распределяется по кольцу. Недостатком вихревых распылителей является то, что ширину обрабатываемой полосы можно регулировать только за счет изменения высоты их установки.

**Выводы.** Все типы исследованных распылителей удовлетворяют требованиям к качеству распределения жидкости по ширине полосы обработки. Наиболее качественное распределение жидкости обеспечивают распылители фирмы Teejet ( $v = 20 - 23 \%$ ). Целесообразно применение вихревых распылителей на повышенных давлениях. Регулировку ширины полосы обработки в этом случае можно производить только изменением высоты установки распылителя.

## РАСЧЕТ ЭНЕРГОЕМКОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

**Л. В. Сорочинский, Т. И. Валькевич**  
(БелНИИ защиты растений)

Наряду с экономической оценкой защитных мероприятий в последнее время возникла необходимость проведения биоэнергетической оценки. Чтобы значительно упростить расчет полной энергоемкости и выбрать наименее энергоресурсоемкие варианты агрегатирования нами были разработаны нормативы энергозатрат, определена модель возможных затрат энергии на обработку одного га посевов.

В состав нормативов были включены: энергозатраты на топливо, энергоемкость средств механизации и складских помещений, энергозатраты живого труда и накладные расходы. Расчет проводился как по основным операциям (опрыскивание, протравливание семян), так и по вспомогательным работам, обеспечивающим весь технологический процесс. Нормативы энергозатрат разрабатывались дифференцированно по составу машинно-тракторных агрегатов, нормам расхода рабочей

жидкости, группам культур. Так, например, норматив энергозатрат на обработку 1 га посевов опрыскивателем ОП-2000 при норме расхода жидкости 250 л/га составил - 180,7 МДж, ОПШ-15 - 213,2 МДж, на протравливание семян зерновых культур - 21,1 МДж/га.

Для расчета полной энергоемкости защитных мероприятий необходимо суммировать полученные нормативы энергозатрат с энергоемкостью применяемых препаратов. Последняя рассчитывается по формуле:

$$E_p = N_p L_p N_p / 100,$$

где  $N_p$  - норма расхода препаратов, кг/га;

$L_p$  - энергетический эквивалент группы пестицидов и препаративной формы, МДж/кг;

$N_p$  - процентное содержание действующего вещества в препарате.

## ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СЕВОБОРОТОВ И РОЛЬ ПРЕДШЕСТВЕННИКОВ В ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЯХ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ОЗИМОЙ РЖИ

Л.М. Козлова, к. с.-х., Л.А. Лопарев  
(ВГСХА, г. Киров)

В настоящее время, в условиях свободного ценообразования методы оценки производства сельскохозяйственных культур стоимостными показателями не обеспечивают необходимый уровень объективности. Более надежные результаты может дать использование энергетических показателей. Важен такой аспект энергетического анализа в растениеводстве, как ресурсосбережение. Применение энергоанализа позволяет более точно учитывать и в сопоставимых энергетических эквивалентах выражать энергию живого и овеществленного труда на технологические процессы и операции, а также энергию, воплощенную в полученной продукции. Энергетическая оценка дает возможность сравнения различных технологий с точки зрения расхода энергетических ресурсов, определения структуры энергии и выявления главных резервов экономии технической энергии в земледелии.

Важнейшим фактором регулирования энергетического баланса в почвах агроценозов является правильно составленный севооборот. В результате биологических особенностей различные растения по-разному ус-

ваивают кинетическую энергию солнца и имеют неодинаковую энергетическую ценность. Поэтому продуктивность и энергетическая оценка севооборотов зависят от возделывания культур и почвенно-климатических условий. Кроме того, энергия, затраченная на возделывание растений, компенсируется за счет накопления гумусовых веществ. Внесение минеральных удобрений не обеспечивает положительного баланса гумуса в пахотных почвах, он достигается только в севооборотах с многолетними травами и при применении органических удобрений.

Проведенная нами (1988 - 1993 гг.) оценка энергетической эффективности зернотравяных севооборотов показала, что различие в общих энергозатратах на единицу площади и энергозатратах на производство 1ц продукции зависит в основном от количества вносимых удобрений (табл. 1).

В первом севообороте, где на 1 га пашни вносили 10 т органических и КбоРбоКбо минеральных удобрений, энергозатраты на 1 га севооборотной площади составили 23714 МДж, затраты, связанные с внесением удобрений составили 40,1% от общего количества затрат. Во втором севообороте, где вносилось вдвое меньше удобрений, энергозатраты составили 19941 МДж на 1га севооборотной площади, а затраты связанные с внесением удобрений равнялись 24,9%. Величина накопленной энергии в полученной продукции наибольшей была во втором севообороте с наименьшими дозами удобрений за счет высокой продуктивности клевера и вико-овса на зерно. Здесь за ротацию накоплено 511310 МДж обменной энергии, что на 6561 МДж больше, чем в первом севообороте.

В современном адаптивно-ландшафтном земледелии за счет правильного подбора культур и схем чередования ставится задача усилить не только продукционную, почвоулучшающую, но и ресурсоэнергосберегающую функции севооборота [3]. В связи с этим актуальным является насыщение севооборотов бобовыми культурами, и оптимизация соотношения чистых, занятых и сидеральных паров [6].

Определение энергетической эффективности звеньев севооборотов (1997 г.) показало, что наибольшие затраты энергии в звене чистый пар - озимая рожь при внесении в чистом пару 30 т/га органических удобрений, а под озимую рожь К<sup>5</sup>Р<sup>4</sup>К<sup>4</sup>5 (табл. 2). Наименьшие затраты в звене с клеверным сидеральным паром при внесении N<sup>4</sup>Р<sup>4</sup>?К<sup>4</sup>5 только под озимую рожь. В звеньях с занятым и полусидеральным паром, где высевались пелюшка с овсом, при внесении одинакового количества минеральных удобрений под все культуры (N<sup>4</sup>5?45К<sup>4</sup>5) затраты энергии были примерно одинаковыми. Величина накопленной энергии в полученной

продукции определялась уровнем урожайности. Наибольшее ее количество получено в звеньях с занятым и полусидеральным парами.

Таблица 1

## Энергетическая эффективность севооборотов

Севооборот	Полные энергозатраты, МДж/га	Накопление энергии с урожаем, МДж/га	Затраты энергии на производство 1ц продукции, МДж/га
1.			
1.1 Пар занятый (сено)	37534	52800	504,4
1.2. Озимая рожь	32075	63684	921,7
1.3. Ячмень + клевер	30651	77145	735,0
1.4. Клевер I г. п.	6145	118300	94,5
1.5. Клевер II г. п.	3310	111020	52,7
1.6. Яровая пшеница	32573	81800	796,4
По севообороту 1	142288	504749	
На 1 га севооборотной площади	23714	84125	507,8
2.			
2.1. Клевер I г. п.	4807	115934	75,4
2.2. Клевер II г. п.	3157	106106	54,2
2.3. Озимая рожь	27741	69540	730,0
2.4 Яровая пшеница	27223	72400	752,0
2.5. Вико-овес (зерно)	27825	72960	951,2
2.6. Ячмень + клевер	28890	74370	656,6
По севообороту 2	119643	511310	
На 1 га севооборотной площади	19941	85218	422,5

Коэффициент энергетической эффективности наиболее высокий в звене с полусидеральным паром (уборка пелюшко-овса на высоком срезе (25 см), при запаховании нижней огрубевшей части в почву) - 3,04, наименьший коэффициент в звене с чистым паром - 1,65. Отмечается снижение энергозатрат в звене с клеверным сидеральным паром по сравнению со звеном с чистым паром до 40%, в звеньях с занятым и полусидеральным парами на 10 - 11%.

Таблица 2

Энергетическая оценка технологий возделывания озимой ржи по разным предшественникам

Звенья	Продуктивность звеньев, т. к ед. с 1 га	Получено обменной энергии, МДж/га	Затраты энергии, МДж/га	Коэффиц. энергетич. эффективности
1. Чистый пар - озимая рожь	7,5	78772,00	47704,06	1,65
2. Клевер 1 г.п. (сидерат) - озимая рожь	6,3	67040,00	28453,03	2,36
3. Пар занятый (пелюшка+овес) - озимая рожь	10,0	121242,40	42857,11	2,83
4. Пар полусидеральный (пелюшка + овес) - озимая рожь	9,7	129324,00	42510,16	3,04

Проведенная оценка энергетической эффективности сельскохозяйственных культур показала, что важным условием повышения ресурсоэнергоэкономичности и экологической безопасности получения сельскохозяйственной продукции является выбор оптимальных севооборотов с учетом функций растений, обработки почвы, применения удобрений и т.д., а высокое насыщение севооборотов бобовыми культурами (30-50%), способствующими фиксации азота и обеспечивающих поступление орга-

нического вещества в почву, позволит сократить до минимума применение азотных, как самых энергоемких, из всех видов, минеральных удобрений.

## **ИНТЕНСИФИКАЦИЯ СЕЛЕКЦИИ СМОРОДИНЫ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ ОТДАЛЕННОЙ ГИБРИДИЗАЦИИ И ПОЛИПЛОИДИИ**

**И. Э. Бученков (БГПУ им. М. Танка)**

Выведение сортов интенсивного типа позволяет внести определенный вклад в решение проблемы экономного и рационального использования растительных, материальных и людских ресурсов. Интенсификация растениеводства ягодных культур предполагает: селекцию сортов на оптимальный габитус, пригодный для механизированного ухода и сбора урожая; выведение новых сортов с высокими технологическими и потребительскими качествами плодов (одноразовый сбор, высокая витаминность, не осыпаемость, крупноплодность); выращивание растений устойчивых к неблагоприятным факторам окружающей среды (почвенным, климатическим, биологическим).

Важная роль в решении этих проблем принадлежит эффективным селекционным методам, среди которых особое место занимают отдаленная гибридизация и полиплоидия.

Генофонд смородины, одной из наиболее распространенных и ценных ягодных культур Беларуси, создавался на основе немногих видов, произрастающих в дикой природе. Интерес к изучению возможных путей обогащения генофонда смородины посредством искусственного формообразования (отдаленной гибридизации, полиплоидии) возник еще в конце XIX в., но особенно проявился за последние 30 лет.

На кафедре ботаники БГПУ им. М. Танка проводятся многолетние исследования по индуцированию и комплексному анализу отдаленных межвидовых и межродовых гибридов смородины черной. Межродовые реципрокные скрещивания смородины черной и красной с крыжовником преследовали цель разработать метод получения бесшипных и слабошиповатых форм, объединяющих лучшие качества обеих культур и лишенных их недостатков. Межвидовые скрещивания смородины черной и красной проводились с целью разработки методов получения форм с длинной кистью, одновременным созреванием, неосыпаемостью ягод.

В результате проведенных исследований экспериментально осу-

ществлен на диплоидном уровне синтез эволюционно разобщенных видов, получены межродовые и межвидовые гибриды - амфидиплонды, объединяющие полные геномы обоих родителей ( $2n = 2x = 16$ ): смородина черная  $\times$  смородина красная; смородина красная  $\times$  смородина черная, смородина черная  $\times$  крыжовник; крыжовник  $\times$  смородина черная.

Морфобиологический анализ отдаленных гибридов показал, что совмещение признаков приводит к появлению особенностей, не свойственных исходным формам: устойчивость к антракнозу и сферотеке, увеличение размеров кисти и количества цветков в ней, образование длинных побегов замещения, меньшая требовательность к условиям окружающей среды, высокая зимостойкость.

Среди полученных отдаленных гибридов выделены формы, на основе которых возможно создать новое поколение сортов смородины черной с высокой адаптивностью к неблагоприятным факторам окружающей среды и уникальными хозяйственно ценными признаками.

К сожалению, стойкая стерильность отдаленных гибридов не позволяет использовать их в практических целях. Изучение причин стерильности показало, что она вызвана неспособностью большинства хромосом исходных форм к конъюгации в результате их частичной гомологии. В связи с этим восстановление фертильности отдаленных гибридов проводилось методом перевода их на тетраплоидный уровень.

Полученные амфидиплонды - новые формы ягодного растения, удовлетворяющие большинству требований к сортам интенсивного типа. Они нормально плодovиты, образуют поздносозревающие ягоды промежуточного типа с сочной ароматной мякотью. Ягоды созревают одновременно, прочно держаться в кисти. Кусты компактные, гетерозистые, побеги без шипов. Генетическая система амфидиплоида устойчива и дает константное тетраплоидное семенное потомство.

Использование в исследованиях индуцированной атвополиплоидии показало возможность получения уникальных полиплоидных форм в родах смородины и крыжовника. Переход на тетраплоидный уровень усиливает формообразовательные процессы, приводит к расширению генотипического спектра и появлению ценных признаков, в том числе форм с повышенной устойчивостью к сферотеке, антракнозу, почковому клещу; повышенным содержанием аскорбиновой кислоты, высокой самоплодностью и способности к апомиктическому плодообразованию; приподнятой формой куста; выравненностью ягод в кисти; одновременным созреванием; малосемянностью.

Таким образом, использование методов отдаленной гибридизации

и полиплоидии служит мощным источником обогащения генофонда смородины, что связано не только с общей проблемой познания растительного мира и восполнением его ресурсов, но и открывает перспективу создания сортов интенсивного типа, позволяющих использовать энергоресурсосберегающие технологии при их возделывании.

## НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОДУКЦИОННОГО ПРОЦЕССА КУЛЬТУРЫ MALUS

А. В. Деревинский (БГПУ им. М. Танка)

Одной из основных задач селекции является создание сортов и гибридов сельскохозяйственных растений, превышающих уже существующие по продуктивности, качеству продукции. Плодовые культуры, в отличие от зерновых культур, являются многолетними, поэтому решение данной задачи затрудняется. Это влечет за собой большие затраты материальных, людских ресурсов и приводит к повышению себестоимости продукции. В связи с этим разработка методов отбора наиболее продуктивных сеянцев по морфофизиологическим признакам на ранних этапах онтогенеза позволит значительно ускорить селекционный процесс, снизить затраты ресурсов на сельскохозяйственное производство.

Сотрудниками кафедры ботаники и основ сельского хозяйства БГПУ имени М. Танка на базе БелНИИ плодоводства проводится работа по изучению морфофизиологических аспектов культуры яблони в связи с ранней диагностикой на продуктивность (данная проблема исследуется институтом фитобиологии НАН РБ на зерновых культурах, по плодовым культурам подобные работы в РБ отсутствуют).

Яблоня занимает около 70% площадей, отводимых под плодовые насаждения. Это многолетняя гетерозиготная культура, у которой признаки наследования диагностируются слабо. В плодоношение она вступает в условиях Республики Беларусь на 4-6 год после посадки семенами.

Объектами изучения являются: - сорт Антей, выведенный в БелНИИ плодоводства, - это высоко скороплодный, высоко продуктивный, позднезимний, слаборослый, слабопериодичный сорт, обладающий полигенной устойчивостью к парше;

- сорт ВМ 41497 - достаточно скороплодный, высокоурожайный, позднеспелый, иммунный к парше по гену Vf, непериодичный;

- гибриды F1, полученные от скрещиваний Антей x ВМ 41497.

Контролем являются сортовые растения.

Изучена площадь ассимилирующей поверхности листьев учетных сеянцев, содержание сухой биомассы в листьях в течение летних месяцев, чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ), урожай, полученный с деревьев.

Отмечено, что в августе 1997 г., по сравнению с июлем, у сортовых растений не происходило увеличение площади листовой поверхности, а также не наблюдался прирост сухой биомассы листьев.

Среди корнесобственных гибридов F1 30% дали в 1995 году очень высокий урожай с одного дерева (по 40-60 кг), 40% сеянцев - средний урожай с одного дерева (по 5-10 кг), 30% сеянцев не дали урожая или на деревьях присутствовали единичные плоды. С деревьев родительских сортов был получен урожай в среднем по 30 кг, соответственно.

ЧПФ высокопродуктивных гибридов F1 колебалась в пределах от 357,67 до 1186,99 г/м<sup>2</sup> в сутки, у среднепродуктивных гибридов этот показатель составил 222,61 - 526,51 г/см<sup>2</sup> в сутки, у низкопродуктивных - 625,51 - 1216,86 г/см<sup>2</sup> в сутки. В целом гибриды характеризовались приростом площади листовой поверхности, а также сухой биомассы листьев в июле-августе 1997 г. Лишь у 20 % исследуемых гибридов, отнесенных к числу среднепродуктивных, не было обнаружено увеличения значения ЧПФ. Таким образом, гибриды F1 обладают положительным эффектом гетерозиса по изучаемым показателям.

Исследования составляющих продуктивность яблони позволят ускорить разработку методов ее ранней диагностики по морфофизиологическим признакам, что создаст основу для эффективного отбора сеянцев, применения энергоресурсосберегающих технологий их выращивания.

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ОДНООСНЫХ ТЯГОВОГО И ТОЛКАЮЩЕГО УНИВЕРСАЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ ДЛЯ МЕХАНИЗАЦИИ ПРИУСАДЕБНЫХ УЧАСТКОВ С КАБЕЛЬНЫМ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕМ**

**А. А. Сильченко (аспирант БАТУ)**

Во всем мире задачи экономии дефицитного жидкого топлива и экологические проблемы на мобильных процессах решают путем расширенного применения электроэнергии. Экономия энергии при использова-

нии универсальных агрегатов для механизации (УАМ) приусадебных участков до 0,4 га вместо мотоблоков достигается вследствие более высокого КПД электродвигателя  $\eta=0,8 \dots 0,9$ , чем КПД ДВС  $\eta=0,2 \dots 0,3$ .

Тяговой электродвигатель (ТЭД) запитывается от бытовой электросети. Поэтому мощность его в РБ не может превышать  $P=1,3$  кВт.

УАМ - двухколесное тяговое и толкающее средство с централизованным энергоснабжением. Предполагаемый тяговый УАМ относится к классу тяги 1,0 кН. УАМ содержат системы электропривода, управления, трансмиссию и ходовую часть. Тяговые УАМ агрегируют с комплексом сельхозмашин (СХМ) к мотоблоку МТЗ - 0,6: Толкающий УАМ агрегируют с плугом, окучником и культиватором. Кроме того, УАМ используют в коммунально-бытовой сфере.

Ввиду отсутствия прототипа в данной работе решается задача выбора схемы и развесовки УАМ, путем нахождения нормальных реакций почвы на колесах УАМ и СХМ, агрегируемой с ним. На приведенных рисунках использованы следующие обозначения:  $G_t$  - вес УАМ,  $G_{схм}$  - вес СХМ,  $P_{кр}$  - тяговое сопротивление,  $a_t$  - расстояние от центра тяжести УАМ до прямой, проведенной через геометрическую ось ведущих колес перпендикулярно пути,  $a_{схм}$  - расстояние от прямой, проведенной через геометрическую ось ведущих колес до центра тяжести СХМ,  $a_{рук}$  - расстояние от центра тяжести УАМ до рукояток управления,  $h_{кр}$  - расстояние от опорной поверхности колес до центра тягово-цепного устройства,  $h$  - расстояние от опорной поверхности колес до точки приложения  $P_{кр}$ ,  $r_k$  - радиус ведущих колес,  $\theta$  - угол наклона к горизонту результирующей силы  $P_{рез}$ , действующей на рабочий орган СХМ в продольно-вертикальной плоскости,  $f$  - коэффициент сопротивления качению,  $\varphi$  - коэффициент использования сцепного веса.

Для балластированного тягового УАМ в агрегате с СХМ сумма моментов относительно точки  $O_t$  - центра пятна контакта

$$\sum M_{от} = -G_t \times a_t + M_f - P_{кр} \times h + P_{кр} \times tg\theta \times a_{схм} - N_{схм} \times a_{схм} = 0 \quad (1)$$

Нормальная реакция почвы на СХМ

$$N_{схм} = \frac{-G_t \times a_t + M_f - P_{кр} \times h + P_{кр} \times tg\theta \times a_{схм}}{a_{схм}} \quad (2)$$

Нормальная реакция почвы на колесах УАМ

$$N_m = (C_m + C_{схм}) - N_{схм}, \quad (3)$$

Изменения нормальных реакций  $\Delta N$  на колесах УАМ, сил сопротивления качению  $P_f$  УАМ, моментов сопротивления качению  $M_f$ , изменения нормальных реакций  $\Delta N$  с учетом  $M_f$  находим по следующим формулам

$$\Delta N = \frac{P_f + P_{кр}}{асхм} \times h, \quad (4)$$

$$P_f = f \times C_T, \quad (5)$$

$$M_f = P_f \times r_k, \quad (6)$$

$$\Delta N = \frac{M_f + P_{кр} \times h}{асхм}, \quad (7)$$

Определяем составляющую тягового усилия для выбора оптимальной схемы и развесовки УАМ

$$\Delta P_{кр} = \varphi \times \Delta N, \quad (8)$$

Расчет балластированного толкающего УАМ в агрегате с СХМ производим в той же последовательности.

Сумма моментов относительно точки  $O_T$

$$\sum M_{от} = P_{кр} \times h - P_{кр} \times \text{tg}\theta \times асхм + G_T \times at - N_{рук} \times арук + M_f = 0 \quad (9)$$

Нормальная реакция на рукоятках УАМ

$$N_{\text{рук}} = \frac{P_{\text{кр}} \times h - P_{\text{кр}} \times \text{tg}\theta \times \text{асхм} + G_{\text{т}} \times \text{ат} + M_{\text{ф}}}{\text{арук}},$$

(10)

Сумма моментов относительно точки От

$$\sum M_{\text{от}} = P_{\text{кр}} \times h - P_{\text{кр}} \times \text{tg}\theta \times \text{асхм} + G_{\text{т}} \times \text{ат} + N_{\text{схм}} \times \text{асхм} + M_{\text{ф}} = 0$$

(11)

Нормальная реакция на СХМ

$$N_{\text{схм}} = \frac{-P_{\text{кр}} \times h + P_{\text{кр}} \times \text{tg}\theta \times \text{асхм} - G_{\text{т}} \times \text{ат} - M_{\text{ф}}}{\text{асхм}},$$

(12)

Как показали расчеты, у тягового УАМ с ростом  $P_{\text{кр}}$  СХМ догружается, что приводит к увеличению сил трения и дополнительным потерям мощности на передвижение. У толкающего УАМ с ростом  $P_{\text{кр}}$  догружаются ведущие колеса УАМ, что снижает паразитные силы.

## ПОДБОР ПАРАМЕТРОВ РАБОТЫ ДЫРЧАТЫХ РАСПЫЛИТЕЛЕЙ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ РАВНОМЕРНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ АЗОТНЫХ РАСТВОРОВ

Ян Каминка, д-р инж. (ИБМЭР, Польша)

В современном растениеводстве все большее значение приобретает применение азотных удобрений, а особенно в жидком состоянии. Основной причиной применения азотных растворов таким способом являются меньшие производственные расходы приходящиеся на 1 кг чистого азота, по сравнению с использованием твердых удобрений. Это следует из того, что при получении азотного раствора отсутствует энергоемкий процесс кристаллизации и грануляции.

Отсутствие в производстве азотного раствора процесса кристаллизации и грануляции ограничивает эмиссию вредных соединений в атмосфере

ру. Высокая равномерность распределения удобрения и возможность усвоения азота листьями и корнями ограничивает проникание азота в грунтовые воды. Раствор селитро-мочевинный с заводской концентрацией (28-32%) распыляется при помощи опрыскивателей оснащенных противокоррозийными к раствору рабочими элементами.

Агротехнические требования крупнокапельного опрыскивания обеспечивают дырчатые распылители. На эффективность внесения удобрения с помощью опрыскивателей большое влияние имеет подбор соответствующих параметров работы распылителей.

Предметом исследований были 3-х дырчатые и 5-й дырчатые распылители фирмы Лехлер с дроссельной шайбой диаметром отверстия 1 мм.

Целью исследований было определение влияния рабочего давления и высоты установления распылителей над опрыскиваемой площадью на значение показателя поперечной неравномерности. Исследования неравномерности выполнены в лабораторных условиях с использованием воды. Для исследований использован стационарный пазовый стол шириной 12 м. с расстоянием между пазами 0,1 мм. Для сравнения показателя поперечной неравномерности опрыскивателя с другими машинами для внесения удобрений, принято брать ширину лотка измерительного стола 0,5 м.

При этом, если во время исследований любая измерительная кружка пуста, то считается, что опрыскиватель не выполняет агротехнические требования при внесении удобрений жидким способом.

Мерой поперечной неравномерности падения жидкости на горизонтальную плоскость является коэффициент изменчивости (непостоянства), который называется показателем поперечной неравномерности. Исследования распылителей проведены при давлении (р) равном 0,1; 0,2 и 0,3 МПа, высота (h) распылителей от опрыскиваемой площади была равна 0,5-1,0 м. Для описания зависимости между переменными применен метод линейной регрессии. Параметры функции определены методом наименьших квадратов при применении компьютера IBM - PC и программы Statgraphics.

Распылители 3-х дырчатые.

Результаты измерений полученные во время исследований позволили констатировать, что показатель поперечной неравномерности опрыскивания в малой степени зависит от рабочего давления. Зависимость эту можно представить следующим уравнением:  $d_{3p} = 7,68 + 5,69p$ . Рассчитанное значение коэффициента детерминации составляет  $R^2 = 0,036$ .

Влияние высоты распылителей от опрыскиваемой площади на значение показателя поперечной неравномерности опрыскивания определя-

ется уравнением  $d_3 = 19,62 - 12,72h$ . Значение коэффициента корреляции составляет (-0,59), то есть с увеличением высоты распылителей от опрыскиваемой площади, уменьшается значение показателя поперечной неравномерности. Наилучший результат значения показателя поперечной неравномерности достигался при высоте 1 м и составил 6,9%.

Распылители 5-и дырчатые.

Исследования 5-и дырчатых распылителей показали, что рабочее давление не влияет на значение показателя поперечной неравномерности опрыскивания, коэффициент корреляции составил 0,03. Зависимость между показателем неравномерности опрыскивания и высотой распылителей от опрыскиваемой площади определяется уравнением  $d_3 = 10,77h - 1,99$ . Рассчитанный коэффициент корреляции составляет 0,58. Отсюда следует, что с увеличением высоты распылителей от опрыскиваемой площади возрастает значение показателя поперечной неравномерности. При высоте распылителя от опрыскиваемой площади 0,7 м получен наилучший результат, значение которого было 5,5%.

#### **Выводы**

1. Самое большое влияние на значение показателя поперечной неравномерности опрыскивания дырочными распылителями оказывает высота установки распылителей над опрыскиваемой площадью, рабочее давление при этом не играет существенной роли.
2. На основании результатов исследований рекомендуется следующая высота установки распылителей над опрыскиваемой площадью:
  - 1,0 м - для распылителей 3-х дырчатых,
  - 0,7 м - для распылителей 5-и дырчатых.
3. Показатель поперечной неравномерности внесения удобрений 5-и дырчатыми распылителями был лучше, чем при использовании 3-х дырчатых.

## **ТЕХНОЛОГИЯ ВНЕСЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ДЛЯ ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛАСТИЧНЫХ КОНТЕЙНЕРОВ**

**Ян Камински, mgr.- инж. (ИБМЭР, Польша)**

В Институте строительства, механизации и электрификации сельского хозяйства (ИБМЭР) изготовлено оборудование, работающее в комплексе с трактором класса 9 или 14 кН, состоящее из: дискового разбра-

сывателя, погрузчика контейнеров, а также эластичных контейнеров грузоподъемностью 0,5 и 1,0 т. Применение названного оборудования в технологии внесения удобрений уменьшает загрязнение окружающей среды и улучшает эргономические условия работы обслуживающего персонала.

Одним из способов сохранения качества минеральных удобрений является применение эластичных контейнеров. Они могут быть использованы в производственном процессе на всех этапах, начиная с завода-производителя удобрений и заканчивая их внесением. На поле удобрения могут быть перегружены в танки традиционных разбрасывателей или их можно рассеивать непосредственно из эластичного контейнера.

Цель работы состояла в разработке погрузчика, работающего в комплексе с навесным разбрасывателем и использованием эластичных контейнеров вместимостью от 0,5 до 1,0 т. Такой комплекс должен выполнять следующие операции:

- разгрузка контейнеров из прицепов и их складирование;
- подъем контейнера с земли и установление его над танком разбрасывателя;
- рассев удобрений на посевных площадях.

Проведенные расчёты показывают, что в среднем 55% общего времени, необходимого для внесения удобрений, расходуется на их рассев, остальное время - на вспомогательные операции. На основании измерений осевого давления трактора „Урсус“ С-360 /класса 9 кН/ сделан вывод, касающийся условия управляемости агрегата. Условие это выполнимо для контейнера грузоподъемностью 0,5 т, а для контейнеров грузоподъемностью 1,0 т при совместной работе с погрузчиком и разбрасывателем необходимо применять трактор класса 14 кН.

Разработанный в ИБМЭР комплект оборудования состоящий из: погрузчика, разбрасывателя, эластичных контейнеров оказался вполне функциональным и пригодным агрегатом для непосредственного посева удобрений из эластичных контейнеров грузоподъемностью от 0,5 до 1,0 т. К основным преимуществам агрегата относятся: полная механизация технологических операций, отсутствие потерь удобрений и загрязнения окружающей среды во время транспортировки и погрузки, полная безопасность обслуживающего персонала, отсутствие непосредственного соприкосновения человека с удобрениями и т.п. Однако при этом требуется хорошее качество погружаемых в контейнеры удобрений и соответствующее их складирование.

## ENERGY-SAVING TECHNOLOGY OF FERTILIZER APPLICATION FOR FIBER FLAX

**A.R. Tsyganov, I.R. Vildflush, S.F. Khodyankova, S.P. Kukresh,  
Z.D. Anfimova  
(Belarusian Agricultural Academy  
Gorki, Republic of Belarus)**

At present great attention is given to finding out efficient ways of fertilizer application providing maximum usage of plant nutrients and promoting increase of soil fertility.

The ways of fertilizer application define to a great extent yielding capacity of cultivated crops.

The research institutes of our country, as well as abroad have acquired profound material on local fertilizer application for a number of crops.

However, little attention was paid to the problems of fiber flax fertilization, in particular, to the definition of the conformities of the effects of the increase of the dose of main fertilizer applied in bands before sowing; to the study of efficiency of co-application of macro- and micronutrients for flax; to the study of efficiency of localization of mineral fertilizer on the soils with different level of fertility, to the bioenergy evaluation of the studied methods.

In the given report long standing data (1982-1991, 1995-1996) of research of the effects of feeding conditions on yielding capacity and quality of the fiber flax in rotation on the derno-podzolic light loamy soil were summed up.

The field experiments were carried out on the three created backgrounds of the soil fertility which differed in acidity and the levels of soil supply with mobile forms of phosphorous and potassium:

background I - low - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 100-130, K<sub>2</sub>O 110-140 mg/kg of soil, PH<sub>2</sub> kcl 5.0-5.4;

background II - medium - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 180-200, K<sub>2</sub>O 170- 210 mg/kg of soil, PHKCL 5.6- 5.8;

background III - high - P O 280-300, K<sub>2</sub> O<sub>5</sub> 240-280 mg/kg of soil, PH KCL 6.0- 6.2. The humus content in the soil amounted to 1.32 - 1.49 %. The total area of the experimental plot was 87.5 m<sup>2</sup>. Four time repetition.

According to the obtained data, brand method of fertilizer application

( depending on the application dose) promotes increase of the rotation productivity at the low fertility background by 0.09- 0.39; at the medium level by 0.03-0.3, and at the high level by 0.14- 0.38 t of grain units/ha or by 0.5- 8.1%.

Maximum energy efficiency of the field rotation was at pH KCL of 5.6-5.8, mobile phosphorous content of 180-200 mg and exchange potassium of 170-210 mg/kg of soil, fertilizer saturation of 14t/ha of manure and 188 kg of NPK (N42P62K84).

Judging by the combination of qualitative and quantitative parameters of yielding capacity it was decided to consider the dose of the main fertilizer N45P90K120 (locally) at the background of low level of soil fertility and N30P60K90 (locally) at the medium and high levels as the most efficient one for flax.

The positive effect of the band fertilizer application increased with combined application of macro- and microfertilizers for flax. Copper to a greater extent favours increase of yields and quality of flax production at the background of low level of soil fertility, zinc appeared to be efficient on more fertile soils with the environment reaction close to neutral.

It was found out that local application is an essential element of nature protection - and energy saving fertilizer systems in rotation. Its introduction into agricultural production will make it possible to reduce fertilizer requirements by more than 30 %, and it will increase energy output by 27-44% per hectare compared with the broadcasting method.

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В СООРУЖЕНИЯХ ЗАЩИЩЕННОГО ГРУНТА**

**Б.Х. Драганов, С.М. Лавренюк (НАУ, г. Киев Украина)**

Теплопотери через ограждающие конструкции теплиц существенно снижаются при применении стандартных или трансформирующихся светопрозрачных пленочных экранов, при этом существенный эффект может дать аккумулирование энергии. Это позволяет более эффективно использовать энергетические ресурсы, обеспечить экономию энергии и лучше заполнить график тепловой нагрузки.

Теплотехнический эффект от экранов, расположенных на 30... 50% от светопрозрачных ограждений теплицы, заключается в отражении материалом экрана инфракрасного излучения, используемого отопительными приборами и почвой, а также в уменьшении коэффициента теплопередачи за счет образуемой теплоизоляционной воздушной прослойки.

В докладе приводится система уравнений нестационарной теплопередачи для многослойной стенки ограждения. Для решения сформулированной задачи используется метод конечных интегралов преобразований.

В случае многослойных стенок этот метод приводит к  $(n-1)$ -мерной векторной системе  $(2n+1)$  интегральных уравнений Вольтера второго рода, решение которых не представляет особых трудностей.

Расчеты выполнялись для нескольких значений температуры окружающей среды при температуре в теплице  $+18^{\circ}\text{C}$ . Результаты расчетов показали существенный энергосберегающий эффект экранов.

Данные расчетов сопоставлялись с результатами экспериментальных исследований, выполненных в термобарокамере. Для этого использовалась модель ограждения теплицы с энергосберегающим экраном.

При формулировке задачи аккумуляции теплоты в сооружении защищенного грунта почву рассматривали как квазиоднородную среду, а именно как кусочно однородную среду с плоскими границами раздела.

Поле температур в почве принято трехмерное, при этом в среде, где расположен источник теплоты (трубы с теплоносителем), поле удовлетворяет уравнению Пуассона, а в остальных средах - уравнению Далласа. В уравнение Пуассона входит единичная функция Дирака, поскольку источник теплоты в принятой системе координат точечный. Определив поле точечного источника, можно найти поле любого распределения источников методом наложения.

Задача заключается в определении из сформулированной системы уравнений и краевых условий распределения функции в любой точке рассматриваемого пространства аккумулятора. Для этого применяется двукратное интегральное преобразование Фурье, что позволяет заменить краевую задачу для уравнений в частных производных более простой краевой задачей для дифференциальных уравнений с обыкновенными производными.

После ряда преобразований (обратное преобразование Фурье, переход к полярным координатам и использование функции Бесселя) находят решение для искомой функции.

Приведенные методы математического и физического моделирования позволяют оптимизировать процесс энергосбережения в сооружениях защищенного грунта.

## ОРГАНИЗАЦИОННО - ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА СЕМЯН ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

Т. Борисовец (БелНИИ экономики АПК)

В сложившейся в настоящее время кризисной ситуации в сельскохозяйственном производстве Республики Беларусь актуальной проблемой является продовольственная безопасность и самообеспечение основными продуктами питания. В этом ведущая роль принадлежит зерну, т.к. этот продукт определяет стратегию любого государства.

Одним из направлений увеличения производства зерновых ресурсов является широкое использование достижений НТП. Наиболее эффективным и экономичным фактором в любых условиях производства остается создание и быстрое внедрение в производство новых урожайных, устойчивых к условиям окружающей среды, отличающихся высокими технологическими качественными показателями, сортов. Среди основных факторов, направленных на формирование уровня урожайности, является доля сорта в прибавке, которая оценивается в 30-50 %.

Неправильно подобранный или утерявший свои посевные качества сорт, не позволяет эффективно использовать почву и получить отдачу от вложенных трудовых и материально-денежных средств. Оценивая важность данной проблемы для Республики Беларусь, правительство приняло меры по ее решению. Об этом свидетельствует Закон "О семенах", который устанавливает основы правового регулирования отношений в сфере производства, заготовки, реализации, использования для посева семян, а также организационно-экономические отношения между производителями, заготовителями, потребителями семян и направления по обеспечению контроля со стороны государственных служб за производством, заготовкой и реализацией семян. Закон определяет субъекты и объекты производства, заготовки, реализации, использования семян, предусматривает ведение Государственного реестра, а также выделяет государственные органы, отвечающие за его ведение, сортоиспытание и другие вопросы по производству, заготовке и реализации семян. С 1992 года в рамках СНГ Республика Беларусь участвует в многосторонней межгосударственной специализации производства и поставок сортовых и гибридных семян сельскохозяйственных культур.

Республике Беларусь принята следующая система семеноводства:

- научно-исследовательские учреждения, производящие новые сорта, обеспечивают исходным материалом районированных и перспективных сортов экспериментальные базы НИУ и учебно-опытные хозяйства сельскохозяйственных вузов, которые производят семена элиты районированных и перспективных сортов и удовлетворяют потребности в них специализированных семеноводческих хозяйств для дальнейшего размножения, сортообновления и сортоосмены;

- специализированные семеноводческие хозяйства размножают полученные семена с расчетом полного обеспечения потребности в них товарных хозяйств.

Существуют разные мнения по поводу взаимосвязи этапов такой системы. Например, Белорусский НИИ земледелия и кормов отмечает, что в сложившейся кризисной ситуации и существующей системе семеноводства, возникает проблема реализации семенного материала высших репродукций непосредственно субъектами хозяйствования. Это связано, в первую очередь, с тем, что новые сорта семян НИУ-оригинатором, экспериментальными базами и элитхозами реализуются напрямую спецсемхозам и товарным хозяйствам, а не проходят последовательно все этапы системы семеноводства. С другой стороны, на состояние семеноводства оказывает влияние нестабильность развития сельского хозяйства и промышленности и непаритетное их развития. В этой ситуации субъект хозяйствования нуждается в денежных средствах для обновления оборотных средств, приобретения средств защиты, минеральных удобрений, специализированных технических средств, что позволяет обеспечить реализацию механизма "низкозатратных" технологий, обратив внимание на ресурсо- и энергосбережение, т.к. без этого невозможно устойчиво реализовать наиболее рациональную систему семеноводства зерновых культур. Проблема денежного дефицита приводит к нарушению отдельных элементов в системе семеноводства.

Изложенные две схемы производства элитных семян зерновых имеют положительные и отрицательные моменты:

- существующая система семеноводства зерновых не предусматривает строгое последовательное движение элитных семян (НИУ-оригинатор - экспериментальная база - спецсемхоз - товарное хозяйство), что порождает невостребованность семян высших репродукций, однако она дает возможность хозяйствующим субъектам в существующих кризисных условиях получать дополнительные денежные средства;

- принятая система семеноводства, которой предлагает придерживаться БелНИИЗ и К, характеризуется высоким уровнем показателей эффективности ее применения (количество и качество семян, репродукционный состав, темпы сортосмены, доля нового сорта и др.). Недостатками этой системы является недобор в целом по Республике Беларусь 2,5-3,3 ц/га зерна и неоправданное увеличение затрат на производство значительной части нереализованных семян высшей репродукции.

Зерновая семеноводческая отрасль находится в тяжелом положении. Выход из создавшегося положения заключается в прогрессивном развитии экономики, соответствующего государственного регулирования и финансировании, для чего требуется около трех лет, что приведет к оптимизации и восстановлению отрасли. В сложившейся кризисной ситуации, когда в элитопроизводящих хозяйствах и колхозах не хватает материально-денежных средств, то эти две системы имеют право на существование, а при стабилизации экономики и переходе на рыночные условия хозяйствования она будет совершенной и создаст условия для эффективного ведения отрасли.

## 1.2 Животноводство

### ПРОБЛЕМЫ СНИЖЕНИЯ ЭНЕРГОЗАТРАТ ПРИ ЗАГОТОВКЕ И РАЗДАЧЕ КОРМОВ ЖИВОТНЫМ

В. И. Сапего, С. И. Плященко (БАТУ)

Энергозатраты, приходящиеся на производство сельскохозяйственной продукции в Республике Беларусь, удовлетворяются за счет собственных источников только на 8%. При этом в животноводстве потребляется около 70% всей энергии, расходуемой в сельском хозяйстве. Вместе с тем совокупные затраты энергоресурсов на получение животноводческой продукции в нашей республике превышают таковые в развитых в животноводческом отношении странах в 3...5 раз и более. Отсюда видно, что вопросам экономного использования энергоресурсов в сельском хозяйстве, в том числе в животноводстве, не уделялось достаточного внимания.

Затраты кормов на прирост 1 кг живой массы в скотоводстве в последние годы увеличились до 18...24 ц к.ед., в том числе возрос в рационе удельный вес концентрированных кормов. Для того чтобы повысить отдачу от потребляемой энергии в животноводстве необходимо тщательно изучить структуру и объем энергетических затрат по этапам производ-

ства и приготовления кормов. При этом следует помнить, что мероприятия по экономии топлива обходятся в 2...3 раза дешевле, чем эквивалентный прирост его добычи, переработки и доставки потребителю. В части кормопроизводства энергоёмкость затрат складывается из энергозатрат на возделывание, уборку и хранение кормов, приготовление и раздачу их животным. Так, энергозатраты на 1000 т зелёной массы трав при их поедании на пастбище или в животноводческих помещениях находятся, примерно, на одинаковом уровне : 1277 и 1262 МДж. Из кормов, приготовляемых на стойловый период, наименьших затрат совокупной энергии требует прессованное сено-1392 МДж на 1000 т исходной зелёной массы, сенаж - 1605, брикеты - 2197 и травяная мука - 8081 МДж. Вследствие высоких энергозатрат себестоимость травяной муки значительно превышает стоимость зерновых концентратов. Поэтому применение травяной муки, приготовленной на высокотемпературных сушилках типа АВМ, экономически не оправдано и должно быть максимально ограничено всем видам животных, за исключением обогащения комбикормов для свиней и птицы.

Экономия топлива на сушку трав достигается после предварительного их провяливания в полевых условиях до влажности 30...35%. При этом расход жидкого топлива в высокотемпературных агрегатах барабанного типа снижается на 41...57%, электроэнергии - на 68%. Ещё более высокую экономию топлива можно получить сочетанием провяливания зелёной массы в поле с использованием отработанного тепла сушильных агрегатов. Для подогрева воздуха, используемого для сушки трав, может использоваться солнечный коллектор. Использование солнечной радиации и электрической энергии в несколько раз ниже по сравнению с применением высокотемпературных сушилок типа АВМ, работающих на жидком топливе.

Уменьшение затрат на заготовку наиболее распространённого корма - сена можно достигнуть путём сокращения времени нахождения скошенной травы в поле. Этого можно достигнуть скашиванием трав ранним утром, когда устьица листочков открыты и через них ускоряется испарение воды. Ускоряет сушку трав 1...2-х кратное их ворошение в течение дня. Быстрее высыхает трава с равномерным её размещением в поле по сравнению со скашиванием в валок. Прогрессивной и наиболее эффективной энергосберегающей технологией заготовки грубых кормов является прессование сена с внесением химических консервантов ( 10...15 кг пропионовой кислоты на тонну прессуемой массы влажностью 30...35%). Энергозатраты при этой технологии составляют 2.5...3 кг условного топлива на 1 ц

к. ед. Досушивание проявленного в поле сена до влажности 35...40% активным вентилированием позволяет сократить полевые потери урожая в 2.5...3 раза и получить корм отличного качества. При этом, несмотря на увеличение затрат энергии на принудительное досушивание, они с избытком возмещаются дополнительной продукцией животноводства. Перспективным энергосберегающим способом заготовки грубых кормов является использование полиэтиленовых ёмкостей (рулонов), в которых зеленая масса сохраняется от гниения различными консервантами. Во всех случаях посева и заготовки кормовых средств предпочтение следует отдавать бобовым травам, клеверу, гороху, люпину, сое и другим культурам, которые богаты высококачественным протеином и более эффективно окупают затраты продукцией.

На 1 т сенажа требуется в среднем 2.5 ч трудозатрат и 15 л дизельного топлива. Величина их зависит от ширины захвата косилки, её технического состояния, технических средств обработки валков, степени измельчения растительной массы, подготовки транспортных средств, снижения потерь зеленой массы и так далее. Поэтому целесообразно использовать широкозахватные косилки, полевые измельчители с валковым укладчиком, острые ножи косилок и т.п. Нерешённой проблемой при заготовке сенажа и сена косилками-плющилками является улавливание ценнейшего корма - клеточного сока трав, который в настоящее время безвозвратно теряется в количестве от 15 до 20% веса зелёной массы.

Силос занимает 35...40% питательности рациона. Основной силосной культурой в республике служит кукуруза. Оптимальным сроком скашивания кукурузы является время, когда общая влажность массы не превышает 60...65%, а зерна 45...50%. При этом потребление сухого вещества силоса коровами составляло 2.4 кг на 100 кг живой массы, в то время как при потреблении аналогичного корма из ранних фаз вегетации, из-за перекисания массы, не превышает 1.5 кг. В связи с этим уборку кукурузы на силос необходимо начинать в фазе молочно-восковой спелости и завершать в стадии восковой спелости початков. Более поздние сроки уборки ведут к снижению содержания в зелёной массе воды. Такую массу невозможно хорошо уплотнить в ней развиваются плесневые грибы. Чтобы получить высококачественный силос из кукурузы восковой спелости и обеспечить хорошую усвояемость его животными, необходимо массу измельчать так, чтобы не оставалось целого зерна и неразрушенных междоузлий, то есть частицы должны быть величиной 4...5 мм. Такое измельчение требует значительных затрат дефицитного топлива. Для существенного сокращения затрат энергии на заготовку высококачественного сило-

са из кукурузы восковой спелости целесообразно уборку производить малоэнергоёмкими машинами с крупным измельчением массы, а затем доизмельчать массу перед закладкой в траншеи на высокопроизводительной стационарной технологической линии с электроприводом.

Экономия энергии также актуальна при подготовке и скармливании зерна. Предложено несколько технологий консервирования зерна 30% влажности пропионовой кислотой или концентратом низкомолекулярных кислот. Зерно после такой обработки может храниться 1...1,5 года. Ресурсосберегающей технологией является безобмолотная уборка зернофуражных культур в фазе восковой спелости. При этом сбор питательных веществ с 1 га увеличивается на 20...40%. Особенно эффективна такая технология уборки в сырые годы и при сильном полегании зерновых. Корм из такой массы называют зерносенажом, а питательность сухой массы зерно-травяной смеси: ячмень-горох-пшеница составляет 0,67 к.ед. с обеспечением 1 к.ед. 130 г протеина.

Важным направлением снижения энергоёмкости производства продукции животноводства является создание энергосберегающих технологий кормоприготовления, так как на эту операцию приходится до 25...30% всех энергозатрат на производство и использование кормов. Сюда входят: особо тонкий размол зерна, из-за чего повышается перевариваемость клетчатки, гранулирование вместо брикетирования кормов с длиной частиц 3...5 см, что снижает энергозатраты на 40...50%.

Много нерешённых проблем с потреблением в качестве корма соломы, которая из-за её жёсткости и сухости плохо поедается и скармливание её в натуральном виде малоэффективно и усваивается она лишь на 30...35%. Улучшение поедаемости и переваримости соломы достигается измельчением и смешиванием её с хорошо силосуемыми культурами, воздействием химических веществ, баротермической и электротермохимической обработкой. Последний способ повышает поедаемость и перевариваемость соломы в 1,5...1,7 раз и более при одновременном уничтожении в соломе болезнетворных бактерий и грибов. К сожалению, это важнейшее в области кормоприготовления предложение БАТУ не оценено должным образом и не финансируется для дальнейшей доработки и внедрения в производство.

Известно, что корма, используемые в виде кормосмесей, способствуют увеличению продуктивности на 12...20% и уменьшению их расхода на 10...15%. Кроме того, в кормосмесь можно в большом количестве ввести малоценные грубые корма, которые в чистом виде поедаются неохотно. Вместе с тем, приготовление кормосмесей требует дополнительных

затрат энергии, труда, технического оснащения и др.. Поэтому эффективность использования кормосмесей нужно оценивать не только по росту продуктивности животных, но и по себестоимости конечной продукции.

Таким образом, используя различные кормовые средства в обработанном и натуральном виде, необходимо учитывать окупаемость энергетических затрат продукцией животноводства. Приготовление кормосмесей и обработка малоценных грубых кормов, безусловно, повышает затраты энергии, но если это позволяет получить дополнительную и дешёвую продукцию животноводства, на это идти нужно.

### **ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ПРИГОТОВЛЕНИЯ И РАЗДАЧИ КОРМОВ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ СЕВЕРО-ВОСТОКА**

**Сысуев В.А., член-корреспондент РАСХН, Савиных П.А., канд.  
техн. наук (НИИСХ Северо-Востока)**

В НИИСХ Северо-Востока разработаны принципиально новые энергосберегающие технологии и машины для приготовления и раздачи основных видов кормов любого состояния (грубых - сена, соломы, корнеклубнеплодов, концентрированных - зерна различных культур и других смесей), применяемых в животноводстве.

Решение проблемы измельчения грубых кормов повышенной влажности осуществлено путем создания двухроторного измельчителя молоткового типа с вертикальным вращающимся бункером (рис.1-а). Измельчитель обеспечивает переработку грубых и сочных кормов в широком диапазоне влажности с минимальными энергозатратами. Пропускная способность его составляет до 10 т/ч, при удельных энергозатратах 6,9 кВт-ч/т.

Разработанные кормоприготовительные и измельчающие агрегаты принципиально по-новому решают проблемы приготовления смесей и измельчения сена и соломы независимо от способа их заготовки, т.е. россыпью, в тюках и рулонах различной влажности (корма хранятся в основном под открытым небом). Серийный выпуск агрегатов «Вятка» освоен на Слободском машиностроительном заводе Кировской области, свыше 230 таких машин работает во многих регионах РФ (рис.1-б, г).

Высокоэффективный измельчитель-раздатчик (рис.1-в) совмещает 5 технологических операций: погрузку рулонов, транспортирование,

измельчение и расщепление грубых кормов вдоль волокон, дозирование и раздачу в кормушку или разбрасывание для подстилки. На сегодня в России до 60% грубых кормов заготавливаются в рулонах, а их измельчение и раздачу осуществляется вручную при массе рулона до 500 кг и более. При агрегатировании с тракторами класса 14 кН измельчитель-раздатчик может обслуживать фермы от 50 до 400 голов. Принято решение Минсельхозпрода РФ о необходимости серийного производства установки по программе «Фермер».

Для приготовления двухкомпонентных смесей из грубых кормов и силоса на базе питателя-измельчителя создан смесительный агрегат (рис. 1-д) непрерывного действия с возвратно-поступательным перемещением молотковых роторов. В данной машине совмещено семь технологических процессов и операций. Установка позволяет в 1,5 раза снизить металлоемкость в сравнении с линией грубых кормов и силоса КОПК-15. Пропускная способность агрегата до 28 т/ч, удельные энергозатраты 1,38... 1,50 кВт-ч/т, однородность смешивания 87... 96%.

В условиях Северо-Востока Нечерноземья загрязненность корнеклубнеплодов достигает 20% и более, поэтому, например, при валовом сборе корней в тысячу тонн, с поля увозится и не возвращается 200 тонн плодородного слоя, который после моечных машин сбрасывается в канализацию, обычно не работающую, загрязняя прифермскую территорию и попадая далее в реки и озера.

Применение разработанной машины сухой очистки корнеклубнеплодов (рис. 1-е) полностью исключает использование воды при очистке (0,5 т на тонну корней), что устраняет загрязнение окружающей среды, уменьшает затраты на строительство капитальных обогреваемых помещений и канализационных сооружений. Энергозатраты новой разработки в 3 раза ниже, чем у лучших отечественных аналогов. Машины с пропускной способностью 10 и 18 т/ч работают в ряде хозяйств областей и республик Северо-Восточного региона.

На основе совмещения процессов измельчения и дозирования в одной машине разработан малоэнергоёмкий измельчитель-дозатор корнеклубнеплодов (рис. 1-ж), работающий по принципу скобления. При производительности 9,5 т/ч удельные энергозатраты составляют лишь 1,7 кВт ч/т.

Новые дробилки (рис. 1-з, и), позволяющие измельчать зерно повышенной влажности, что является важным для региона, обеспечивают бесступенчатое регулирование модуля помола (для различных видов животных - крупного рогатого скота, свиней и птиц) и рекомендованы в

производство, как отвечающие лучшим мировым образцам.

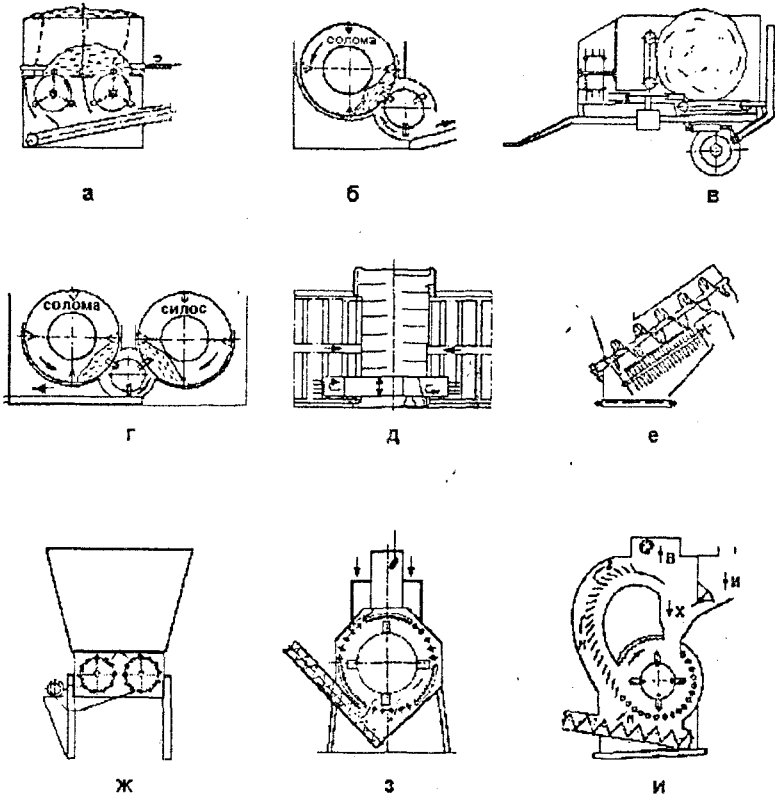


Рис. 1 Схемы разработанных и внедрённых в производство энергосберегающих технических средств: а - измельчитель грубых кормов повышенной влажности; б - измельчитель грубых кормов "Вятка"; в - измельчитель - раздатчик рулонированных грубых кормов; г - измельчитель-смеситель модульного типа; д - смесительная установка; е - машина сухой очистки корнеклубнеплодов; ж - измельчитель - дозатор корнеклубнеплодов; з - дробилка зерна ДЗ-1; и - дробилка зерна ДЗ-6.

Предложенные технические средства приготовления и раздачи

кормов полностью механизуют и частично автоматизируют рабочий процесс с минимальными энергозатратами (на 40 ...60% ниже лучших отечественных и зарубежных аналогов), обеспечивают высокую производительность и необходимое, по зоотребованиям, качество получаемой продукции.

## РЕГИОНАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

**Сысуев В.А., член-корреспондент РАСХН, Мухамадьяров Ф.Ф., канд. техн. наук (НИИСХ Северо-Востока, г.Киров)**

Сельскохозяйственное производство Северо-Востока европейской части России характеризуется высокой вариабельностью урожая сельскохозяйственных культур, зависимостью его количественных и качественных показателей от погодных условий, возрастающими затратами энергии на получение дополнительной единицы продукции, загрязнением окружающей среды и т.д. К основным факторам, лимитирующим земледелие в регионе, относятся неравномерное распределение по территории природных ресурсов, повышенная кислотность почв и высокая склонность их к уплотнению, низкое содержание в почве гумуса и доступных для растений элементов питания. Поэтому одним из главных условий обеспечения устойчивости, энергоэкономичности, рентабельности и экологической безопасности всего аграрного производства является дифференцированное использование местных почвенно-климатических условий, биологических, техногенных и других ресурсов путем адаптивного размещения сельскохозяйственных культур. Агроэкологическое районирование даст возможность рационально разместить культивируемые растения путем уточнения для каждого вида и сорта экологической и энергетической «ниши» и обосновать территории их возделывания, значительно сократить затраты энергии на устранение лимитирующих факторов, сдерживающих развитие растений и их продуктивность, сократить посевные площади с низким значением урожаев при одновременном увеличении вложений техногенной энергии на высокоотзывчивых агроценозах.

Наиболее важным моментом методического плана является выбор критериев и показателей агроэкологического районирования. Главным критерием определен уровень соответствия между экологическими потребностями видов и сортов сельскохозяйственных культур и природными условиями с учетом технологических и экономических ограни-

чений. Основными показателями в зависимости от уровня районирования являются:

на макроуровне - продуктивность естественной растительности и сельскохозяйственных культур;

на мезоуровне — количественные и качественные показатели урожая, его вариабельность, энергоёмкость единицы получаемой продукции;

на микроуровне- прямой учет величины и качества урожая каждого вида и сорта растений на разных производственных участках и факторов природной среды, непосредственно или косвенно влияющих на рост и развитие растений.

Особый акцент при выборе показателей районирования должен быть сделан на экологическую устойчивость растений. Она, как считает А.А. Жученко, является наиболее дефицитной биологической категорией в растениеводстве и в наибольшей степени отражает эволюционную историю видов и лежит в основе макро- и микрогеографического «разделения труда».

Генотипическая изменчивость обусловлена сортовыми, экотипическими особенностями культурных растений, а экологическая - внешними условиями среды. Расчеты статистических характеристик варьирования урожаев сельскохозяйственных культур, по данным инспекции Государственного сортоиспытания Кировской области и Вятской ГСХА, показали, что для ярового ячменя доли генотипической и экологической вариации, от общей фенотипической, находятся на уровне 14 и 86%, а для сортов овса средовая изменчивость достигала величины 90%. Следовательно, районирование сельскохозяйственных территорий по характеру колебания, в большей степени, будет отражать экологические особенности внешней среды.

Основной информационной базой для оценки устойчивости приняты динамические ряды урожайности сельскохозяйственных культур за 11-ти летний период. Выбор этого интервала обусловлен изменениями солнечной активности и возможностью качественных и количественных изменений в земледелии, которые, по мнению А.Н. Ракитникова, происходят с интервалом 10 ... 15 лет. При исследовании динамических рядов урожайности сельскохозяйственных культур важно ограничить влияние на ее колебания факторов, обуславливающих прежде всего различия в уровне интенсивности их возделывания и территориальные различия. Для этого динамические ряды удобно представить в виде отклонений относительно тенденции изменения урожайности, получаемой аналитическим

способом. В этом случае они в большей мере будут отражать реакцию растений на изменения нерегулируемых факторов природной среды.

Отражение пространственной неоднородности природных условий путем установления региональных рубежей сходного варьирования урожайности сельскохозяйственных культур, вызванного неуправляемыми факторами среды, является первым этапом агроэкологического варьирования, называемым констатирующим.

Для уточнения выделившейся сетки районов на основе установления зависимости параметров урожая от ведущих факторов среды разработан биоин-дикационно-дифференцированно-ресурсный метод с использованием математического моделирования и преобразований Грама-Шмидта. Исследованиями выявлена высокая корреляционная связь, устанавливающая зависимость величины урожая и его устойчивости от содержания в почве обменного калия, температурного режима и кислотности почвы. Основным преимуществом этого метода является возможность проведения научно-обоснованной высокоадресной и целенаправленной оптимизации среды обитания за счет техногенных факторов.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ТЕЧЕНИЙ В ПОМЕЩЕНИИ ФЕРМЫ

Т.В. Гулько (ЧГАУ, Россия)

Для решения задачи о поле скоростей в каком-либо объеме, в том числе и в помещении фермы можно обратиться к методу электрогидродинамической аналогии.

Этот метод основан на формальной аналогии между потенциальным течением жидкости (например воздуха) и течением электрического тока. Плоское потенциальное установившееся течение несжимаемой жидкости описывается уравнением

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} = 0, \quad (1)$$

где  $\varphi$  – потенциал скоростей.

Связь между функцией потенциала скорости  $\varphi$  и функцией тока  $\Psi$  определяется соотношениями

$$\frac{\partial \varphi}{\partial x} = \frac{\partial \psi}{\partial y}; \quad \frac{\partial \varphi}{\partial y} = - \frac{\partial \psi}{\partial x} \quad (2)$$

Применение в качестве независимой переменной функции тока  $\Psi$  вызвано тем, что при стационарном движении идеальных газов вдоль линии тока, т.е. при неизменном значении  $\Psi$ , сохраняются такие важные характеристики потока как полный напор в несжимаемой жидкости и энтальпия в сжимаемой среде.

Семейство эквипотенциальных линий и линий тока ( $\varphi = const$  и  $\psi = const$ ) образует сетку плоского потенциального течения. Нахождение гидродинамической сетки и представляет собой решение гармонической функции Лапласа.

Один из способов решения задачи о плоском потенциальном течении несжимаемой жидкости заключается в численном решении краевых задач для уравнения Лапласа. Этот метод позволяет определить искомые величины, например скорости потока во всей области течения. Используя численные методы решения, в каждом приближении задачи определения потенциала скорости  $\varphi(x,y)$  или функции тока  $\psi(x,y)$  сводится к задаче Дирихле или к задаче Неймана. Такой расчет требует немалого времени и поэтому следует отдавать предпочтение методам электродинамической аналогии. Моделирование на электропроводящей бумаге позволяет с наименьшими затратами времени и средств дать решение задачи при различных граничных условиях.

Аналоги между электрическим полем и полем скоростей потока воздуха следующие:

- напор воздушного потока – электрический потенциал;
- вектор скорости воздушного потока – вектор плотности тока;
- расход воздуха – сила тока.

Достаточным условием подобия является геометрическое подобие объекта и модели, а также подобие граничных условий.

Геометрическое подобие достигается геометрическим масштабом модели.

Для достижения подобия граничных условий модель и натура должны быть связаны уравнением

$$U = ap + b, \quad (3)$$

где  $U, p$  – параметры – аналоги модели и натуре, а именно электрический потенциал и давление;

$a, b$  – постоянные коэффициенты.

Граничные условия таковы:

$$U = const; \quad \frac{\partial U}{\partial n} = 0 \quad (4)$$

Изучение поля скоростей в помещении в рамках потенциального потока, рассматривалось в поперечном сечении фермы.

Методом электрогидродинамической аналогии получено плоскопараллельное поле двух функций потенциала и функции тока.

Полученные методом аналогии относительные значения скоростей движения воздуха внутри помещения были использованы для построения изотоп в помещении. По ним можно судить о закономерностях изменения скорости воздушного потока в помещении. На рис. 1. и 2. приведены графики изменения скорости движения воздуха в помещениях при системе вентиляции «сверху – вниз». На схеме можно также заметить зоны расположения застоя и зоны скоростей движения воздушного потока.

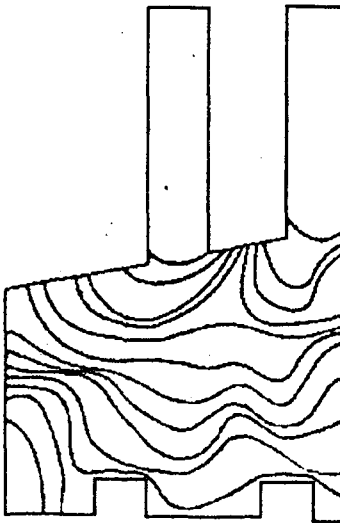


Рис. 1

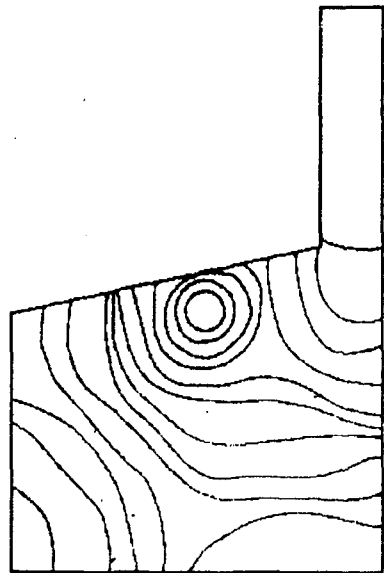


Рис. 2

Метод аналогии дает ценную информацию о воздушных потоках. Однако эту информацию следует рассматривать как первое приближение. Более подробные и точные данные можно получать методами визуализации потока в помещении

## МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ВЕНТИЛИРУЕМЫХ ВОЗДУШНЫХ ПРОСЛОЕК В ОГРАЖДЕНИЯХ

Т.В. Гулько (ЧГАУ, Россия)

Вентилируемые прослойки в ограждающих конструкциях, как правило, строят вертикальными или горизонтальными. Участки для подвода и отвода воздуха перпендикулярны к прослойке. Подобная конструкция воздушных прослоек несовершенна как в гидродинамическом, так и в тепловом отношении. Методами визуализации воздушных потоков можно изучать картину течения в прослойке, выявить отрывные и другие отрицательные стороны структуры потока и, следовательно, определить форму прослойки, удовлетворяющую требованиям гидродинамики потока в каналах.

В настоящих исследованиях был использован оптический метод визуализации, как наиболее наглядный и прогрессивный в техническом отношении. Опыты по изучению структуры потока производятся при помощи прибора ИАБ-458.

На рис. 1. приведен вид потока, сделанный по тенеграмме для наиболее распространенной конструкции, т.е. для случая, когда подводящий и отводящий участки перпендикулярны к направлению движения воздуха в прослойке. Из полученной картины течения следует, что при поступлении воздуха в вентиляруемую прослойку происходит отрыв потока, который направляется к противоположной стенке прослойки.

При выходе потока из прослойки в отводящий участок наблюдается аналогичная картина - отрыв потока при изменении направления течения. Вследствие отрывных явлений небольшая часть сечения прослойки охвачена воздушным потоком. Отрыв потока сопровождается вихревыми движениями, которые особо наблюдаются в местах, не охваченных основным потоком.

В прослойках такой конструкции расход воздуха существенно меньше теоретически возможного для заданного сечения прослойки.

Вследствие этого уменьшается положительный тепловой эффект, характерный для вентилируемых прослоек. Кроме того, из-за отрывных явлений, вихревых движений, удара потока о стенку растут гидродинамические потери и, следовательно, увеличивается расход энергии на перемещение воздуха.

При такой конструкции также имеют место отрывные явления, но они менее интенсивные, чем в предыдущем случае. Проточная часть прослойки в большей степени охвачена воздушным потоком. В гидродинамическом и тепловом отношении такая конструкция прослойки является более удачной.

Если сделать прослойку наклонной, то переходы от приводящего и отводящего участков будут более плавными. Это приведет к улучшению течения в прослойке. Из рисунка, сделанного по фотоснимку (рис. 3) следует, что поток фактически полностью заполняет все пространство прослойки. Такая конструкция характеризуется высокими показателями в гидродинамическом и тепловом отношении. Даже небольшой наклон прослойки приводит к существенному улучшению структуры потока.

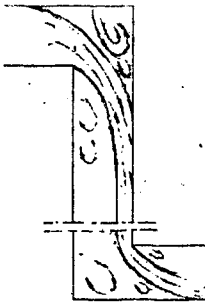


Рис.1

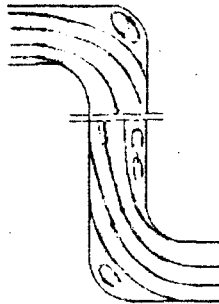


Рис.2

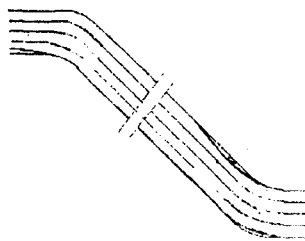


Рис.3

Последние две конструкции, в зависимости от конкретных условий их размещения в ограждениях, следует рекомендовать при сооружении вентилируемых прослоек.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВЛАЖНОСТНОГО РЕЖИМА ТЕПЛОИЗОЛИРОВАННЫХ ЧЕРДАЧНЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ЗДАНИЙ

Н.Т. Лут, А.В. Мищенко, А.П. Олейник  
(Национальный аграрный университет, Украина)

Уменьшение тепловых потерь через внешние ограждающие конструкции обеспечивает их эффективная теплозащита, которая в условиях сельского хозяйства возможна с использованием для чердачных перекрытий в качестве теплоизоляционных материалов отходов сельскохозяйственного производства.

Объектом экспериментальных исследований служили коровники в селе Лаанэ и телятник в селе Ребасте (Эстония), где теплоизоляционными материалами служили древесные опилки, фрезерный торф и коistra льна. Площадь чердачного перекрытия была разделена на 36 экспериментальных квадратов с размерами 1.6x2.5 м. На квадратах утеплители уложены с пароизоляцией из рубероида на деревянном настиле перекрытия из досок в разбежку или без пароизоляции.

На квадратах 1...9 и 28...36 были уложены условно сухие утеплители: древесные опилки с влажностью 20...25%; коistra льна -15...20% и фрезерный торф -60...70%.

Для измерения температуры по глубине слоя теплоизоляции и на поверхности настила были использованы терморезисторы типа СТЗ-19, устанавливаемые с фиксированным шагом на деревянной штанге сечением 5x5 мм. Полученный таким способом термозонд легко погружается в слой рыхлого утепления, не перемешивая его по вертикали.

Тепловые потоки измерялись при помощи контактного тепломера ИТП-11, предназначенного для эксплуатации при температуре окружающего воздуха от -30 до +30 °С и имеющего пределы измерения плотности теплового потока от 0 до 50 и от 0 до 250 Вт/м<sup>2</sup>.

Для измерения и регистрации относительной влажности использовался гигрограф М-21А.

Динамика высыхания коistry льна для перекрытия с пароизоляцией (данные получены для квадрата 12) и без пароизоляции (квадрат 21) приведены на рис.1. Аналогичные опыты были проведены и для других теплоизоляционных материалов. При проведении экспериментов все измерения проводились десятикратно с последующим усреднением.

Эффективным средством повышения долговечности наружных

ограждений является пеноизоляция вентилируемых прослоек, обеспечивающих просушиванием материалов ограждений. Натурные исследования вентилируемых ограждающих конструкций реконструируемых зданий показали значительное снижение влагосодержания материала ограждений. Кроме того, вентилируемые прослойки способствуют уменьшению тепловых потерь из помещения. Положительный эффект такой вентиляции заключается в том, что наружный холодный воздух, проходя через *ограждение* (в данном случае перекрытия) нагревается, утилизируя уходящую теплоту из помещения.

При формулировании задачи тепловлагоденоса примем, что течение воздуха в прослойке является стационарным. Уравнение теплового баланса воздушной прослойки в пределах  $dx$  запишется следующим образом:

$$dQ_1 + dQ_2 = dQ_3, \quad (1)$$

где  $dQ_1$  и  $dQ_2$  - теплота, передаваемая через внутреннюю и внешнюю часть перекрытия;  $dQ_3$  - количество теплоты на нагрев вентилируемого воздуха. При этом

$$dQ_1 = k_b (t_b - t) dx; \quad (2)$$

$$dQ_2 = k_r (t_r - t) dx, \quad (3)$$

где  $k_b$  - коэффициент теплопередачи от помещения с температурой  $t_b$  к прослойке;  $k_r$  - коэффициент теплопередачи от прослойки к воздуху в чердачном помещении с температурой  $t_r$ .

$$dQ_3 = c_b j dt \quad (4)$$

Здесь  $j$  - массовый расход воздуха, кг/ч;  $c_b$  - удельная теплоёмкость воздуха.

По выполненным исследованиям можно сделать выводы:

1) при наличии пароизоляции температура деревянного утеплителя на 7% ниже, чем без пароизоляции; это объясняется тем, что пароизоляция приводит к уменьшению воздушных и тепловых потоков через слои ограждения и изоляции перекрытия; по этой же причине величина тепловых потоков на участках перекрытий с пароизоляцией на 18...48% меньше, чем на участках без пароизоляции.

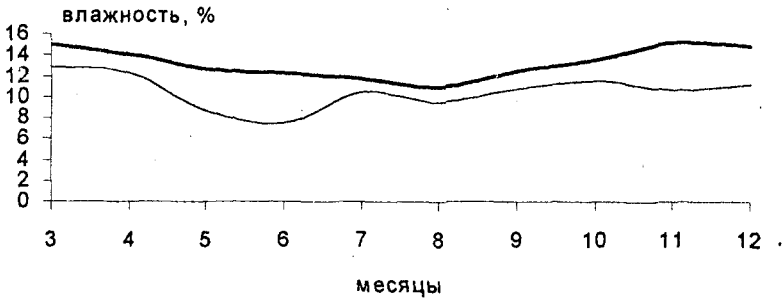


Рис. 1. Влажность (%) кофры льна в условно сухом слое на чердачном перекрытии здания молодняка крупного рогатого скота в селе Ребасте (слой утеплителя 40...50см, верхняя кривая - без пароизоляции, нижняя - с пароизоляцией).

2) вентилируемые прослойки могут значительно улучшить тепловые и влажностные режимы ограждений перекрытий.

## ЭФФЕКТИВНЫЕ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ РЕПРОДУКТИВНОСТИ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ

А. Г. Козлов, к.б.н. (ВГСХА, г. Киров)

В современный период переустройства общества, повышения цен на продукты питания, требующего, тем не менее, повседневного удовлетворения потребностей людей в продуктах животного происхождения возникает необходимость разработки новых моделей энергосберегающих процессов и технологий, необходимых для создания долгосрочных научных прогнозов, позволяющих принимать оптимальные решения в такой области сельского хозяйства как животноводство. При этом увеличение производства продуктов животноводства не возможно без интенсификации самой отрасли животноводства.

Мероприятия по интенсификации в животноводстве прежде всего должны быть направлены на биологический процесс воспроизводства

животных. Интенсификация воспроизводства стада в свою очередь сдерживается наличием большого количества бесплодных животных. В настоящее время эта проблема стоит очень остро, так как экономический ущерб от бесплодия животных превышает потери, наносимые животноводству всеми заразными и незаразными болезнями вместе взятыми; затраты на производство единицы продукции животноводства в связи с недополучением приплода и молока возрастают во много раз.

Управление биологическими процессами, ставшее возможным благодаря современным биорегуляторам, позволяет проводить мероприятия по обложению эволюции репродуктивных процессов с технологическими.

В современных условиях ведения животноводства на основе промышленной технологии производства молока, когда животные вовлечены в круглогодичный ритмично-поточный производственный процесс с привязным содержанием, силосно-концентратным типом кормления и плотной постановкой у большинства из них возникают нарушения воспроизводительных способностей.

Изменения воспроизводительных функций животных проявляются ослаблением образования гормонов в яичниках, снижением гормональной активности гипофиза и нарушением равновесия при секреции гормонов передней доли гипофиза. В связи с этим у коров наблюдаются расстройства полового цикла, низкая оплодотворяемость при многократных осеменениях.

При плохом кормлении, содержании и уходе за коровами в период стельности и после отёла, отсутствии моциона, что случается довольно часто в условиях промышленных комплексов, инволюции половых органов могут затягиваться и тогда возникают различные осложнения.

В настоящее время всё больше исследователей приходят к выводу, что наступление очередной охоты у осеменённых коров в сроки, превышающие длительность овуляторного цикла, можно считать результатом ранней эмбриональной смертности. Отсюда необходимо изыскивать методы сохранения здоровья, регуляции, восстановления и повышения воспроизводительных функций у коров с тем, чтобы применить их на животных с физиологическими отклонениями, особенно в критические периоды эмбриогенеза.

С целью предотвращения гибели ранних эмбрионов изучена эффективность применения хорионического гонадотропина человека (ХГЧ) на коровах чёрно-пёстрой породы, содержащихся в стойловый период на комплексе колхоза «Заря» Слободского района Кировской области.

Хорионический гонадотропин, близкий по своему действию к лю-

теинизирующему гормону, способствуют развитию и стимуляции функции желтого тела.

Данный препарат применяли на коровах не оплодотворяющихся при искусственном осеменении длительное время. С целью повышения оплодотворяемости и сокращения сервис - периода первой опытной группе /n=10/ ХГЧ вводили на девятый-шестнадцатый день после осеменения внутримышечно однократно в дозе 2000 ЕД. Контролем служили животные /n=10/ с аналогичными признаками, которым данный препарат не вводился. По результатам проведённых исследований применение ХГЧ способствовало увеличению стельности у коров первой опытной группы по сравнению с контролем на 30%, уменьшению на 0,5 индекса осеменения и сокращению сервис-периода на 43 дня.

С целью профилактики гибели ранних эмбрионов изучали эффективность применения ХГЧ в критические периоды эмбриогенеза на коровах второй опытной группы /n=23/, не имеющих патологии половых органов, однако у многих из которых наблюдался удлинённый ( до 25-35 дней ) половой цикл и неоднократные осеменения.

Данный препарат использовался на 7-16 день после осеменения внутримышечно однократно в дозе 2000 ЕД. Контролем служили животные /n=23/, подобранные по принципу аналогов, на которых препарат не применялся.

В группе животных, которым вводился ХГЧ, число стельных было равно 96%, сервис-период составил 103 дня, а индекс осеменения 2,7, соответственно в контроле - 68%, 142 дня и 3,3.

Исходя из результатов исследований во второй опытной группе коров по сравнению с контролем наблюдали повышение оплодотворяемости на 27%, уменьшение индекса осеменения на 0,6 и сокращение сервис-периода на 39 дней.

Введение ХГЧ в дозе 2000 ЕД на 7-16 день после искусственного осеменения коровам, у которых имеются подозрения на эмбриональную смертность оказывает положительный эффект на воспроизводительские функции коров. При этом у животных в среднем на 28,5% увеличивается стельность, на 0,6 уменьшается индекс осеменения и на 41 день сокращается сервис-период.

В условиях промышленных комплексов необходимо обращать внимание на воспроизводительные функции животных в постнатальный период и период раннего эмбриогенеза с тем, чтобы повысить репродуктивность, создать условия для получения здорового приплода и хорошей продуктивности.

Предложенные биотехнологические способы позволяют интенсифицировать воспроизводство, открывающее путь к повышению продуктивности и к снижению затрат на получение животноводческой продукции до минимальных.

## ЭЛЕКТРООЧИСТКА ВОЗДУХА В ПОМЕЩЕНИИ

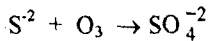
Н. А. Глущенко - д.т.н., проф., Л. Ф. Глущенко - д.т.н., проф.  
(Новгород)

Нами сделана попытка разработать способ и устройства для использования отработанного воздуха при вентиляции птицеводческих помещений. Очищаемый воздух из птичника содержал следующие компоненты ( $\text{г/м}^3$ ): сероводорода - до 0,15; аммиака - до 14; пыли (в основном органического происхождения) - до 14; различных соединений (меркантанов, индола, скатола и других) - до 0,2; метана - до 0,1.

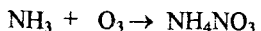
Для интенсивного окисления основных компонентов очищенный воздух смешивали с озонированным. Для этих целей была создана озонаторная установка. Основным методом получения озона в данном устройстве является его синтез в барьерном разряде. Он основан на диссоциации молекул кислорода под воздействием энергии электрического разряда в диэлектрическом промежутке. Образующийся в процессе диссоциации атомарный кислород с молекулой кислорода в присутствии любой частицы (кислород, азот и др.), превращается в озон, который, реагируя с атомами кислорода, рекомбинируется в молекулярный кислород. Получение озона в электрическом (барьерном) разряде осуществляется в специальном генераторе, который состоит из 2 электродов и диэлектрика. Между электродами, разделенными диэлектриком, имеется зазор 2-3 мм, через который продувается электроактивный воздух, а на электроды подается переменный ток высокого напряжения (10-20 кВ).

Смесь очищаемого и озонированного воздуха подавали в устройство (абсорбционную колонку), в котором она пропусклась через раствор солей (карбонатов, нитратов, сульфатов).

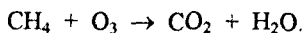
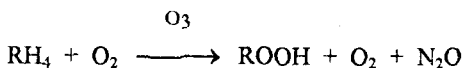
Под воздействием озона в смесительном устройстве и абсорбционной колонке происходят реакции с основными загрязнителями ион серы (из сероводорода, меркаптанов) окисляются до сульфатов:



Аммиак окисляется до нитратов:



Органические соединения окисляются до кислот и частично до углекислоты:



Сульфаты, нитраты, углекислота и органические кислоты поглощаются промывочным раствором. Для усиления поглощения промывочный раствор обогащен солями аммония (до 14%).

При добавке электроозонированного воздуха 0,01 м<sup>3</sup> на один м<sup>3</sup> очищаемого воздуха на первой ступени (содержание озона составляло 11,3 г/м<sup>3</sup>) в очищенном воздухе содержалось аммиака 0,004 г/м<sup>3</sup>, сероводорода 0,0002 г/м<sup>3</sup>, углекислоты 1 г/м<sup>3</sup>, то есть менее предельно допустимых концентраций.

Перед подачей в помещение воздух дополнительно дегазировали в специальном контактном аппарате, что исключало возможность попадания озона и полностью дезодорировало очищенный воздух.

Таким образом, применение электроочистки воздуха (с добавлением озона) позволяет использовать очищенный воздух в замкнутом цикле вентиляции помещения (на примере птичника) сократить расход тепла на подогрев воздуха, утилизировать вредные примеси, полностью предотвратить загрязнение окружающей среды.

## ОПТИМАЛЬНАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРОЙ В ПТИЧНИКЕ

В.Ф. Лысенко, к. т. н., доцент,  
В.Л. Ботвин (НАУ)

Широкое использование в производстве автоматических систем управления предъявляет повышенные требования к их точности, быстродействию, экономичности при ограниченных ресурсах. Существующие промышленные системы автоматики (позиционные, линейные, импульсные) при условии использования классических подходов к определению параметров их настройки - энергозатратны. Один из методов решения

проблемы - использование оптимальных систем.

Термины «оптимальная система, оптимальный регулятор» используются в узком понимании, когда система автоматического управления оценивается только качеством динамических процессов, при этом критерием качества выступает интегральный показатель качества.

Систему автоматического управления микроклиматом в птичнике целесообразно оптимизировать за квадратическим функционалом (1). В нашем случае функционал - сумма квадратов отклонения температуры воздуха в птичнике от заданной:

$$J = \int_0^{\infty} (q_{11} \cdot x_1^2 + q_{22} \cdot x_2^2 + u^2) \cdot dt, \quad (1)$$

где  $J$  - функционал, который необходимо минимизировать;  $q_{11}$ ,  $q_{22}$  - весовые коэффициенты;  $u$  - параметр управляющего воздействия.

Рассмотрим метод настройки регулятора для системы, которая описывается уравнением (2).

$$(T_1 \cdot T_2) \cdot \frac{d^2 y}{dt^2} + (T_1 + T_2) \cdot \frac{dy}{dt} + y = K \cdot u, \quad (2)$$

где  $u = C_1 x_1 + C_2 x_2$  - закон оптимального управления, который нужно синтезировать;  $C_1$ ,  $C_2$  - коэффициенты матрицы  $C$ ;  $K_0$  - коэффициент усиления.

Параметры настройки оптимального регулятора можно найти, решив уравнение Риккати:

$$P \cdot A + A \cdot P - P \cdot B \cdot V \cdot P + Q = 0, \quad (3)$$

где  $P$  - матрица ( $n \times n$ ), которая является решением данного уравнения;  $A'$  - транспонированная матрица  $A$ ;  $B'$  - транспонированная матрица  $B$ ;  $Q$  - матрица весовых коэффициентов.

Уравнение (2) можно представить в виде:

$$\ddot{y} + a_{22} \cdot \dot{y} + a_{12} \cdot y = b_{21} \cdot u, \quad (4)$$

где  $a_{22} = -(T_1 + T_2)/(T_1 T_2)$ ,  $a_{12} = 1/(T_1 T_2)$  - коэффициенты матрицы  $A$ .

Понизив порядок дифференциального уравнения (4) и применив ряд математических выкладок, получим передаточную функцию оптимального регулятора:

$$W_{\text{РП}}(p) = \frac{b_{21} \cdot C_1 \cdot (1 + \frac{C_2}{C_1 \cdot a_{12}} \cdot p)}{K_o} \quad (5)$$

### ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРГАЮЩИХ РЕГУЛИРУЕМЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ В УСЛОВИЯХ РЫНОЧНОЙ ЭКОНОМИКИ

Буга А.В., аспирант Санкт-Петербургского СХИ,  
Шаповалова Н.М., Лещенко А.И., стажеры БГПА

В настоящее время при росте цен на нефть, газ и уголь, стоимость электрической и тепловой энергии растет более высокими темпами. По прогнозам отечественных и зарубежных специалистов рост цен на энергоресурсы в ближайшие годы будет продолжаться. При эффективной политике энергосбережения в экономически развитых странах становится вопрос о распределении капитальных вложений между установками производящими энергию и мерами энергосбережения. Опыт ученых США, Канады и Германии показывает, что в настоящее время стоимость экономии 1 кВт·ч электроэнергии в два раза меньше себестоимости аналогичной величины ее нового производства и распределения, то есть часто инвестиции на энергосберегающие мероприятия оказываются более предпочтительными. При этом международные эксперты учитывают, что энергосбережение одновременно обеспечивает и защиту окружающей среды. Более половины всей производимой в мире электроэнергии потребляют асинхронные электроприводы (ЭП), в связи с чем повышение их экономичности играет важную роль в решении проблемы экономии электроэнергии. Потенциальные резервы экономии асинхронного ЭП в сельском хозяйстве нашей республики оцениваются 30-50%. Основной

путь экономии электроэнергии в этих случаях, по мнению специалистов, максимально возможное повышение КПД технологических процессов при использовании ЭП с регулируемой частотой вращения (ЧВ) для исполнительных механизмов, производительность которых зависит от изменения ЧВ.

Регулируемые ЭП насосов, вентиляторов, компрессоров выполняются либо с регуляторами частоты вращения двигателя по системе ПЧ-АД (преобразователь частоты – асинхронный двигатель), либо с регулятором напряжения, то есть введением между сетью и двигателем дополнительного устройства — регулятора напряжения, изменяющего напряжение на двигателе в функции нагрузки.

Наиболее эффективной и экономичной из этих двух систем регулирования за рубежом признана система ПЧ-АД, активно внедряемая в насосных, вентиляционных и компрессорных установках.

Производство регулируемых ЭП в экономически развитых странах растет вместе с ростом валового национального дохода этих государств, при этом увеличивается производство регулируемых ЭП переменного тока средней и малой мощности, что объясняется усиленным вниманием к эффективности использования ЭП с точки зрения экономии электроэнергии и уменьшения эксплуатационных расходов. Относительное удешевление регулируемых ЭП переменного тока связано с тем, что стоимость полупроводниковых преобразователей частоты (ПЧ) уменьшается благодаря интегральной технологии и использованию микропроцессорного управления.

Эволюцию стоимости этих ЭП можно проследить по данным фирмы General Electric (США).

График построен (рис. 1), исходя из предположения, что стоимость двигателей переменного тока будет ежегодно увеличиваться на 5%, в то время как стоимость электронной части ЭП будет ежегодно уменьшаться на 10%. График носит обобщенный характер, конкретные сроки получения стоимости ЭП различной мощности и различного назначения будут разными.

Бурное развитие преобразовательной технологии для ЭП переменного тока тесно связано с не менее бурным развитием производства силовых полупроводниковых приборов. Начало этому было положено появлением тиристоров. После появления достаточно мощных IGBT-транзисторов и GTO-тиристоров производство ПЧ для питания двигателей переменного тока стало экономически обоснованным в больших масштабах.

За последние 15–20 лет стоимость частотно-регулируемых асин-

хронных ЭП, по материалам зарубежных источников, снизилась более чем в 8 раз благодаря снижению стоимости инверторных транзисторов и остальных комплектующих (конденсаторов, трансформаторно-дрессельного оборудования, элементов слаботочной электроники и т.д.), а также совершенствованию технологии производства ПЧ. Аналогичные тенденции имеют место и для ЭП на базе GTO-тиристоров и IGBT-транзисторов.



Рис.1 Структура стоимости ЭП переменного тока

По мнению зарубежных специалистов, в ближайшее десятилетие именно GTO-тиристоры и IGBT-транзисторы будут определять технический уровень наиболее сложных частотно регулируемых асинхронных ЭП.

На новополоцком заводе «Измеритель» и могилевском заводе «Зенит» начато производство частотно-регулируемых асинхронных ЭП, которые по многим параметрам не уступают зарубежным аналогам.

**Выводы.** 1. Проведение активной, целенаправленной энергосберегающей политики в сельском хозяйстве экономически развитых стран насчитывает уже десятилетия и работы в этом направлении активно продолжаются.

2. Использование регулируемых ЭП в насосных и вентиляторных установках обеспечивает экономию электроэнергии от 10 до 70%; позволяет

усовершенствовать технологические процессы; повысить надежность и экономичность работы этих установок.

3. В сельскохозяйственном производстве экономически развитых стран переходит к замене нерегулируемых ЭП насосных и вентиляторных установок частотно-регулируемыми на базе автономных инверторов тока и напряжения.

4. Следует наладить выпуск отечественных асинхронных двигателей, предназначенных для сельскохозяйственного производства в комплекте с преобразователями частоты с микропроцессорным управлением, причем целесообразно в таком приводе совмещать регулирование частоты с защитой и диагностикой причин неисправностей.

5. Наиболее перспективно применение регулируемых ЭП в сельскохозяйственном производстве Республики Беларусь в ближайшее время - в системах водоснабжения и водоотведения, в птицеводстве, на свиноводческих комплексах, в компрессорных установках и т.д.

## **СНИЖЕНИЕ ЭНЕРГОЗАТРАТ В МОЛОЧНОМ ЖИВОТНОВОДСТВЕ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**А.В. Крутов, к.т.н., А.Н. Кременевский, Е.А. Крутова (БАТУ)**

В 1997 году в колхозах и госхозах Беларуси произведено около 3-х миллионов тонн молока. Средний удой молока от одной коровы составил 2356 кг против 3220 кг в 1990 г. За последние 7 лет на сельхозпредприятиях республики поголовье коров снизилось почти на четверть и в настоящее время составляет 1284500 коров. Расход кормов на 1 ц молока за этот период увеличился на 30 кг и составляет 160 кг кормовых единиц. При этом доля концентрированных кормов остается на одном и том же уровне - 0,3 ц к.е. на 1 ц произведенного молока. Для получения единицы продукции в республике расходуется значительно больше труда, топлива, электроэнергии, кормов и других ресурсов по сравнению с передовыми странами мира (США, ФРГ, Канада, Франция).

Одной из главных причин такого положения является несбалансированность кормов по белку, ухудшение племенной работы и другие причины, снижающие продуктивность скота. Надой молока не менее 3500- 4000 кг на корову в год позволяют сделать энергозатраты более оптимальными.

Примерно десять лет назад для республики, как и для СССР в целом,

не стояла так остро проблема энергоресурсов. В тот период решались в основном задачи механизации технологических процессов, снижения трудовых затрат даже в ущерб такого показателя, как энергоемкость продукции.

В докладе рассматриваются энергозатраты на содержание дойного стада без учета затрат на кормопроизводство, так как это весьма самостоятельная отрасль и содержит свои специфические резервы энергосбережения. Проанализированы энергозатраты по всем основным технологическим процессам производства молока и сопутствующим этому работам:

- поение;
- приготовление кормов;
- доение и первичная обработка молока;
- микроклимат;
- уборка навоза и приготовление компостов;
- ветеринарное и санитарное обеспечение;
- воспроизводство стада;
- погрузочно-разгрузочные и транспортные работы.

Самым энергоемким процессом в молочном животноводстве является обеспечение микроклимата, на что уходит до 60% энергозатрат. Однако, если учесть, что системы микроклимата в большинстве случаев не внедрены в полном объеме, как правило, включают в себя лишь обеспечение воздухообмена без кондиционирования воздуха, включение вентиляции не автоматизировано, то можно фактические затраты на вентиляцию помещений принять не более 20-30%. С учетом вышеизложенного, наиболее энергоемким остается доение и первичная обработка молока. На эти процессы приходится 50-55% энергозатрат. Улучшение эксплуатации и обслуживания вакуумных установок может обеспечить снижение расхода электроэнергии на дойку со 100 кВт.ч/гол в год до 35-40 кВт.ч/гол в год. Дальнейшую экономию энергоресурсов можно обеспечить путем разработки типоразмерного ряда и освоения производства высокопроизводительных автоматизированных доильных установок типа «Тандем», «Елочка» с использованием микропроцессорной техники для обеспечения коров концентрированными кормами с учетом их продуктивности.

Одним из энергоемких процессов является и первичная обработка молока. Здесь снижение энергозатрат возможно путем использования естественного холода. Так, по данным БелНИИМСХ, установка для сезонного охлаждения молока ОМС-12 за сезон использования (октябрь-

апрель) на молочной ферме на 200 голов экономит до 7000 кВт·ч энергии. В свою очередь это позволяет снизить экологически вредные последствия от воздействия фреона на атмосферу. Возможны и другие способы охлаждения, например, путем использования низкотемпературного тепла парного молока для подогрева воды на хозяйственные нужды, идущей на поение животных, применяя тепловые насосы. Подсчитано, что охлаждение 1 л парного молока до 4 °С с помощью теплового насоса обеспечивает нагрев 0,6-0,8 л воды до 55 °С.

Значительные энергозатраты в молочном животноводстве обусловлены имеющимися место большими теплопотерями через ограждения и вентиляцию помещений. Известно, что по этой причине, например, на ферме с поголовьем 200 коров, выбрасывается до 1400 кДж тепла. Применение теплообменных утилизаторов позволит экономить до 30-40 процентов тепла, а теплоизоляция потолочных перекрытий, стен - еще на столько же.

В летний период следует на фермах использовать гелиоподогреватели. Подтверждено, что за сезон (апрель-октябрь) установка ГВП-20 экономит около 2 т усл. топлива, на 23 % снижает расход энергии на горячее водоснабжение фермы.

Немаловажный фактор экономии энергоресурсов - удаленность пастьбищ от молочно-товарных ферм. Доказано практикой, что за каждый километр пути надой коровы уменьшается на 0,5 литра.

Эффективность комплекса работ, направленных на решение задачи экономии энергоресурсов, можно оценить, применяя методику, предложенную А.И Кремером при анализе энергоиспользования на промышленных предприятиях.

Коэффициент эффективности энергосберегающих мероприятий:

$$K_3 = \sum_{i=1}^n a_i \beta_i,$$

где  $\beta_i = \Delta \mathcal{E}_i / \mathcal{E}_c$  - коэффициент эффекта  $i$ -го мероприятия по экономии энергоресурсов;

$\mathcal{E}_i$  - суммарный расход энергоресурса в пересчете на условное топливо до внедрения мероприятий;

$\Delta \mathcal{E}_i$  - возможная экономия суммарного энергоресурса при внедрении  $i$ -го мероприятия;

$$a_i = R_i / \sum_{i=1}^n R_i - \text{весовой коэффициент } i\text{-го мероприятия};$$

$R_i$  - общий ранг  $i$ -го мероприятия;

$i, n$  - виды и число мероприятий.

Общие и частные ранжировки составляются исходя из условия: чем важнее мероприятие, тем больше номер места, занимаемого мероприятием в ранжировке. Общий ранг находится из выражения

$$R_i = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m r_{ij},$$

где  $r_{ij}$  - частный ранг  $i$ -го мероприятия в ряду ранжирования по  $j$ -му показателю-признаку;  $j, m$  - виды и число показателей признаков.

В качестве показателей-признаков могут быть использованы коэффициенты:

- степень снижения себестоимости молока (отношение себестоимости после внедрения мероприятия к себестоимости до его внедрения);
- уровень изменения удельного расхода энергоресурсов на производство 1 ц молока (отношение удельных расходов после и до внедрения мероприятия);
- коэффициент энергоемкости установки или мероприятия (отношение расхода энергоресурса установкой или требуемого на внедряемое мероприятие ко всему расходу энергоресурсов по молочно-товарной ферме;
- удельный вес затрат на мероприятие (отношение затрат на мероприятие к затратам на все мероприятия);
- коэффициент изменения приборного учета (отношение числа дополнительно установленных приборов при внедрении мероприятия к числу приборов до его внедрения).

Приведенный выше перечень показателей-признаков не является исчерпывающим и может быть расширен или сужен.

Вывод. Увеличение энергоемкости производства молока вызвано экономическими условиями, сложившимися в республике, и не обеспечивает снижение его трудоемкости. Уменьшение энергопотребления на МТФ и повышение уровня механизации и автоматизации молочного животноводства является, по-прежнему, одной из актуальных задач сельскохозяйственного производства.

## ПОВЫШЕНИЕ ЖИЗНЕСПОСОБНОСТИ ТЕЛЯТ И ПОРОСЯТ ПРИ ИНТЕНСИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ВЫРАЩИВАНИЯ

Милашко В.В., Микуляч Е.Л. (БСХА)

Опыт эксплуатации животноводческих комплексов свидетельствует о наличии заболеваемости и высокого отхода новорожденных телят и поросят. Широкое распространение в последние годы получили заболевания желудочно-кишечного тракта - гастроэнтериты, в основном алиментарного происхождения.

Задача снижения заболеваемости и падежа новорожденного молодняка не является простой и прежде всего потому, что имеется слишком много причин, условий и факторов, влияющих на гибель телят и поросят. Низкая результативность мер борьбы с незаразными болезнями в значительной мере связана с тем, что причины желудочно-кишечных заболеваний молодняка остаются еще недостаточно изученными.

Новым подходом к проблеме регуляции нарушенных функций организма при отъемном стрессе, гастроэнтеральной патологии является изучение морфологических изменений в пищеварительной системе. Это позволит создать и рационально применять лекарственные средства, способствующие снижению влияния вредных факторов на организм. Во многих случаях стресс и нарушение кормления провоцируют возникновение заболеваний, прежде всего пищеварительной системы.

Одним из ответственных моментов в жизни новорожденных животных являются молочный период и отъемный стресс. Исходя из вышеизложенного нами изучены морфоцитохимические перестройки в желудочно-кишечном тракте телят и поросят в период отъема и разработаны лечебно-профилактические препараты.

Проведенные электронномикроскопические исследования сычуга телят при патологии показали, что наблюдается деформация желез, разрыв апикальной части мембран эпителиальных клеток. Снижается количество микроворсинок, митохондрий в цитоплазме клеток. Свободные поверхности эпителиоцитов имеют волнистые контуры. Отдельные складки образуют короткие, высотой 0,2-0,4 мкм и беспорядочно расположенные пальцевидные выросты типа микроворсинок.

Соприкасающиеся железы образуют межклеточные контакты типа десмосом. Эндоплазматическая сеть представлена узкой системой канальцев и расширенных цистерн. Полости сети заполнены рыхлым аморфным веществом. Содержание рибосом на мембранах эндоплазматической

сети снижено. Цитоплазма клеток и межклеточные пространства заполнены многочисленными различного размера секреторными пузырьками.

В толстом отделе кишечника отмечается высокая функциональная активность бокаловидных клеток. Усиливается пролиферация эпителиальных клеток, наблюдается отек слизистой оболочки. Обнаруживается ряд значительных изменений стенки кишечника. Утолщенные базальные мембраны эпителия и эндотелия кровеносных сосудов, усиленное волокнообразование, в частности коллагеновых волокон, в соединительнотканной основе слизистой оболочки, обуславливают худшие условия для обмена веществ, что приводит к снижению функции кишечника.

Обычно на поверхности большинства эпителиоцитов имеются многочисленные микроворсинки, но при патологии их количество варьирует и уменьшается. У здоровых животных микроворсинки снаружи покрыты слоем гликокаликса. При патологии толщина защитного гликокаликсного слоя значительно снижается. Известно, что гликокаликс выполняет роль «первой линии» защиты слизистой оболочки. Этот слой геля поддерживает градиент рН между полостью и поверхностью слизистой оболочки, способствует поддержанию целостности оболочки.

С учетом вышеизложенного для профилактики и лечения диарей телят испытан препарат «Бифидумбактерин», активностью 10 микробных тел в 1 мл. Бифидумбактерин выпаивали телятам из расчета 100 мл по 2 раза в день с молозивом или молоком в течение 5-8 дней. Механизм действия препарата проявляется в ингибировании роста кишечной палочки и гнилостной микрофлоры. Микробиологический анализ, проведенный на 10-й день введения бифидумбактерина показал, что наблюдается хорошая приживляемость препарата в желудочно-кишечном тракте телят. В контрольной группе за период эксперимента общая продолжительность расстройства пищеварительной системы у телят составляла 22-27 дней, в опыте - 15-18 дней. Живая масса опытных телят превосходила контроль на 8,2-12,3% ( $p < 0,05$ ).

Для снижения послеотъемного стресса и профилактики желудочно-кишечных заболеваний поросят испытан комплексный микробный препарат на основе кормогризина, витамина с и рутина. С профилактической целью препарат вводился вместе с кормом один раз в течение 5 дней, с лечебной целью - два раза в день в течение 4-5 дней. Сочетанное использование кормогризина основано на том, что препарат выступает как стабилизатор кишечной микрофлоры. В свою очередь рутин тормозит действие аскорбиноксидазы и тем самым защищает аскорбиновую кислоту от окисления.

При лечении поросят комплексным препаратом на 2-ой день болезни микроворсинки утолщаются, уменьшаются по высоте. Однако нарушений структуры не выявлено. Микроворсинки плотно прилегают друг к другу, сверху покрыты слоем гликокаликса. Концентрация РНК повышается на 12,7-23,3% ( $p < 0,05$ ) по отношению к контролю, особенно в нервных структурах подслизистого сплетения ободочной кишки.

Препарат способствует стабилизации белоксинтезирующего аппарата нейрона, предохраняет от деструктивных процессов нервные структуры, сохраняется высокий уровень деятельности холинергической и адренергической систем.

## **ВЫБОР МЕМБРАН ДЛЯ УЛЬТРАФИЛЬТРАЦИИ СТОКОВ МЯСОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОДУКЦИИ**

**К.Ф.Терпиловский, д.т.н. проф., Ю.Б.Космович, аспирант (БАТУ)**

Баромембранные процессы - это процессы фильтрации жидкостей через фильтры ( мембраны ) с порами размером менее 0,5 мкм. Такие мембраны обладают молекулярно-ситовым эффектом, т.е. задерживают относительно крупные молекулы и пропускают более мелкие.

Баромембранные процессы можно подразделить на ультрафильтрацию ( УФ ) и обратный осмос. Обратный осмос и УФ являются одними из наиболее экономичных физико-химических методов ( низкие энергетические затраты, простота и компактность оборудования, высокая производительность и эффективность очистки от органических и неорганических загрязнений, возможность возвращения в оборотный цикл до 90% воды ) они уже сейчас широко используются в промышленности многих стран и в ближайшие годы займут полноправное место наряду с традиционными методами разделения и очистки.

УФ является мембранным методом разделения растворов на молекулярном и коллоидном уровне, способом концентрирования высокомолекулярных соединений с одновременной их очисткой от низкомолекулярных веществ. Размеры частиц, отделяемых методом УФ, лежат в пределах  $10^{-3}$ -  $10^{-1}$  мкм, что соответствует молекулярным массам веществ от 500 до нескольких миллионов дальтон.

Поскольку в диапазон УФ входят практически все биологически активные вещества ( БАВ ) - аминокислоты, витамины, антибиотики, белки, ферменты, вирусы, то метод нашел широкое применение для разделе-

ния биологических растворов (концентрирование, очистка, фракционирование). Весьма существенным при этом является то, что процесс УФ проводится в отсутствие фазовых превращений, нагревания, химических воздействий. Это способствует предотвращению инактивации или денатурации молекул БАВ.

Мембраны для УФ должны отвечать следующим основным требованиям: обладать высокой разделяющей способностью и производительностью; устойчивостью к разделяемым системам и средам, используемым для обработки; неизменностью характеристик в процессе хранения и эксплуатации; механической прочностью и рядом других.

УФ мембраны подразделяются на три основных типа: уплотняющиеся (полимерные), жесткие (металлические, керамические, стеклянные) и динамические. Наибольшее распространение получили полимерные мембраны, синтезированные на базе широкого круга материалов: целлюлозы и ее производных, полиамидов, полисульфонов, полиакрилонитрила, полиэфиров и др. полимеров.

Спецификой мембранного разделения сред в пищевой промышленности является их сложный состав, наличие белковых соединений, вызывающих интенсивное загрязнение мембран. Согласно исследованиям модификации различных типов мембран при УФ обезжиренного молока по разному реагируют на разделение белков. Так, содержание белка в порах мембраны после УФ составило: для полисульфонамида  $15,4 \text{ мг/м}^2$ ; для полисульфона  $14,4 \text{ мг/м}^2$ ; для ароматического полиамида  $15,4 \text{ мг/м}^2$ ; для сополимеракрилонитрила  $36,6 \text{ мг/м}^2$ ; для ацетат целлюлозы  $8,0 \text{ мг/м}^2$ .

Также засорение пор мембраны снижает ее производительность. При этом засорение происходит постепенно, в зависимости от времени фильтрации. Вот поэтому для определения лучшего типа мембран необходимо провести однофакторный эксперимент определения их производительности в зависимости от продолжительности фильтрования на следующих мембранах МИФИЛ (Институт физико-органической химии, Беларусь): ацетат целлюлозы (АЦ-100, АЦ-300); полиамиднитрила (ПАН-10, ПАН-300); полисульфона (ПС-100, ПС-300); ароматического полиамида (ПА-10, ПА-20).

Главной задачей в эксперименте с ультрафильтрами - это выбор оптимального режима фильтрования, а также наиболее приемлемого типа мембран, с лучшими транспортными характеристиками для разделения сточных вод. Наиболее существенными характеристиками ультрафильтрационных мембран являются производительность по фильтрату и общая

их селективность. На основании результатов построен график зависимости пропускной способности мембран от времени фильтрации (рис. 1).

Производительность по фильтрату ( $Q_{\Phi}$ ) определялась путем отбора проб с разделительных пластин подсчитывалась по формуле:

$$Q_{\Phi} = \frac{3,6q}{t}, \text{ л/час} \quad (1)$$

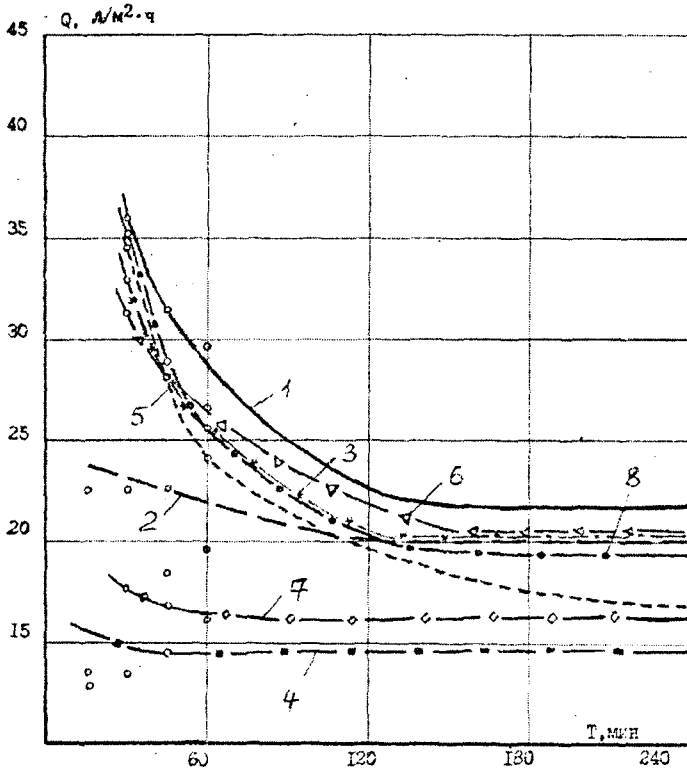


Рис. 1. Зависимость пропускной способности мембран от времени фильтрации: 1 - ПС-300; 2 - ПАН-10; 3 - АЦ-100; 4 - ПА-10; 5 - ПС-100; 6 - ПАН-300; 7 - ПА-20; 8 - АЦ-300.

где  $q$  - объем фильтрата за одно измерение, мл;  
 $t$  - время измерения, сек.

Время измерения было принято 15 минут, в течение которых трубопровод с одной разделительной пластины отсоединялся от общего трубопровода, идущего в сборную емкость, и направлялся в мерную колбу.

Селективность мембраны рассчитывалась по формуле:

$$Y = \left( 1 - \frac{C_{\phi}}{C_p} \right) * 100 \quad (2)$$

где  $C_{\phi}$  и  $C_p$  - соответственно концентрация белка в фильтрате и исходном растворе.

Эксперимент проводился в трехкратной повторности при следующих значениях факторов: давление  $P=0,2$  Мпа; подача суспензии  $V=20$  мл/с; температура суспензии  $T=23...25^{\circ}\text{C}$ .

В результате проведения однофакторного эксперимента по определению пропускной способности восьми мембран в зависимости от продолжительности фильтрования установлено, что лучшими мембранами для разделения сточных вод являются следующие: на основании ацетатацеллюлозы АЦ-100 ( $y=0,95$ ), АЦ-300 ( $y=0,9$ ); полиамиднитрила ПАН-300 ( $y=0,93$ ), ПАН-10 ( $y=0,93$ ); полисульфона ПС-300 ( $y=0,88$ ).

### 1.3. Переработка сельскохозяйственной продукции

#### СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ТРУБЧАТОГО ТЕПЛОБМЕННОГО АППАРАТА ДЛЯ ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ МОЛОКА

Е.В. Седаков (МТИ)

Целью настоящей работы является разработка на основе теоретических и экспериментальных исследований высокоэффективной конструкции аппарата для проведения процессов тепловой обработки молока и молокопродуктов (молока, сливок, кефира, и т.д.)

В настоящее время, в связи с падением покупательской способности населения и повышением стоимости молочных продуктов, остро встает вопрос о повышении срока хранения молокопродуктов. Этого можно достигнуть, заменив процесс пастеризации на стерилизацию с

последующей упаковкой в асептическую тару, что позволит добиться увеличения срока хранения молокопродуктов до 60 и более суток.

С экономической точки зрения увеличение срока хранения продукции способствует повышению ритмичности производства, расширению районов сбыта продукции, снижению требований к условиям хранения, появляется возможность обеспечить экологически чистыми молочными продуктами районы пострадавшие от аварии на Чернобыльской АС без излишних затрат.

В отличие от существующих пластинчатых теплообменников, которые ввиду своих конструктивных особенностей не могут работать под высоким давлением (невозможно обеспечить герметичность соединения пластин), трубчатая конструкция позволит проводить процесс стерилизации молока под высоким давлением, при температуре до 140 °С, но толщина слоя нагреваемого продукта при этом велика (равна половине диаметра трубки теплообменника), да к тому же нагрев производится только с одной стороны. Поэтому продукт нагревается неравномерно и скорость нагрева-охлаждения продукта невелика.

В разработанном теплообменнике эти недостатки устраняются путем образования кольцевого сечения каналов (теплообменник типа труба в трубе и в кожухе, молоко движется в промежутке между трубами) для нагреваемого продукта, что обеспечит нагрев продукта с двух сторон в тонком слое. В новой конструкции теплообменника, при той же площади проходного сечения каналов для нагреваемых продуктов, что и в серийном теплообменнике, существенно (более чем в 2 раза) увеличивается площадь поверхности теплообмена, а толщина нагреваемого слоя уменьшается в несколько раз. Таким образом новая конструкция теплообменного аппарата позволяет не только существенно интенсифицировать процесс нагрева молокопродуктов, а следовательно и снизить энергозатраты на термообработку, но и обеспечивает высокую равномерность и более высокую скорость нагрева-охлаждения молока, что особенно важно, поскольку при длительном нагреве происходят необратимые изменения белкового состава молокопродуктов, что кроме ухудшения их потребительских свойств ведет к образованию пригара на теплообменных поверхностях теплообменника.

Кроме перечисленных выше преимуществ трубчатой конструкции теплообменника нового типа следует отметить легкоразборность (в отличие от пластинчатых теплообменников), что немаловажно, поскольку в производственных условиях часто производят мойку и санитарную обработку поверхностей теплообмена.

Полученных результатов удалось добиться благодаря использованию в конструкции трубчатого теплообменника данного типа закономерностей золотой пропорции (золотого сечения), свойств чисел Фибоначчи и международных рядов предпочтительных чисел R5, R10, R20, R40, R80.

Это позволило разработать новый класс многофункциональных унифицированных теплообменников для тепловой обработки не только молока и молокопродуктов но и других жидких сред, отличающихся от известных конструкций высокой компактностью, повышенной тепловой эффективностью и минимально возможным гидравлическим сопротивлением, отвечающих требованиям международных стандартов и интегрирующихся в мировую систему конструирования новой техники.

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РЕЖУЩЕГО АППАРАТА ДЛЯ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ МЯСНОГО СЫРЬЯ**

**В.Я. Груданов, С.Н. Самошкина, М.Я. Павлов (МТИ)**

На мясоперерабатывающих предприятиях пищевой промышленности, комбинатах кооперативной промышленности, торговли и массового питания широко эксплуатируются машины для измельчения мясного сырья: мясорубки типа МИМ, волчки типа МП-160 и К6(7)-ФЗП-200, а также машины для тонкого измельчения мяса типа МТИ-300 и измельчители типа ЯЗ-ФИД и ЯЗ-ФИЗ-А, при этом, операции, связанные с измельчением, (в частности, резанием), составляют более 70% в общем технологическом цикле по производству мясных готовых продуктов. По этому проблема повышения надежности и долговечности режущих инструментов достаточно актуальна.

В настоящее время большое внимание уделяется поиску новых конструктивных решений режущих деталей мясорубок и волчков с использованием рациональных методов термической, химико-термической и других видов обработки ножевых решеток и вращающихся ножей. Эффективность измельчения мясного сырья зависит также от выбора материалов и обеспечения равнопрочности деталей, входящих в комплект режущего механизма.

Как показывает практика, значительное влияние на работоспособность деталей и узлов оказывает выбор материала и обеспечение их равнопрочности. Важен также правильный выбор технологических опе-

раций для получения заданных прочностных характеристик приемлемого материала. Использование рациональных методов термической, химико-термической и других видов обработки существенно повышает износостойкость режущих инструментов. В настоящее время наметились, в основном, два направления в решении указанной проблемы. Первое связано с совершенствованием конструктивных элементов режущего механизма, второе - с поиском новых способов и методов повышения износостойкости рабочих поверхностей (поверхностей трения) с помощью термической, химико-термической и других видов обработки (плавка, напыление и пр.). Большое распространение получили методы нанесения на поверхности трения материалов повышенной износостойкости путем наплавки, напыления и пр. Коррозионную стойкость инструмента повышают путем нанесения гальванических, химических и других покрытий. Обеспечение надежности режущих инструментов в процессе их изготовления осуществляется как за счет использования прогрессивных технологических процессов (литья, сварки, обработки давлением, механических и электрофизических методов обработки), применения наиболее рациональных заготовок, так и за счет выполнения специальных методов упрочнения режущих элементов. Надежность и долговечность инструмента обеспечиваются также введением жесткого операционного контроля размеров, режимов и параметров технологических процессов, физико-механических свойств, структуры и химического состава материала на всех этапах производственного процесса изготовления инструмента, начиная с входного контроля материала заготовок. Известные методы упрочняющей обработки металлов условно можно разделить на шесть основных классов упрочнения: 1 - с образованием пленки на поверхности; 2 - с изменением химического состава поверхностного слоя; 3 - с изменением структуры поверхностного слоя; 4 - с изменением запаса поверхностного слоя; 5 - с изменением шероховатости поверхностного слоя; 6 - с изменением структур по всему объему металла.

Упрочнение выполняют при наличии или в сочетании следующих внешних условий: в газовой среде; в жидкости; в масле; в пасте; без использования или с использованием теплоты при нормальном, повышенном или высоком давлении; в низком, среднем или глубоком вакууме; в атмосфере водяного, водогазового или ионного пара; в контролируемых атмосферах эндогаза или экзогаза; в электропроводящей или диэлектрической среде; в среде с поверхностно-активными или образивными свойствами; в магнитном, электрическом, гравитационном или термическом поле. Внешние условия характеризуют специфические особен-

ности технологического процесса, при которых осуществляется данный метод упрочнения.

По данным Чижиковой Т.В. и Мартынова Г.А., надежность элементов, входящих в комплект режущих механизмов промышленных волчков, существенно различна и оценивается в соотношении:

$$\lambda_{\text{ножа}} : \lambda_{\text{пр. реж}} : \lambda_{\text{реж1}} : \lambda_{\text{реж2}} = 1 : 0,8 : 0,6 : 0,5 \dots$$

Показатели надежности различаются вдвое. Из данного соотношения следует, что наименее надежным элементом в комплекте является нож, тем более, что одновременно в процессе измельчения участвуют два ножа. По этой причине, наши исследования были направлены на совершенствование конструкции вращающихся ножей. Традиционно ножи к волчкам изготавливают четырехзубыми и с прямыми (плоскими) режущими гранями. Однако практика показывает, что 4-х зубые ножи при своем вращении весьма существенно перекрывают проходное сечение рабочей камеры, а плоские передние грани перьев ножа дополнительно тормозят продвижение измельчаемого сырья вдоль рабочей камеры, особенно в зоне расположения второго ножа перед выходной ножевой решеткой.

С целью устранения отмеченного недостатка целесообразно количество перьев ножа уменьшить с 4-х до 3-х, а их передние плоские грани сделать наклонными по аналогии с витками канавок шнека. Такие 3-х зубые ножи с наклонными передними гранями увеличивают проходное (живое) сечение канала рабочей камеры и одновременно, работают в режиме винтов - в виде дополнительных витков шнека.

Лабораторные испытания таких ножей показали, что производительность машины увеличивается на 30%, при явном улучшении качества измельчения и стабильности энергозатрат. Возможно также сочетание ножей с разным количеством перьев: за подрезной решеткой устанавливается 4-х зубый нож, а перед выходной решеткой - 3-х зубый.

В настоящее время новые ножи проходят эксплуатационную проверку на мясокомбинатах Республики Беларусь.

## ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОИЗВОДСТВА ЯБЛОК

Г.П. Чимпоеш (Госагроуниверситет, Молдова)

Учитывая решающую роль технологии в эффективности использования яблоней техногенной энергии и принимая во внимание, что конструкция насаждений составляет основу любой технологии, изучили её влияние на затраты совокупной энергии и аккумулированной в плодах и, в конечном итоге, на коэффициент энергетической эффективности.

Сравнительную оценку проводили в саду, заложенном весной 1982 года в учхозе «Криулень» однолетними саженцами сорта Голден делишес, привитыми на подвое М9. Изучались следующие конструкции насаждений: 1 - однострочная одноплоскостная с формировкой свободно растущего веретеновидного куста и с размещением деревьев по схеме посадки 4x1,5 м (контроль); 2 - однострочная одноплоскостная с формированием деревьев по типу свободно растущей пальметты и размещением их по схеме 4x2,5 м; 3 - однострочная двухплоскостная V-образная с уплощенной кроной (4x1 м); 4 - однострочная двухплоскостная V-образная с формировкой Татура (4x1 м); 5 - двухстрочная с формировкой свободно растущего веретеновидного куста (4+1x1,5 м); 6 - четырёхстрочная с формировкой свободно растущего веретеновидного куста (4+1x1,5 м); 7 - сплошное поле с формировкой свободно растущего веретеновидного куста (1x1). Сад орошается дождеванием. Почва содержится под черным паром.

Установлено, что независимо от конструкции насаждений, наибольшее количество затрат (44,8-55,0%) приходится на энергию, содержащуюся в оборотных средствах. С увеличением количества рядов в строчке снижается доля энергии, приходящаяся на оборотные средства и увеличиваются энергозатраты на трудовые ресурсы. Это происходит за счёт снижения доли механизированных работ в насаждениях многострочной конструкции по сравнению с однострочной. Увеличение процента техногенной энергии, приходящейся на оборотные средства, в насаждениях двухплоскостной V-образной конструкции происходит за счёт механизированной уборки и снижения энергозатрат на трудовые ресурсы.

В составе оборотных средств наибольший удельный вес занимает совокупная энергия, содержащаяся в нефтепродуктах, которая в зависимости от конструкции насаждений составляет 26,5-37,5 %.

Значительная доля энергозатрат, воплощенных в оборотных средствах, приходится на пестициды и удобрения и составила по вариантам опыта соответственно 16,0-18,9% и 13,7-16,2%. Довольно много (14,4-16,9%) приходится и на поливную воду.

После оборотных средств больше совокупной энергии приходится на трудовые ресурсы (11,1-22,0%). Она существенно снижается в насаждениях двухплоскостной конструкции по сравнению с одноплоскостными. Несколько меньше совокупной энергии приходится на основные средства. На использовании ручного инвентаря расходуется всего 40-72 МДж/га.

Независимо от конструкции насаждений, наибольший удельный вес в совокупном технологическом расходе энергии приходится на уборку урожая. В насаждениях двухплоскостной конструкции, которые обеспечивают благоприятные условия для механизации сбора урожая, энергозатраты снижаются на 19,2 тыс.МДж/га.

После уборки урожая наибольший удельный вес занимают энергозатраты на проведение защитных мероприятий - 17,7 тыс.МДж/га.

Что касается расхода энергии на внесение удобрений и орошение, то она составила соответственно 16,9 и 17,7 тыс.МДж/га и не зависела от конструкции насаждений.

Наименьший удельный вес занимают энергозатраты по обработке почвы, которые возрастают с увеличением количества рядов в строчке от 2867 МДж/га в однострочных насаждениях до 7925 МДж/га в сплошное поле.

Анализ структуры энергозатрат на создание сада показывает, что как и на уход, независимо от конструкции насаждений, наибольший удельный вес (72,4-83,3%) приходится на энергию, содержащуюся в оборотных средствах. Около половины из последней расходуется на установку шпалеры. Возделывание насаждений двухплоскостной V-образной конструкции без искусственных опор позволяет ежегодно экономить около 12 тыс.МДж/га, приходящихся на амортизационные отчисления.

Анализ распределения техногенной энергии по группам работ и статьям расхода позволяет заключить, что применяя достижения научно-технического прогресса и оптимизируя проведение агротехнических приёмов, можно снизить энергоёмкость технологий возделывания яблонь на 30-36%. Энергосодержание урожая больше в насаждениях двухплоскостной V-образной конструкции (табл.). С учётом аккумулированной энергии в остальной фитомассе, которой больше, чем в плодах, коэффициент энергетической эффективности всех исследуемых технологий выше еди

ницы. Однако, только технология производства плодов, основанная на V-образной конструкции с пальметтной кроной, является энергосберегающей. При возделывании яблони в насаждениях данной конструкции с формировкой Татура при незначительном совершенствовании кроны и эта технология становится энергосберегающей.

Таблица

Энергетическая эффективность возделывания яблони в зависимости от конструкции насаждений в Учхозе "Криулень", в среднем за 1985-1995 гг

Система размещения	Форма кроны	Затраты технологической энергии, тыс.МДж/га	Энергосодержание урожая, тыс.МДж/га	Энергоемкость 1 кг плодов МДж	Коэффициент энергетической эффективности
Однострочная	Веретено	107,7	67,8	5,45	0,63
Одноплоскостная	Пальметта	104,4	64,2	5,90	0,62
Однострочная двухплоскостная	Пальметта	113,0	123,1	3,30	1,09
V-образная	Татура	109,9	109,2	3,55	0,99
Двухстрочная	Веретено	112,6	57,7	5,70	0,51
Четырехстрочная*	Веретено	115,2	52,0	7,07	0,45
Сидонное поле*	Веретено	123,1	49,4	7,95	0,40

\*в среднем за 1985-1993гг.

Технологии производства плодов, основанные на однострочной одноплоскостной конструкции насаждений, хотя и не являются энергосберегающими, но более эффективны с энергетической точки зрения по сравнению с основанными на других конструкциях. Применение механизированной уборки плодов, менее энергоёмкой системы опор и других достижений научно-технического прогресса, снижающих затраты технологической

энергии и изменяющих направленность физиологических процессов в сторону более рационального распределения продуктов фотосинтеза, позволит сделать их энергосберегающими.

## НОВОЕ НАПРАВЛЕНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДОВ ПРЕДПРИТИЙ ДЕРЕВООБРАБОТКИ В АГРОКОМПЛЕКСЕ

М.С. Кебич, М.А. Зильберглейт, И.В. Горбатенко,  
И.И. Кандыбович, Е.П. Шишаков (БГТУ)

Сбалансированность почв по микроэлементному составу является существенным резервом повышения урожаев сельскохозяйственных культур. Из практики растениеводства следует, что их применение обеспечивает прибавку урожая на 10-25%. Недостаток микроэлементов вызывает пониженную устойчивость растений ко многим болезням, вредителям, полегаемость злаков, и естественно, снижение количества и качества продукции. Интенсификация сельскохозяйственного производства приводит к микроэлементному истощению плодородного слоя почв. В настоящее время поступление солей микроэлементов в почву резко сократилось. Используемые в качестве микроудобрений некоторые промышленные отходы, в частности, шлаки, осадки сточных вод, не всегда содержат питательные вещества в доступной для растений форме.

Эффективным средством регулирования питания растений микроэлементами служат комплексные соединения железа, кобальта, меди, цинка, никеля, марганца, кальция и магния с ЭДТА, ДТПА, ОДФ и некоторыми другими кислотами. Однако получаемые комплексоны микроэлементов являются весьма дорогостоящими продуктами. В этой связи изыскание недорогого, крупнотоннажного и высокоэффективного комплексона с параметрами, удовлетворяющими необходимому равновесному состоянию субстрат-растение представляется задачей важной и актуальной.

Как известно, технический гидролизный лигнин способен образовывать комплексы с металлами. При этом комплексообразующие свойства обусловлены, главным образом, наличием карбоксильных и карбонильных групп, фенольных и алифатических гидроксильных групп. Сравнительно невысокое содержание указанных групп в гидролизном лигнине не позволяет использовать его в качестве емкого по отношению к микроэлементам комплексона.

Задача наших исследований заключалась в разработке метода и условий модификации гидролизного лигнина, обеспечивающего существенное увеличение содержания кислых и введение новых комплексообразующих групп в полимолекулу лигнина.

Для решения поставленной задачи в качестве модифицирующего реагента нами использован 5-20%-ный раствор азотной кислоты с расходом по моногидрату 0,08-0,32 кг/кг абсолютно сухого лигнина.

Изучение условий окисления и нитрования лигнина в лабораторных условиях проводили в реакторе периодического действия из термо- и химически стойкого стекла, снабжённого мешалкой, термометром и обратным холодильником.

Навеску лигнина, предварительно подсушенного до влажности 20-25% естественным путём, вносили в реактор и заливали раствором азотной кислоты. Реактор с загруженным лигнином и прилитым раствором кислоты помещали в нагретую водяную баню, нагрев которой регулировали таким образом, чтобы температура реакционной массы поддерживалась в пределах  $83 \pm 2$  °С. Время обработки - 4 часа. По истечении указанного времени окисления и нитрования лигнина полученный продукт выгружали и избыток кислоты отнейтрализовывали оксидом кальция до величины  $pH = \pm 0,5$  ед.

Комплексообразующую способность устанавливали известными методами путём определения массовой доли кислых групп и связанного азота в промытом продукте без нейтрализации избытка кислоты.

Как следует из представленных данных (табл.), в результате окисления и нитрования лигнина получен макромолекулярный лиганд, содержащий не менее 20% кислых и 5% нитрогрупп к массе абсолютно сухого вещества при наиболее благоприятных условиях модификации. Анализ функциональных групп показывает, что полученный продукт обладает высокими комплексообразующими свойствами и может быть использован как комплексон - самостоятельно и при производстве макро- и микроудобрений. Достаточная простота технологического процесса получения комплексона и реальная возможность осуществления его в производственных масштабах, на наш взгляд, открывает достаточно хорошие перспективы создания и использования комплексонов и комплексонатов металлов на основе лигноцеллюлозных отходов в сельском хозяйстве.

## THE ELECTRIZATION OF LIQUID DROPLETS IN THE ELECTRET APPARATUS

T.Oda (University of Tokyo), I.Borodin (Moskow University of Agricultural Engineers, G.Bejenary, I.Pricop (Moskow Institute of Electronic Equipment), G.Efashkin (The State Agricultural University of Moldova)

The traditional methods of agricultural pesticide spray application frequently use large quantities of liquid carriers in order to obtain plant coverage and adequate control of pests. The concern of the general public about environmental pollution, including that resulting from the application of agricultural pesticides the raising cost of these pesticides and increasing shortages of agricultural fuels necessitate improvement in the overall pesticide application process [1]. Conventional method, named large volume spraying method, of grass management using pesticides means that the foliage of crops are completely wet, having been covered with the solution of agricultural chemicals. Only a small part of the pesticide is retained by crops [2]. The rest about 70-80 percent of the chemicals fall on the soil causing environmental contamination. Currently low-volume spraying and ultra-low volume spraying were designed and investigated. There is the potential for higher chemical application efficiency, less carrier and chemical quantities used and therefore saving to the crop producers if the small droplet size can be used without creating a drift hazard. It has been shown that small droplets less than 100 microns in diameter is better for weed and insect target coverage and could theoretically reduce the volume of spray need for control. However, small droplets of size less than 100 microns are easy flowing under the force of wind and difficult controlled for deposition on crops under hydrodynamic forces. To make low-volume spraying and ultra low volume spraying technique effective the trajectory of droplets must be well-controlled.

The electrostatic technology can be used for the deposition of droplets on crops due to the fact that acting on small particles the electrostatic force becomes predominant compared with other forces [2.3].

The ionized-field and contact spray charging use the very high for agricultural field voltage. The electrostatic-induction charging also need of special artificial voltage source, though more low voltage.

The electrets nozzles not need of high voltage sources and can have effective usage in water electrization for watering, out of roots plants feed up with microchemical stimulators, even electrostatic deposition of oil aerosol and oth

ers. The electrets cause the fields due to charge layers on the surface and due to the volume-charge distributions.

While the classical electrets were made of thick plates of carnaiba wax or similar substances, present electret research frequently deals with thin-film polymers such as the Teflon materials. Typical electrets in present use are 5...60 mm thick films. The materials are polarised to charges densities of  $10 \dots 10 \text{ C cm}$ .

Electret charging is limited by internal and external breakdown whenever the charges produce fields of sufficient magnitude. The occurrence of internal breakdown effects depends on the dielectric strength of the material. For polymers, the dielectric strength is of the order of a few mV/cm, e.d. 2.2. 10 and 1.3  $10 \text{ V/cm}$  for 12.5. and 100 mm Teflon [4]. Thus, according to Gauss's law charge densities of up to 4  $10 \text{ C cm}$  and 2.4.  $10 \text{ C cm}$  can be stored on the non-metallized suraces of such Teflon samples, respectively without danger of breakdown. The maximum storage capabilities are thus only weakly dependent on sample thickness and are sufficiently high for most applications.

In the case of water electrization a thin liquid layer resides between the main water flow and nonmetallized side of the electret. The interaction of electrostatic and molecular forces causes a charge transfer of the water layer and water flow.

The two kind of sprayers were used for water electret charging - hydraulic and rotating mechanical. In the hydraulic spray was used the hydraulic centrifugaal nozzle, with additional cone attachment. The electert film is paint on the inner side of attachment.

The two consecutive connected pumps supply the spray with water from water-supply. The pressure in spray water supply system was changed between 300 and 1300 kPa. The water is sprayed, than the particles strike electret inner side of attachment, pass in the electerts field and come out in the space. In the experiments were used the attachements with differents cone height 10, 15, 20, 25 and 30 cm.

The mechanical rotating sprayer is carried out as horizontal spinning disc, which is covered with electret material. The water stream is dropping from pipe close to centre of disc and crawl under the centrifugal forces in the refining layer on electret surface of disk where is passing throu electret field.

The AC motor with nominal speed 10000 rpm drive the disc. The different rotation frequencies were used in the experiment which was fixing by voltage changing from laboratory transformer. The differents water pressures and water debits were used in the experiments.

The water spray was directed throu the metallic net, which was con

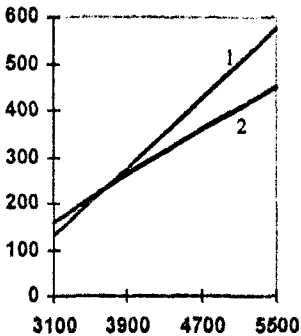
ected with static voltmeter. The potential of this net was measured. The electrized spray pass through the net and give the main part of charge.

The water spray charge was observed in the spray cloud of spinning disk sprayer. The water crawl on the centrifugal forces in the refining layer on electret surface of disk where is passing through electret field.

The potential on probe net enhance with disk rotating speed increasing (fig. 1.) The flow rate of this sprayer have influence on water-charge and on measured potential, which achieved 575 V and 465 V for 32.5 l/h and 28.5 l/h accordingly.

Fig. 1 The potential-rotating speed relationship for spinning disk with electret surface and flow rate:

1-32.5 l/h; 2-28.5 l/h.



The potentials for oil pesticides are some time more, because of higher volume resistivity.

The water spray charge was observed in spray cloud of hydraulic sprayer. When the water is sprayed the particles strike electret inner side of attachment pass in the electrets field and come out in the space. The interaction of electrostatic forces in the electret field and molecular forces causes a charge transfer to the water particles.

The interaction of electrostatic forces in the electret field and molecular forces causes a charge transfer to the water particles. The potential on the measuring net for every height of attachment cone depends on water pressure and cone angle (fig. 2). The potential for any water pressure decrease, when cone angle increase from 30° to 75°. The relation - ship between potential and water

cone angle (fig. 2). The potential for any water pressure decrease, when cone angle increase from 30 to 75. The relationship between potential and water pressure is complicated, because the flow rate depends on water pressure. The particles layer on the electret surface and charging effect depend on water flowrate and pressure.

The electret potential on the surface of dry electret film depends very strongly on electret film thickness. The potential decreases when the film thickness increases (fig. 3). The potential of net also decreases, when electret film thickness of nozzle increases. Apparently it is important that the surface potential of damp electret increases with the thickness. When electret surface is damp the surface charge is shorted through to the electrode. If the thickness is very low (less 20 ... 30 mm) the volume charge is very small and potential of damp electret is small.

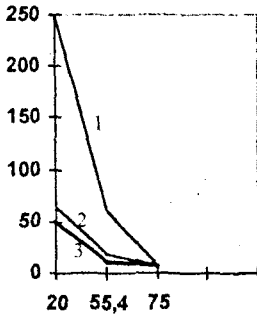


Fig. 2 The potential-cone-angle relationship for electret attachment to hydraulic nozzle with cone height 25 cm for water pressure: 1-300 kPa; 2-700 kPa; 3-1000 kPa.

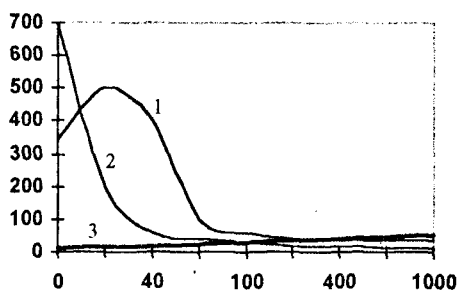


Fig. 3 The potential of nozzle (curves 1.2) and on measuring net (3) for dry (1) damp (2) and spraying (3) electet surface.

## РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ- ЛИНИЙ СУШКИ СЕЛЬХОЗПРОДУКЦИИ НА БАЗЕ КОМБИНАЦИИ КОНВЕКЦИОННОГО И МИКРОВОЛНОВОГО ФИЗИЧЕСКИХ МЕХАНИЗМОВ ОБЕЗВОЖИВАНИЯ

Р.М. Долгопятов, д.т.н., В.Я. Явчуновский к.ф.-м.н.,  
В.А. Малярчук (СНПФ «Агроприбор», г. Саратов)

В основе проведенной работы лежит сравнительный анализ двух базовых технологий сушки сельскохозяйственной продукции, к которым фактически сводится все многообразие подходов и методов, лежащих в основе промышленных технологий обезвоживания продуктов:

– “конвекционных” технологий, основанных на подводе энергии к поверхности высушиваемых объектов и передаче этой энергии в их глубинные слои через механизмы тепло- и массопроводности этих объектов; к этой группе технологий могут быть отнесены аэродинамические, аэрационные, кондуктивные методы, методы сушки в псевдокипящем и в псевдооживленном слое, инфракрасная сушка и др. аналогичные подходы;

– “микроволновых” технологий, в которых энергия выделяется во всем объеме продукта, причем выделяется селективно, с максимальным

энерговыведением в областях, характеризующихся наибольшим содержанием влаги; к этой группе технологий относятся такие, в которых в качестве энергоносителя используются электромагнитные волны с длиной волны, превышающей поперечные размеры высушиваемых объектов (ТВЧ и СВЧ).

Сравнение этих базовых технологий и определение оптимальных границ их применимости, проведенные на базе разработанной системы критериев (таких как энергоёмкость процесса, скорость сушки, сохраняемость в процессе обезвоживания полезных веществ и витаминов), позволили прийти к выводам о необходимости их сочетания (с использованием каждого из упомянутых выше физических механизмов обезвоживания в оптимальном для него диапазоне влажностей).

Разработанный в результате техпроцесс, получивший название комбинированной (конвекционно - микроволновой) сушки, характеризуется существенно более высокими, чем любой из двух лежащих в его основе методов, технико-экономическими показателями. Так, например, если типовое значение энергоёмкости для конвекционных технологий составляет порядка  $2,8 \pm 4$  кВт·ч/кг (по испаренной влаге), а для микроволновых  $1,4 \pm 1,6$  кВт·ч/кг, то для комбинированного метода характерны величины  $1,0 \pm 1,1$  кВт·ч/кг.

Для реализации техпроцесса разработан параметрический ряд установок комбинированной сушки, две из которых УКСК-1/6 и УКСК-1/10 изготовлены, смонтированы на конкретных сельхозпредприятиях и апробированы в условиях серийного производства сушеных овощей и фруктов. На базе проведенных экспериментов завершена разработка и освоение в мелкосерийном производстве установок этого ряда: УКСК-1/6 (производительность 70 т/сезон по готовому продукту); УКСК-2/12 (производительность 140 т/сезон по готовому продукту); УКСК-3/18 (производительность 210 т/сезон по готовому продукту); УКСК-4/24 (производительность 280 т/сезон по готовому продукту).

Большая скорость сушки на этом оборудовании (общее время сушки не превышает 1,5 ч) и низкая температура продукта на конечной стадии сушки (где низкий уровень термостабилизации в традиционных технологических схемах сушки приводит к значительному превышению температуры относительно предельно-допустимой) позволяют получать на оборудовании комбинированной (конвекционно-микроволновой) сушки сушеные продукты высокого качества. Так сохраняемость основных питательных компонентов при комбинированной сушке овощей и фруктов составляет  $95 \pm 98\%$ , все получаемые с помощью этой технологии про-

дукты соответствуют высшим категориям качества по ГОСТ на сушеные продукты.

## РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЛИНИЙ КОНВЕКЦИОННО-РЕЦИРКУЛЯЦИОННОЙ СУШКИ МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ ДЛЯ ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВ, МАЛЫХ И СРЕДНИХ ПИЩЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

**В.Я. Явчуновский, к.ф.-м.н., Р.М. Долгопятов, д.т.н. (СНПФ  
"Агроприбор", г.Саратов)**

Очень серьезным параметром, вносящим весьма существенный "вклад" в структуру себестоимости производства макаронных изделий, является энергоемкость процесса их сушки. Для типового оборудования - сушильных шкафов, использующих традиционные электрические, либо инфракрасные (ИК) теплоэлектрические нагреватели (ТЭНы), эта величина составляет 0,7-1,0 кВт-ч/кг (по готовой продукции); затраты на сушку составляют при этом до 30-40% от цены переработки, делая тем самым это производство низкорентабельным, а зачастую и убыточным.

Связано это, в основном, с ошибками, допущенными при проектировании традиционного сушильного оборудования. Сводятся они, как правило, к тому, что нагретый для взаимодействия с влажным продуктом воздух отдает ему порядка 25-30% потраченной на его нагрев энергии и затем выбрасывается в атмосферу. Кроме неоправданных с физической точки зрения энергозатрат к недостаткам этого метода относится еще и то, что сбрасываемый в производственные помещения теплый и влажный воздух существенно ухудшает условия труда в данном производстве, приводит к ускоренному износу производственных помещений и оборудования. В разработанном оборудовании, работающем по рециркуляционной схеме, использованный (прошедший через продукт) горячий воздух вновь направляется в нагревательный отсек технологической линии, где его температура восстанавливается до исходной, и снова поступает в продукт. При этом потери энергии обусловлены двумя факторами существенно меньшей значимости, чем в традиционном оборудовании:

потерями, связанными с неидеальной термозоляцией рабочей камеры и воздухопроводов;

необходимостью частичного обновления воздуха для выброса части влаги (разумеется, за пределы производственного помещения).

Оценки, проведенные как теоретико-расчетным путем, так и в рамках экспериментального изучения первых опытных образцов оборудования, показали, что первый фактор приводит к паразитным потерям энергии порядка 3-5%, второй - на уровне 9-12%. Экспериментально полученные цифры по энергоемкости процесса составляют 0,22- 0,24 кВт-ч/кг готовой продукции, т.е. в 3...4,5 раза меньше, чем в традиционном оборудовании для сушки макаронных изделий. Затраты на сушку при этом составляют в структуре себестоимости макаронных изделий не более 10 и. % от цены переработки.

Дополнительным достоинством разработанных технологических линий является включенный в их конструкцию транспортер. С одной стороны, он обеспечивает высокую технологичность процесса, уменьшение доли ручного труда. С другой стороны, проводя все элементы объема потока высушиваемых продуктов через все неизбежные в реальных условиях неоднородности воздушного и теплового потоков, транспортер обеспечивает высокую однородность по влажности конечного продукта.

На базе проведенных исследований создан параметрический ряд сушильного оборудования УСМИ-50; 100; 150 с производительностью, соответственно, 50; 100; 150 кг/ч при сушке до конечной влажности 13% (продукты длительного хранения) и порядка 100; 200; 300 кг/ч при сушке до конечной влажности 19% (продукты для быстрой реализации).

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИКРОВОЛНОВОЙ ОБРАБОТКИ СЕЛЬХОЗПРОДУКТОВ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ИХ ХРАНЕНИЯ В ЗИМНЕ-ВЕСЕННИЙ ПЕРИОД И СОЗДАНИЕ НА ЭТОЙ БАЗЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ОВОЩЕЙ И ФРУКТОВ**

**Р.М. Долгопятов, д.т.н., В.Я. Явчуновский, к.ф.-м.н. (СНПФ  
"Агроприбор", г. Саратов), А.М. Зельцер д.с.-х.н. (Поволжский НИИ  
животноводства и биотехнологии, г. Саратов), С.В. Явчуновская  
(Саратовский государственный аграрноинженерный университет)**

Предшествующая длительному хранению сельхозпродуктов обработка микроволновым облучением имела целью подавление микроорганизмов за счет селективного воздействия электромагнитных волн СВЧ-диапазона.

Выбор для этих целей именно микроволнового излучения не случаен. Очень высокая степень различия диэлектрических параметров собственно микроорганизмов и среды их обитания (по диэлектрической проницаемости, соответственно,  $12 \div 15$  и  $120 \div 160$ ; по тангенсу угла потерь, соответственно,  $3 \div 5 \cdot 10^{-4}$  и  $1 \div 3 \cdot 10^{-2}$ ) приводят к целенаправленному выделению энергии и нагреву микроорганизмов без затрат энергии на нагрев самой среды. Это является основой для создания промышленных технологий обеззараживания сельхозпродукции перед закладкой на длительное хранение.

При этом следует различать три различных механизма воздействия излучения на микроорганизмы:

1. Разогрев до критических температур.
2. Уничтожение микроорганизмов за счет скорости роста температуры, превышающей возможности их механизмов терморегуляции.
3. Резонансный механизм (воздействие на частотах, соответствующих какой-либо из собственных резонансных частот микроорганизмов).

Экспериментальные исследования проводились на серийно выпускаемом микроволновом оборудовании - установке микроволновой сушки УСК-18 (рабочая частота излучения -  $2,45$  ГГц, общая мощность микроволнового излучения - порядка  $22$  кВт).

При этом резонансное воздействие исключалось, т.к. спектр резонансных частот микроорганизмов начинается от  $22$  ГГц и уходит далее в миллиметровый и субмиллиметровый диапазоны длин волн. Результаты же воздействия на первых двух механизмах достаточно сложно различить друг от друга - скорее можно говорить о некоем интегральном воздействии.

Эксперименты проводились в основном на картофеле, при этом по итогам многочисленных экспериментов выбрано время экспозиции порядка  $2$  минут. Уменьшение времени экспозиции приводило к ухудшению результатов воздействия, увеличение - к снижению производительности метода, которая в выбранном режиме составляла порядка  $1,2 \div 2$  т/ч. Общие затраты энергии при этом составили  $0,025 \div 0,035$  кВт·ч/кг. Результаты экспериментов сведены в таблицу.

## Обработка картофеля при закладке на хранение

Вид продукта	Вид микроорганизмов		
	Мезофильные аэробные и факультативно аэробные в 1 г	Колибактерии в 1 г	Плесневелые грибы в 1 г
Картофель, хранение в буртах			
в исходном	$12,0 \cdot 10^5$	23	$7,6 \cdot 10^7$
после обработки	$0,8 \cdot 10^2$	-	-
после хранения	$4,3 \cdot 10^3$	8	$1,7 \cdot 10^4$
Картофель, хранение в контейнерах			
в исходном	$7,0 \cdot 10^5$	20	$6,2 \cdot 10^7$
после обработки	$0,75 \cdot 10^2$	-	-
после хранения	$3,2 \cdot 10^3$	6	$1,6 \cdot 10^4$

Следует отметить, что эксперименты по микроволновой обработке плодоовощной продукции проводились и ранее. Однако результаты настоящей работы отличны от всех полученных ранее тем, что эксперименты проводились на серийно выпускаемой СНПФ "Агроприбор" установке микроволновой сушки, имеющей очень высокую однородность распределения интенсивности электромагнитного поля микроволнового излучения по всему объему рабочей камеры.

Указанная однородность была достигнута как за счет запатентованных электродинамических решений, так и за счет выбора закона движения объектов через камеру (также запатентованного).

Это позволило гарантировать качество обеззараживания по всему объему обрабатываемых микроволновым облучением продуктов при минимальной энергоемкости процесса. Реальная энергоемкость процесса обеззараживания составила порядка 0,05 кВт.ч/кг, то есть при существующих ценах на электроэнергию - порядка 20 руб./кг.

Такой подход позволяет организовать процесс безотходного хранения - переработки плодоовощной продукции. Фрукты и овощи обрабатываются микроволновым излучением перед закладкой на длительное хранение и впоследствии (с периодичностью 2-3 месяца). Производительность установки УСК-18 для процесса обеззараживания - 1,5-2,0 т/ч.

Отходы же хранения (фрукты и овощи с частичной потерей то-

варного вида) отправляются на процесс микроволновой сушки, осуществляемой с помощью того же оборудования.

## ПУТИ ЭКОНОМИИ ТОПЛИВА ПРИ СУШКЕ ЗЕРНА

**К.В.Сашко, доц., к.т.н., А.Ф.Лешко, аспирант (БАТУ)**

Сразу после уборки зерна микроорганизмы на его поверхности интенсивно дышат, поглощая большое количество кислорода и выделяя токсичные продукты жизнедеятельности, приводящие к самосогреванию и порче зерна. Для сохранения качества собранного урожая требуется его сушка и охлаждение перед закладкой на хранение. Сушка является самым энергоемким процессом в системе послеуборочной обработки зерна. При этом затраты на топливо составляют 55% от полных затрат на послеуборочную его обработку.

Однако потери тепла, полученного от сгорания топлива в шахтных сушилках достигают 50%. Основная часть теряемого тепла уходит с отработанным агентом сушки. В период досушивания зерна, температура отработанного теплоносителя достигает 45°C при невысокой относительной влажности.

Повторное использование отработанного теплоносителя - один из способов повышения коэффициента полезного действия сушилки и снижения расхода топлива. Горячий воздух, выбрасываемый вентиляторами, можно использовать на предварительный подогрев зерна для подмешивания части его к вновь образуемому теплоносителю.

В БАТУ в лаборатории энергосберегающих технологий сушки сельскохозяйственной продукции проводятся работы по повторному использованию отработанного теплоносителя в шахтной зерносушилке М-819. Испытание зерносушилки с подмешиванием части отработанного теплоносителя в воздуховод после теплогенератора показали, что экономия топлива не достигается. Работа зерносушилки с подачей части воздуха с вытяжных вентиляторов к заборным окнам теплогенератора доказала возможность экономии топлива. Однако длительная работа зерносушилки в таком режиме приводит к накоплению и последующему возгоранию пыли и половы в теплогенераторе. В связи с этим необходимо обеспечить очистку отработанного теплоносителя от органических примесей. Следует исследовать возможность использования воздуха выбрасываемого с вытяжных вентиляторов для предварительного подогрева зерна.

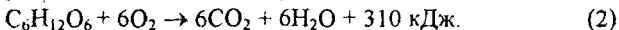
## ТЕПЛОВОЕ ДЕЙСТВИЕ ОЗОНА В ПРОЦЕССЕ СУШКИ ЗЕРНА И ДРУГИХ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Т.Я. Троцкая, к.т.н. (БелНИИМСХ)

Эффект теплового воздействия озона на процесс сушки можно подразделить на несколько составляющих. Во-первых, отмечается повышение энергетического потенциала сушильного агента за счет выделения теплоты  $Q_{P1}$  в процессе рекомбинации озона по пути его транспортировки к материалу, которая осуществляется по закону синтеза:



Во-вторых, в процессе контакта озона с поверхностью высушиваемого материала происходит частичная рекомбинация определенного количества его теплоты  $Q_{P2}$ . В-третьих, озон индуцирует в растительных объектах четко выраженную реакцию адаптивного типа. Такая реакция наблюдается уже на начальных стадиях взаимодействия озона на растительные объекты и сопровождается совокупностью быстротекавших сопряженных процессов. При определенных режимах озонной обработки в растительных объектах происходит резкое увеличение скорости влагоотделения, интенсивности дыхания и тепловыделения. Сущность дыхания сводится к медленному окислению сложных органических веществ (сахаров, органических кислот, дубильных веществ и др.), распадающихся на более простые с выделением энергии.



Выделяемые в результате дыхания углекислый газ. Вода и тепло влияют на качество и сохранность с.-х. продуктов. За счет испарения воды и расхода сухого вещества в процессе дыхания происходит тепловыделение и потеря массы продукта. Судя по научным данным, для различных материалов они имеют различную величину. Так, в процессе дыхания зерно выделяет теплоту  $Q_D$ , равную 310 кДж, а картофель – 2824 кДж. Дыхание свежесобранного зерна и трав. А также находящихся на них микроорганизмов является решающим фактором порчи продукции, имеющим большое технологическое значение при хранении и переработки. В-четвертых, часть энергии, полученной от биологического действия озона, выделяется в виде дополнительного тепла  $Q_B$ , этот процесс осуществляется следующим образом: завершение адаптивной реакции характеризуется структурной модификацией покровных тканей, приводящей к усилению их барьерных свойств (транспорта газов, воды, теплового баланса и т.д.),

и переходом растительных тканей в новое стационарное состояние с пониженным уровнем внешнего и внутреннего обмена.

В целом биологическое действие озона сопровождается следующими основными явлениями:

- химическое превращение вещества поверхности растительного материала;
- преобразование и межклеточный перенос энергии первичного взаимодействия;
- высвобождение и вторичное преобразование энергии во внутренних тканях.

При этом часть избыточной энергии расходуется на изменение структуры клеточных мембран, ионной проницаемости, окислительно-восстановительного потенциала и других свойств клетки; часть энергии выделяется в виде тепла, влияющего на скорость последующих процессов.

Суммарное количество теплоты, выделившиеся в результате влияния озона, можно выразить следующим образом:

$$Q = Q_{P1} + Q_{P2} + Q_D + Q_B, \quad (3)$$

Рассматривая в качестве сушильного агента озono-воздушную смесь и основываясь на ранее изученных свойствах озона, можно предположить, что озон вступает в различные виды взаимодействия с поверхностью зерна.

Количество дополнительного тепла (3), выделившегося в зерновой массе, зависит от долевой части озона (из общего количества синтезированного) в отдельно взятых формах взаимодействия и от удельного тепловыделения (соответственно формам).

Часть общей массы синтезированного озона  $n_{c.a.}$  будет рекомбинироваться в сушильном агенте с удельной теплотой  $k_{c.a.}$ . Иначе говоря, коэффициент распада  $n_{c.a.}$  озона является функцией температуры сушильного агента  $T_{c.a.}$ , его относительной влажности  $\varphi_{c.a.}$  и концентрации в ней озона  $C_{O_3}$ :

$$n_{c.a.} = f(T_{c.a.}, \varphi_{c.a.}, C_{O_3}).$$

В свою очередь, теплота, выделившаяся от распада озона в сушильном агенте,

$$Q_{P1} = n_{c.a.} k_{c.a.} m_{O_3} \quad (4)$$

Однако только некоторая часть этой теплоты  $Q_{P1}$  будет полезно использована на нагрев высушиваемого материала (п), а остальная уйдет с отработанным сушильным агентом. Таким образом, количество полезно используемой теплоты на нагрев высушиваемого материала

$$Q_{P1} = n \cdot n_{c.a.} \cdot k_{c.a.} \cdot m_{O_3} \quad (5)$$

Часть озона  $n_m$  рекомбинирует на поверхности высушиваемого материала с удельной теплотой  $k_m$ . Коэффициент распада озона в данном случае является функцией температуры материала  $T_m$ , его относительной влажности  $\omega$ , загрязненности поверхности и концентрации поступающего озона  $C_{O_3}$ :

$$n_m = f(T_m, \omega, C_{O_3})$$

Удельная теплота рекомбинации  $k_m$  будет равна  $k_{c.a.}$  и на основании уравнения (1) ее численное выражение составит 142,5 кДж/моль.

Допускаем, что теплота, выделившаяся на поверхности материала, полностью идет на его нагрев и будет равна:

$$Q_{P2} = n_m \cdot k_m \cdot m_{O_3} \quad (6)$$

В то же время температура свежееубранного зерна (травы) повышается за счет выделения теплоты в результате реакции дыхания:

$$Q_d = n_d \cdot k_d \cdot m_{O_3} \cdot m_m, \quad (7)$$

где  $n_d$  - доля озона, инициирующая биохимические реакции дыхания;

$k_d$  - удельная теплота, выделяющаяся при дыхании, кДж/моль

$$k_d = f(T_m, \omega, C_{O_3})$$

$m_{O_3}$  - масса озона, полученная в результате синтеза, г;

$m_m$  - масса материала, которая участвует в процессе дыхания.

Теплота, полученная от биохимического действия озона  $Q_b$ , зависит от долевого участия озона в биохимических реакциях  $n_b$  и от удельного тепловыделения  $k_b$ :

$$Q_b = n_b \cdot k_b \cdot m_{O_3} \quad (8)$$

Подставляя значения соответствующих составляющих в уравнение (3), определим суммарное значение теплоты, полученной за счет воздействия озона на процесс сушки:

$$Q = n_m \cdot k_m \cdot m_{O_3} + n_m \cdot k_m \cdot m_{O_3} + n_d \cdot k_d \cdot m_{O_3} \cdot m_m + n_b \cdot k_b \cdot m_{O_3} \quad (9)$$

Масса синтезированного озона определяется в процессе эксперимента путем измерения концентрации озона непосредственно после озонатора и расхода сушильного агента:

$$m_{O_3} = C_{O_3} \cdot L_C \quad (10)$$

где  $C_{O_3}$  - концентрация в сушильном агенте, мг/м<sup>3</sup>;

$L_C$  - расход сушильного агента в сушилке, м<sup>3</sup>/ч.

Таким образом, получаем конечное уравнение суммарной теплоты:

$$Q = 142,5 C_{O_3} L_C (n \cdot n_{c.a.} + n_m) + C_{O_3} L_C m_m (n_d k_d + n_b k_b) \quad (11)$$

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЙ СУШКИ ЗЕРНА АКТИВНЫМ ВЕНТИЛИРОВАНИЕМ ОЗОНИРОВАННЫМ ВОЗДУХОМ

Т.П. Троцкая (БелНИИМСХ), И.И. Гургенидзе (БАТУ)

В настоящее время резко возрос интерес к способу сушки зерна активным вентилированием как энергосберегающему приему сохранения урожая. По этой технологии на удаление из зерна 1 кг влаги требуется в 2,5-3,0 раза меньше тепловой энергии, чем при высокотемпературной сушке на установках непрерывного действия. Однако длительность процесса может привести к снижению качества зерна, что часто и случается в производственных условиях. Поэтому иногда реализуются комбинированные приемы сушки с использованием вентилирования обычным наружным или климатизированным воздухом предварительная сушка в высокотемпературных сушилках – досушивание вентилированием; сушка вентилированием искусственно охлажденного зерна; сушка вентилированием наружным воздухом с парами консервантов.

Применение для сушки озонированного сушильного агента ускоряет сам процесс сушки, и, кроме того, решает те же проблемы, что и сушка воздухом с парами консервантов.

Сущность сушки зерна с использованием озono-воздушной смеси заключается в том, что воздух, нагнетаемый или просасываемый вентилятором, проходит через озонатор, смонтированный в воздуховоде. Под действием тихого электрического разряда в межэлектродном пространстве воздух изменяет свой химический и физический состав. Полученная газовая смесь имеет повышенную концентрацию озона и большое количество ионов различной полярности.

Озонаторную установку можно применять в любой существующей системе активного вентилирования зерна, предварительно рассчитав размеры электродных пластин для производства заданной концентрации озона по существующей выше методике. Это утверждение касается и сушки зерна в бункерах активного вентилирования.

Следует отметить, что сушка зерна в бункерах активного вентилирования имеет много преимуществ: достигается полная механизация, минимум механического травмирования, обеспечивается "мягкий" режим сушки, возможность рециркуляции материала, равномерное распределение воздушного потока, а также удобное подключение озонаторной установки.

К соответствующим бункерам устанавливаются генераторы озона с определенной производительностью. Производительность генератора озона в каждом конкретном случае рассчитывается в зависимости от часового расхода воздуха, обеспечиваемого вентилятором. С другой стороны, учитывается оптимальная концентрация озона в сушильном агенте, которая обеспечивает наибольший эффект в ускорении процесса сушки. Такой концентрацией для зерна является  $4,7 \dots 10 \text{ мг/м}^3$  сушильного агента. Исходя из этого, рассчитываем минимальную и максимальную производительность озонатора по озону  $m_{O_3}$ :

$$m_{O_3 \text{ min}} = L C_{O_3 \text{ min}}, \quad m_{O_3 \text{ max}} = L C_{O_3 \text{ max}}$$

Результаты расчета массы озона и соответствующей суммарной площади электродных пластин приведены в таблице.

Таблица

Техническая характеристика генераторов озона  
К бункерам активного вентилирования

Марка бункера	Вместимость, т	Установленная мощность, кВт	Масса бункера, кг	Расход воздуха		Масса озона, г/ч		Площадь электродных пластин, м <sup>2</sup>	
				м <sup>3</sup> /ч	м <sup>3</sup> /т	мин.	макс.	Мин.	макс.
БВ-25А	25	33	1500	11300	452	53,11	113	0,19	0,40
БВ-50	50	62	2500	22500	450	105,75	225	0,38	0,81
БВ-40	40	64	3000	16000	400	75,20	160	0,27	0,57
ОВВ-160	160	264	19000	16000	400	75,20	160	0,27	0,57

Расположение озонаторов в технологической линии с бункерами активного вентилирования возможно в варианте стационарных генераторов озона, устанавливаемых перед вентилятором бункера, через которые просасывается атмосферный воздух, подвергаемый озонированию. При оснащении бункеров воздухоподогревателями генераторы озона могут быть установлены в воздушном канале после подогревателя или теплогенератора, перед входом в бункер.

На зернотоках, где применяется комплекс бункеров активного вентилирования, наиболее целесообразно использовать передвижную озонаторную установку, описанную ранее.

Судя по техническим характеристикам, влагоусьем в бункерах активного вентилирования составлял всего 1...2% в сутки, что соответству-

ет 0,04...0,08 %/ч при удельном расходе воздуха 400 м<sup>3</sup>/ч т. следовательно, сушка длится больше, а удельный расход электроэнергии на БВ-25А достигает 118 кВт ч/т. ускорение процесса сушки в 1,5-2,0 раза за счет использования озона дает большую экономию электроэнергии и гарантию сохранности качественных показателей.

В результате выполненных исследований установлено, что применение технологии сушки в озono-воздушной среде является одним из наиболее перспективных направлений энергосбережения при обработке зерна. Срок окупаемости озонаторных установок к производственным зерносушилкам составляет от 1 месяца до 2,8 года. Минимальное значение относится к сушке больших объемов фуражного зерна на высокопроизводительных сушилках, максимальное – к сушке семенного зерна на сушилках с малой производительностью.

Технология получения озона методом электросинтеза является низкоэнергoзатратной, что обусловлено применением сверхвысокого напряжения при сверхмалых величинах электрического тока. Это влечет за собой малую мощность применяемых озонаторов (60-1250 Вт) и несопоставимую по сравнению с зерносушилками их металлоемкость. При этом экономия энергетических ресурсов в расчете на тысячу рублей стоимости озонатора составляет 1,5-98,5 кг условного топлива и достигается интенсификация процесса сушки в 1,5-2,0 раза.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОМАССОБМЕНА ПРИ СУШКЕ ЛУБОВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ

Смагина Т.В. канд.техн.наук(БАТУ)

Объектом исследования процесса тепломассообмена при сушке явились лубоволокнистые материалы, спрессованные в цилиндрические рулоны, представляющие собой крупногабаритную пористую систему.

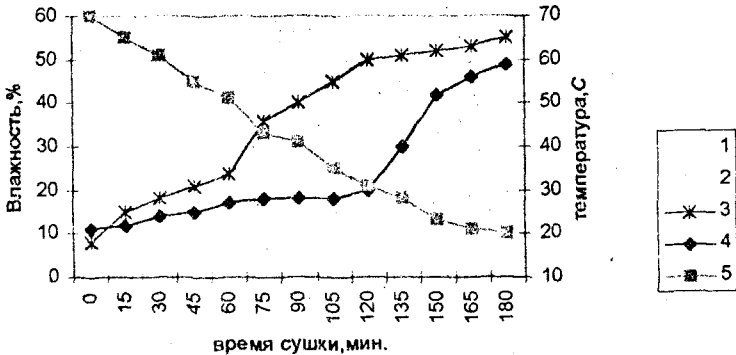
Такие материалы целесообразно подвергать конвективному способу сушки с продувкой агента сушки вдоль стеблей материала через весь объем рулона.

Для исследования процесса тепломассообмена разработана экспериментальная установка, выполненная в виде газонепроницаемой камеры на которой изучалось влияние способов продувки, температуры сушильного агента, скорости его фильтрации на качество материала.

Процесс сушки капиллярно-пористых, коллоидных материалов, к которым относятся лубоволокнистые рулонные пакочки, достаточно полно характеризуются кривыми сушки, скорости и интенсивности сушки, а также температурными кривыми материала и агента сушки (рис. 1)

Температура теплоносителя - 80 градусов; расход - 550 куб.м/час

- 1- изменение температуры уходящего пара
- 2- температура теплоносителя в центре рулона
- 3- температура теплоносителя в верхней части рулона
- 4- температура теплоносителя в нижней части рулона
- 5- кривая сушки
- 2,3,4- температура материала

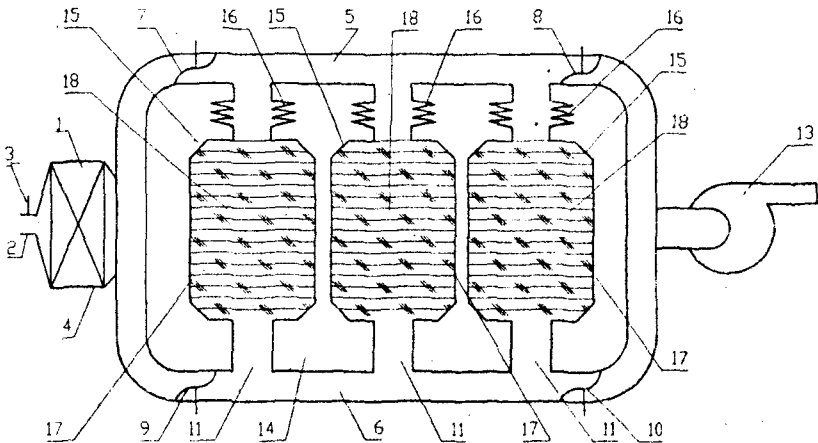


Повышение температуры агента сушки оказывает решающее влияние не только на интенсивность процесса сушки, но и на экономичность процесса. Некоторая интенсификация процесса сушки может быть достигнута так же за счёт реверсивной продувки рулона.

Термограммы различных участков рулона позволяют отметить неравномерность влажности, обусловленную различной плотностью материала. Максимальная влажность материала при данном способе пакочки имеет место в центре рулона.

Выполненные экспериментальные исследования и проведённые теплотехнические расчёты позволяют предложить в качестве наиболее

эффективного метода конвективной сушки, характеризующегося минимальными экспозицией процесса и энергетическими затратами, продувку рулона под разряжением с возможностью реверсирования. Метод реализуется на сушильной установке (рис.2)



- 1 - воздухонагреватель
- 2 - натекаль воздуха с регулируемой заслонкой 3
- 4 - коллектор с ветвями 5,6
- 7 - 10 - регулируемые клапаны с электрическим, гидравлическим или механическим приводом
- 11 - трубопровод
- 12 - сушильные секции
- 13 - вакуум - насос
- 14 - неподвижное днище в виде усеченного конуса
- 15 - колпак
- 16 - гибкая вставка
- 17 - эластичные газонепроницаемые стенки
- 18 - рулон

Осуществление процесса сушки в предлагаемой сушилке при периодическим созданием вакуума и периодическом заполнении материала в рулонах подогретым воздухом позволяет существенно увеличить качество и интенсивность сушки. Это достигается тем, что воздух проникает в рулоны и отсасывается равномерно по всему объёму рулона. Кроме того, в предлагаемой сушилке воздух не может проходить мимо рулона вдоль

стенок сушильных секций, поскольку при давлении в секциях меньше атмосферного, эластичные герметичные стенки плотно прилегают к рулону.

## НОВЫЙ КОНЦЕПТУАЛЬНЫЙ ПОДХОД К РЕШЕНИЮ ПРОБЛЕМЫ ОЧИСТКИ ВЕНТВЫБРАСОВ ПРЕДПРИЯТИЙ АПК

А. И. Николаенков, В. С. Ветров, Б. А. Мелешенко,  
А. В. Семижен (Бел НИКТИММП)

Ежегодно, предприятия АПК выбрасывают в атмосферу от 6 до 10 тысяч тонн токсичных соединений 1-4 класса опасности, а также вентвыбросы с высокой степенью бакзагрязнений.

Экологическая проблема может быть представлена:

$$C_p \rightarrow C_v \rightarrow C_p \quad (1)$$

где  $C_p$  - регламентируемая экологическими службами;

$C_v$  - технологическая загрязненность воздуха, в принятых единицах размерности.

При наличии систем очистки воздуха решением проблемы (1) является:

$$C_p \rightarrow C_v \rightarrow C_0 \rightarrow C_p \quad (2)$$

где  $C_0$  - загрязненность воздуха, прошедшего очистку.

Теоретико-экспериментальные исследования, проведенные БелНИКТИММП, позволяют уточнить концепцию решения экологической проблемы и представить:

$$C_p \rightarrow C_v \leftrightarrow C_0 \quad (3)$$

Утверждение (3) означает, что очищенный до требуемых санитарно-гигиеническими службами параметров, воздух возвращается в технологическое помещение.

Экономия энергоресурсов, полученная за счет рециркуляции по технологическим характеристикам газоочистного оборудования БелНИКТИММП составляет:

- для сырьевого мясоперерабатывающего предприятия - 25 Мкал/год;
- для участка по выращиванию 15 тыс. бройлеров - 430 Мкал/год;
- для свинарника на 2200 голов поросят - 740 Мкал/год.

## ОТДЕЛЕНИЕ ЧАСТИЦ ДИСПЕРСНОЙ ФАЗЫ ПРИ НАЛОЖЕНИИ НА ОБЪЕМ ДИСПЕРСНОЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

А.В.Семижон, к. т. н. (Совхоз-комбинат «Борисовский»)

Особый интерес вызывают исследования, которые доказывают возможность ускорения процесса отделения частиц дисперсной фазы при наложении на объем дисперсной системы дополнительного поля массовых сил электромагнитной природы, аналогичного гравитационному полю или полю центробежных сил, возникающих, например, в гидроциклонных установках. Такие силы могут возникать при наложении магнитного поля на объем электропроводящей жидкости, пересеченной электрическим током. Подобный принцип использования электромагнитных сил заложен в работу различного рода электромагнитных насосов.

Теоретические основы процесса разделения дисперсных систем посредством совместного воздействия электрических и магнитных полей были рассмотрены ранее. Особенно важен в данном случае тот факт, что для протекания процесса требуется наличия у частиц дисперсной фазы заряда. Необходимым условием отделения частиц является отличие электропроводности частиц от электропроводности дисперсной среды. Сущность процесса разделения в этом случае заключается в следующем.

В однородной проводящей жидкости (какой в принципе является природная или техническая вода), пересеченной однородным электрическим током  $\vec{j}$  и однородным магнитным полем  $\vec{H}$ , перпендикулярным току, каждый элемент объема жидкости испытывает электромагнитную силу

$$\vec{F} = \mu(\vec{j} \times \vec{H}) \Delta V$$

где  $\mu$  - магнитная проницаемость жидкости.

Так как жидкость в этих условиях остаётся в равновесии, то очевидно, что эта объемная сила должна быть нейтрализована равной и противоположно направленной силой. Этой силой является поверхностная сила (аналогичная гравитационной гидростатической выталкивающей силе), которую окружающая жидкость прилагает к элементу объема.

Подобная поверхностная сила является результатом градиента статического давления (аналогично градиенту гравитационного гидростатического давления), устанавливающегося в жидкости под действием поля массовых сил электромагнитной природы.

Если же в жидкость помещается элемент объема, отличающийся

по электропроводности ( в нашем случае - капелька жиропродукта), то равновесие между объемной и поверхностной силой нарушается и элемент объема будет испытывать силу, аналогично гидростатической выталкивающей силе. Очевидно, что величина силы тем больше, чем больше разность в электропроводности частицы и окружающей ее жидкости. Таким образом, силы тяжести, обуславливающие выталкивающие силы, являются, в конечном итоге, следствием разности плотностей среды и фазы, могут быть заменены электромагнитными силами.

Здесь необходимо отметить, что в то время, как разница плотностей жиропродукта и воды незначительна, то по электропроводности они могут отличаться на несколько порядков. В связи с этим, естественно ожидать значительного эффекта от применения рассматриваемого явления для очистки сточных вод от диспергированного жиропродукта.

## **УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА АЭРОБНОЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ ПУТЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В КАЧЕСТВЕ КОАГУЛЯНТА ИЗБЫТОЧНОГО АКТИВНОГО ИЛА**

**А.В.Семижон, к. т. н. (Совхоз-комбинат «Борисовский»),  
А.А.ДенисовБ, д.б.н. (ВНИТИБП, Россия)**

Экспериментальные исследования показали, что эффективность системы аэробной биологической очистки сточных вод может быть повышена за счёт улучшения осаждаемости смесей, поступающих в первичный отстойник, при использовании в качестве коагулянта избыточного активного ила. При этом технологическая схема системы биологической очистки должна дополнительно включать в себя ёмкости, предназначенные для перемешивания иловой суспензии с поступающей в отстойник исходной сточной водой. Введение активного ила и его перемешивания в смесях перед подачей их на отстаивание позволяют интенсифицировать процесс флокулообразования и тем самым улучшить осаждаемость смеси в отстойнике. В результате этого может быть существенно снижена нагрузка по органическим загрязнениям на аэротенк и достигнута более эффективная очистка сточной воды на выходе из системы биологической очистки. При этом эксперименты показали, что педварительная физико-механическая обработка иловой суспензии перед смешиванием со смесями и введение ее в отстойник даёт возможность значительно повысить эффективность осаждения в нём за счёт увеличения

концентрации внеклеточных биополимеров, способствующих активному флокулированию взвешенных веществ.

Бактерии активного ила в процессе жизнедеятельности постоянно выделяют на поверхности своих клеток органические вещества белкового происхождения - биофлокулянты. Предварительное физико - механическое воздействие на активный ил создаёт условия, при которых этот естественный процесс искусственно интенсифицируется и тем самым обеспечиваются условия максимального улучшения процесса отстаивания. Задача состоит в том, чтобы определить условия оптимального - управления процессом биофлокуляции активного ила за счёт его физико - механической обработки и, тем самым, выработать рекомендации по его практическому использованию при разработке систем биологической очистки сточных вод.

Экспериментальные исследования на сточных водах свиноккомплекса и цеха промышленной мясопереработки показали, что концентрация взвешенных веществ и ВПК в осветлённой сточной воде на выходе из первичного отстойника за счёт подачи в него предварительно обработанной иловой суспензии может быть снижена на 40 - 60%. При постоянных по интенсивности механических воздействиях на активный ил имеют место оптимальные величины нагрузок по взвешенным веществам в исходной сточной воде на единицу объёма иловой суспензии. Установлено также, что по мере роста механического воздействия на активный ил, эффективность предварительного снятия нагрузок в первичном отстойнике существенно повышается. В проведенных экспериментах в качестве физико-механических устройств использовались различные по принципу возбуждения гидродинамических усилий средства: центробежные насосы, дросселирующие шайбы, насадки Вентури. Реакция бактериальных клеток на механическое воздействие состоит в том, что, во-первых, имеет место непрерывное снятие биополимерных чехлов и транспортировка биополимеров в межклеточную жидкость (раствор). При этом, во-вторых, клетка понуждается к непрерывному восполнению снятых поверхностных биополимеров за счет расходования аккумулированных в ней белковых веществ. Оба эти процесса (срыв и восполнение поверхностных биополимерных структур) обеспечивают благоприятные условия для максимального повышения концентрации биополимеров в иловой суспензии и, тем самым, создают предпосылки для интенсификации биофлокулирования и отстаивания в отстойниках. Указанный выше механизм подтверждается данными трансформации белковых соединений в процессе экспериментов. Кроме того, исследование микробиологического состава сред,

участвующих в технологическом процессе, показывают решающую роль выделяемых в процессе обработки биополимерных соединений в интенсификации процесса флокулирования смеси в отстойнике.

Полученные, экспериментальные данные аппроксимированы аналитическими зависимостями, позволяющими разработать научно-обоснованные рекомендации по повышению эффективности очистки при проектировании новых и реконструкции существующих очистных сооружений, а также при их пуско-наладке и в процессе промышленной эксплуатации.

## **ДИЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СЕПАРАЦИЯ ОПТИМАЛЬНЫЙ СПОСОБ РАЗДЕЛЕНИЯ СЫПУЧИХ СМЕСЕЙ**

**Е.А. Городецкая ( НАН РБ), В.И. Тарушкин  
( МИИСХП, г. Москва)**

Пищевые и перерабатывающие предприятия агропромышленного комплекса, в том числе и хозяйства-производители до сих пор находятся на пути решения важной народнохозяйственной задачи - как не только получить экологически чистые продукты, но и сохранить, переработать их и реализовать потребителю. Как рационально использовать выращенную сельскохозяйственную продукцию и возможно улучшить ее качество.

В Западных странах разработаны дорогостоящие и высокопродуктивные машины, устройства и технологии. Наши специалисты предлагают не менее эффективные конструкции и технологии, обладающие научной, патентной и практической оригинальностью.

Речь идет о конкурентноспособном устройстве разделения сыпучих смесей и выделения высокосодержащих фракций. Представляемый нами диэлектрический сепаратор призван разделять сухие сыпучие мелкодисперсные продукты с учетом электрических свойств частиц и получением фракций гарантированного качества и нужных свойств. Принцип и реализованное устройство защищены авторскими свидетельствами. Например, внедрение электросепарирующего устройства в технологической линии безотходной переработки картофеля обеспечит увеличенный на 10 % выход высококачественного продукта - пищевой картофельной муки гарантированного качества.

Нашими исследованиями установлено, что, несмотря на относительно мелкие размеры частиц смесей, которые мы можем разделять ( от 2 мм до 30...100 мкм), они (частицы) не являются абсолютно чистым и

однородным материалом (воздушные раковины, смещение крахмальных ядер и их слоистость, биохимическая неоднородность и т.д.). В связи с этим, частицы можно рассматривать как неоднородный диэлектрик и представлять в виде эквивалентной схемы замещения. Также правомерно полагать наличие у разделяемых частиц остаточной поляризации. Благодаря всему вышперечисленному, при диэлектрической сепарации осуществляется разделение частиц с равной массой и размерами, но различным биохимическим составом, чего нельзя добиться с использованием триеров и подобных традиционных механических просеивающих машин.

В связи с оригинальностью метода особого внимания заслуживает вопрос отрицательного воздействия электрического поля, участвующего в разделении смесей, на их химический состав и постоянство структуры, т.е. речь идет о возможности изменения нативных свойств продуктов. Установлено, что напряженность собственного электрического поля живых клеток составляет около 200 кВ/см, внешнее же электрическое поле, создаваемое электродами в предлагаемых конструкциях электросепарирующих устройств, колеблется в диапазоне 0,5...1,0 кВ/см. Таким образом, напряженность собственного электрического поля внутри частиц пищевых продуктов и смесей, предложенных к разделению, более чем на порядок превосходит внешнее электрическое поле, необходимое для разделения смесей. Поэтому правомерен вывод об отсутствии изменений нативных свойств частиц, что было подтверждено и биохимическим тестированием.

Нашими исследованиями определены методы и средства, реализующие разделение частиц сыпучих смесей. Разделение в электрическом поле происходит либо при наличии различий в диэлектрических проницаемостях, либо при наличии различий в динамике поляризации и деполаризации частиц, обусловленных различным биохимическим составом, но имеющих подобные физико-механические свойства. Раскрыт также механизм разделения сыпучей смеси электросепарированием. Установлено, что на электросепарирующих устройствах смеси разделяются по совокупности механических и биохимических свойств.

В сравнении с известными электрическими методами, диэлектрический обладает следующими преимуществами:

- для реализации таких устройств не нужны специальные источники питания и выпрямительные установки. Они надежно работают на переменном и постоянном напряжении промышленной частоты;

- электрические поля в диэлектрических сепараторах более устойчивы к изменениям относительной влажности и температуры воздуха, ат-

мосферного давления, чем, например, поля коронного разряда;

- электрические поля энергоэкономичны. Удельный расход на два порядка ниже, чем у механических сепараторов и не превышает 0,015 кВт ч/кг;

- диэлектрические сепарирующие устройства просты в обслуживании и управлении, легко, без разборки очищаются от сепарируемой смеси. Распределение фракций легко регулируется изменением напряжения на электродах рабочего органа без его замены;

- для реализации устройств не требуются дефицитные узлы и детали. Монтаж производится серийно выпускаемым оборудованием;

- электрические поля в наших устройствах, создаваемые системой разноименно заряженных электродов на частицы (возможно и семена) воздействуют локально, т.е. напряженность внешнего электрического поля на расстоянии 10...30 мм уменьшается до нуля. Это не только делает устройства энергоэкономичными, но и соответствует требованиям промсанитарии.

Какие же смеси разделяются на диэлектрических сепарирующих устройствах? Возможно выделение зародыша в гомогенную фракцию, что позволит получить широкий спектр новых диетических и специальных продуктов с колоссальным коммерческим эффектом. Одновременное получение эндосперма, без примет зародыша, обеспечивает повышенную сортность и классность муки, более длительный срок ее хранения, лучшую усвояемость. Возможно применение в меню пшеничных отрубей, богатых клетчаткой и витаминами, являющихся экологически чистым продуктом.

Установлено также, что метод и устройство электросепарации позволяют выделять из партии чая мелкую фракцию с полнотой выделения 90...95 %; возможно фракционирование чайного листа по крупности компонентов с выделением исключительно скрученного сортового чайного листа (для сортов и марок высшего качества); возможна реализация контрольной службы для отбора из общей марочной смеси чая составляющих ее компонентов и оценки массовой доли каждой.

Электросепарация пищевых отходов позволяет резко снизить концентрацию стекла в смеси до содержания его в виде стеклянной пыли.

Электросепарация травяной резки и муки - эффективный прием получения концентрированных кормов, содержание сырого протеина в которых превосходит зерно злаковых культур, также не уступающих по энергетической ценности. Во фракции, обогащенной протеином, в 1,5 раза меньше клетчатки, что позволяет использовать ее в рационах не-

жвачных животных и птицы.

Использование электросепарирующего устройства в переработке сельскохозяйственной продукции на стадии очистки и получения гомогенных фракций позволяет значительно упрощать технологические линии, экономить электроэнергию, получать новые диетические продукты и товары международной классификации.

## **ЭНЕРГОРЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЭКСТРУЗИОННЫХ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ НА ОСНОВЕ ПИЩЕВОЙ КАРТОФЕЛЬНОЙ МУКИ**

**Е.И. Алексеева (Институт экспериментальной ботаники НАН РБ),  
А.И. Жушман, В.Г. Карпов (НПО крахмалопродуктов, Москва)**

Одним из основных направлений технического прогресса в пищевой промышленности является изучение изменений физико-химических свойств при применении различных методов воздействия на природные сырьевые материалы, которые используются для питания человека. Изменение только одного параметра процесса зачастую не приводит к существенному ускорению процесса направленной обработки материала. В настоящее время возможно создание таких условий процесса, в которых обрабатываемое сырьё одновременно подвергают комбинированному сложному воздействию. Выбор параметров процесса основывается на проведении комплексных исследований, позволяющих определить изменения структуры и свойств обрабатываемого материала. Таким перспективным и энергоресурсосберегающим направлением в технологии пищевых производств является экструзия.

Экструзия один из самых эффективных процессов, так как он сочетает воздействие на обрабатываемый материал напряжений сжатия, сдвига с одновременной влаготермической обработкой материала при получении различных продуктов питания.

В данной работе, в качестве сырья для получения различных экструдатов была использована пищевая картофельная мука, обработанная на лабораторном экструдере и экструдере ПО "Арсенал". На процесс экструзии наиболее существенное влияние оказывают следующие факторы:

- технологические параметры (содержание влаги в сырье, его вид, дисперсность, температура обработки);
- геометрические и кинематические параметры шнека;

- конструктивные и геометрические параметры корпуса экструдера и матрицы;
- материал из которого изготовлены рабочие поверхности экструдера и чистота их обработки.

При проведении эксперимента у каждого из вышеназванных факторов поочередно изменяли его значения на четырех уровнях при постоянных значениях трех остальных. Величина и пределы изменений этих факторов определены с учетом физико-химических свойств пищевой картофельной муки, экструдатов и технико-экономических показателей процесса экструзии. Так, например температуру обработки можно изменять от 70°C до 170°C. Температура обработки ниже и выше этих пределов нежелательна из-за получения или экструдатов, требующих дополнительной сушки, или происходит разложение крахмала в пищевой картофельной муке.

Границы содержания влаги в сырье от 15% до 40% обусловлены тем, что ниже 15% повышается расход энергии на обработку и экструдаты обладают малой пластичностью, а выше 40% повышается плотность экструдатов.

Изменение частоты вращения шнека от 60 об/мин до 105 об/мин выбрано с учетом того, что при меньших значениях частоты увеличивается длительность обработки материала и значительно снижается производительность экструдера. При частотах выше 105 об/мин наблюдается ухудшение заполнения межвиткового объема шнека экструдера в зоне загрузки и возрастает расход энергии.

Полученные образцы экструдатов из пищевой картофельной муки были проанализированы с определением показателей, характеризующих структурные изменения, а именно - растворимости в воде при 50°C, щелочного числа и индекса оптической плотности.

Анализ данных показывает, что условия обработки существенно влияют на физико-химические свойства пищевой картофельной муки. Так увеличение влажности сырья с 15% до 45% приводит к снижению деструкции полисахаридов крахмала, о чём свидетельствует уменьшение растворимости экструдатов и щелочного числа, и увеличение индекса оптической плотности.

Увеличение температуры, наоборот приводит к росту деструкции крахмала. Это подтверждается увеличением растворимости экструдатов и щелочного числа и уменьшением индекса оптической плотности.

Изменение частоты вращения шнека, при постоянных значениях остальных параметров, оказывает сложное влияние на физико-химиче-

ские свойства экструдатов.

С увеличением частоты вращения шнека экструдера растворимость экструдата и щелочное число вначале уменьшаются, а затем возрастают. Индекс оптической плотности вначале увеличивается, а затем уменьшается. Такое изменение свойств экструдата в зависимости от частоты вращения шнека обуславливается влиянием на свойства обрабатываемой пищевой картофельной муки двух факторов - механического напряжения, которое растет с увеличением частоты вращения и продолжительности гидротермомеханической обработки, которая при этом уменьшается.

Увеличение площади отверстия дюзы при постоянных значениях прочих факторов приводит к уменьшению деструкции крахмала, о чем свидетельствует изменение растворимости, щелочного числа и индекса оптической плотности. При увеличении площади отверстия дюзы происходит уменьшение действия механических напряжений на обрабатываемый материал, из которых наиболее значительным является напряжение сдвига.

Анализируя величины найденных показателей, характеризующих изменение структуры пищевой картофельной муки, под действием различных параметров процесса можно сделать вывод о том, что выбранные параметры имеют приблизительно одинаковую значимость при формировании свойств экструдата.

На основании полученных экспериментальных данных и с помощью математического метода планирования эксперимента, можно так рассчитать численные значения этих параметров, что при незначительных конструктивных изменениях отечественных экструдеров и наименьших энергозатратах получать экструдированные продукты необходимого качества.

## КОМБИНИРОВАННЫЙ МЕТОД СУШКИ ЗЕРНА

Г.М. Рубель (БАТУ)

Зерно, как объект сушки, отличается двумя особенностями. Во-первых, это живой организм, для которого характерна совокупность разнообразных биологических, и прежде всего, биохимических процессов. Во-вторых, тело зерновки имеет очень сложный химический состав и структуру.

Кроме того, зерно является термолабильным и влагоинерционным

материалом. При нагреве семенного зерна пшеницы выше предельно допустимой температуры (50-55°C) происходит ухудшение его свойства в результате денатурации белкового комплекса. Вследствие значительной влагоинерционности зерно в процессе сушки быстро нагревается и медленно отдает влагу.

Поэтому в наиболее распространенных зерносушилках шахтного типа за время достижения предельно допустимой температуры удается испарить только 6-8 % влаги.

Первой и основной причиной ухудшения качества зерна является неравномерный нагрев его из-за различной скорости продвижения через сушилку, и следовательно, разного времени пребывания отдельных зерен в сушилке. Разница температуры зерен в сушилке достигает 20 °С.

Второй причиной ухудшения качества зерна при сушке в шахтных сушилках является неизбежное (при непрерывной конвективной сушке зерна, имеющего небольшой коэффициент теплопроводности) углубление поверхности зоны испарения с вытекающим отсюда пересыханием поверхности зерна при длительном (до 1-1,5 ч) термическом воздействии.

К серьезным недостаткам шахтных зерносушилок следует отнести и невозможность высушивания в них за один пропуск без резкого ухудшения качества зерна высокой влажности. Этот недостаток особо ощущается в тех случаях, когда значительная часть поступающего зерна имеет влажность 26-30 %.

Сушка зерна с любой начальной влажностью до состояния, при котором оно может длительное время храниться, возможна лишь комбинированным методом, когда при достижении зерном предельно допустимой температуры процесс прерывается (заканчивается теплоподвод). Недосушенное зерно необходимо охладить после чего можно повторно сушить его.

Однако сушка зерна с многократным пропуском через сушилку создает затруднения при поточном приеме и обработке зерна, так как необходимо выделять бункера для временного хранения недосушенного зерна, наблюдать за его состоянием, принимать меры для сохранения и организовывать повторную сушку.

Комбинированный метод позволяет сушить зерно при поточной сушке со снижением энергозатрат. При этом способе происходит кратковременный нагрев зерен за счет использования отработанного теплоносителя, с удалением поверхностной влаги, отлежка, при которой происходит активное перераспределение тепла и влаги между отдельными зернами.

ми, охлаждение, в процессе которого происходит удаление влаги. При этом способе происходит сушка не только конвективным способом за счет омывания зерна агентом сушки, но и путем контактного массообмена при соприкосновении зерен, имеющих различную влажность и температуру. Менее нагретые зерна воспринимают контактным способом тепло от более нагретых, а более влажные отдают свою влагу менее влажным.

Анализ технологий послеуборочной обработки зерна на зерноочистительно-сушильных комплексах, оборудованных сушилками СЗШ-16 и М-819 показывает, что они обладают резервами для повышения производительности, экономии топлива и энергоресурсов при реконструкции их на комбинированный метод с повторным использованием теплоносителя.

Схема модернизации комплекса представлена на рисунке. Существующий метод сушки происходит в следующем порядке. Зерно подается на очистительные машины (4). Предварительно очищенное зерно загружается в накопительные бункера (3). Далее зерно загружается в шахтную сушилку (2). Происходит сушка зерна. Теплоагент нагревается в теплообменнике печи (2). Высушенное зерно помещают в бункера и далее вывозят на хранение в хранилища.

Наш метод основан на том, что сырое зерно при загрузке в накопительные бункера продувается отработанным теплоносителем, который подается к бункерам по трубопроводам (5). Сырое зерно в этих бункерах нагревается до небольшой температуры. Процесс сушки начинается уже в бункерах. Здесь же происходит и фаза отлежки зерна. Происходит перераспределение влаги и температуры. Далее зерно перемещается по нориям, где и происходит его охлаждение и удаление влаги. Основная сушка начинается уже в шахтной сушилке, где и происходит окончательное досушивание.

Основная сушка происходит значительно быстрее, так как зерно прошло фазу отлежки, при котором с верхних слоев удалилась влага, а с внутренних слоев зерновки влага переместилась ближе к наружным.

При данном методе не придется использовать больших температур, что значительно снизит удельные затраты энергии и улучшит качество семян.

## ЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД СУШКИ ЗЕРНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОРБЕНТА

Г.М. Рубель (БАТУ)

Зерно относится к материалам плохо отдающим влагу в процессе сушки. Внешними факторами ( температура сушильного агента , его влажность и скорость продувания ) ускорить процесс невозможно , так как удаление влаги зависит от скорости ее продвижения из внутренних к наружным слоям зерна. А это связано с его физико-механическими свойствами .

Есть основания полагать , что для ускорения процесса сушки зерно необходимо подвергнуть предварительной обработке . Одним из таких методов является процесс сорбции при окружающей температуре материалами легко поглощающими и легко ее отдающими . К таким материалам не загрязняющими зерно и отрицательно не оказывающими воздействие на его пищевые и фуражные качества могут быть такие пищевые материалы как соль , сахар , крахмал . Однако их стоимость может оказаться выше , чем экономия энергозатрат при сушке зерна .

Поэтому следует обратить внимание на отходы переработки картофелеперерабатывающей промышленности , где очистки идут на корм скоту .

Используя крахмалосодержащий продукт в смеси с солью или сахаром в качестве сорбента , можно попытаться применить для предварительного перераспределения влаги перед сушкой зерна . Причем в качестве крахмалосодержащего продукта использовать не картофель , а отходы при его переработке .

В процессе смешивания зерна с сорбентом последний измельчается , что может отрицательно сказаться при его повторном использовании . Отходы картофелеперерабатывающей промышленности в этом смысле имеют преимущество в том , что содержат поверхностную роговицу - очистки , - более устойчивые к процессу истирания .

При анализе энергетических затрат в наиболее распространенных зерносушилках шахтного типа установлено , что их энергетический КПД составляет 40-45 % , причем потери тепловой энергии составляют более 50 % . Это объясняется несовершенством технологии и оборудования , их низкой энергетической эффективностью .

Снижение удельных затрат достигается тем , что перед сушкой зерно смешивают с сорбентом в количестве 5...10 % к общей массе и

смесь выдерживают при температуре окружающего воздуха в течении 3...4 часов , а в качестве сорбента используют очистки картофелеперерабатывающей промышленности . Для повышения гигроскопичности сорбента и тем самым еще большего снижения энергоемкости процесса сушки в очистки картофеля добавляют поваренную соль в соотношении 0,2/1 , при этом соль вводят в сорбент в виде водного раствора с последующей сушкой сорбента до влажности 8...10 % , а соленый сорбент смешивают с зерном в соотношении 0,1/1 и смесь перед сушкой выдерживают при температуре окружающего воздуха в течении 4...5 часов .

В данном способе после механического смешивания при выдержке смеси перед сушкой происходит кондуктивный массообмен между зерном и сорбентом , и влага переходит из пор зерна в поры сорбента . Следует заметить , что при сушке зерна происходит как кондуктивный , так и конвективный массообмен . При сушке сорбент легче и быстрее отдает влагу , при этом одновременно происходит удаление влаги из зерна как в сушильный агент , так и в сорбент , причем в зоне сушки происходит окончательное досушивание зерна до кондиционной влажности , а также происходит регенерация сорбента .

При конвективной сушке смеси зерна с сорбентом после выдержки увеличивается скорость сушки и повышается энергетический КПД за счет увеличения поверхности испарения и более полного насыщения влагой сушильного агента .

## РАЗРАБОТКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО МОДУЛЯ ДЕЗОДОРАЦИИ РАСТИТЕЛЬНОГО МАСЛА

Ю.И.Горбачев, В.В.Шостак, А.А.Дубяго (БелНИКТИММП)

Окончательной стадией рафинации растительного масла является дезодорация его водяным паром. В настоящее время для получения пара заданных параметров используются паровые котлы, в которых необходимое количество теплоты для парообразования получают либо в процессе сжигания разнообразных топлив, либо с помощью электроэнергии. Однако подобные устройства имеют ряд недостатков: подверженность внутренней и внешней коррозии, низкий КПД использования энергоресурсов, сложность конструкции аппаратов и их обслуживания, высокие массогабаритные показатели, повышенные требования к технике безопасности.

Разработана конструкция ТВЧ-нагревателя, в диамагнитном корпусе которого в виде спирали установлена лента из электротехнической

стали. Снаружи диамагнитного корпуса размещена обмотка высококачественного индуктора. При прохождении переменного тока через обмотку индуктора лента нагревается. Подогреваемая жидкость движется вдоль развитой поверхности спиралевидного нагревателя, за счёт этого увеличивается коэффициент использования площади теплообмена и коэффициент использования электроэнергии.

Достоинства: КПД-80 ...95%, уменьшение удельных массогабаритных показателей в сравнении с существующими, возможность автоматизации, коррозионная стойкость, электро-, пожаро- и взрывобезопасность, высокая ремонтпригодность. Данный энергетический модуль используется в системе дезодорации растительного масла и может быть применен как парогенератор или пароподогреватель в широком спектре технологических линий.

## ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ДЕЗОДОРАЦИИ РАСТИТЕЛЬНОГО МАСЛА

Ю. И. Горбачев, А. Н. Кажуро, И. А. Хайтин (БелНИКТИММП)

Технология производства растительного масла включает очистку методом рафинации. Полноценное растительное масло должно содержать заданное количество биологически активных элементов, иметь определенный жирно-кислотный состав, минимальное содержание продуктов окисления и вредных примесей. Установлено, что большинство вредных элементов удаляются из масла только в процессе дезодорации масла. Поэтому окончательным этапом рафинации должна быть высокотемпературная дезодорация растительного масла.

В процессе дезодорации из масла удаляются летучие компоненты, обуславливающие его специфический запах, происходит удаление хлороорганических пестицидов, канцерогенных углеводородов, микотоксинов, токсичных солей тяжелых металлов, а также продуктов окисления масла. В результате улучшаются органолептические показатели, масло обезличивается и может быть использовано как по прямому назначению, так и для приготовления соусов, майонезов и т. д.

В основе процесса дезодорации лежит массообмен между маслом и острым паром, поэтому главным признаком, определяющим конструктивные особенности дезодорационных установок, является способ создания поверхности фазового контакта. По этому признаку установки делятся на три типа: распылительные, пленочные, барботажные.

У каждого из этих методов есть свои недостатки: неудовлетворительная степень отгонки летучих веществ, сложность в управлении процессом, повышенный расход пара.

Разработана конструкция барботирующего элемента из пористого титана. Это позволяет повысить эффективность процесса массообмена между маслом и паром путем увеличения межфазной поверхности в начальной стадии образования газожидкостного потока, и в результате увеличить коэффициент использования энергии пара. Кроме того достоинством является коррозионная стойкость, высокая ремонтпригодность, электро-, пожаро-, взрывобезопасность применяемого устройства.

## **ПЕРСПЕКТИВЫ СОВМЕСТНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЯСНОГО И РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ КОМБИНИРОВАННОЙ ПРОДУКЦИИ**

**В. С. Ветров, А. М. Дмитриев, С. В. Чернышев  
(БелНИКТИММП)**

Проблемы обеспечения населения республики высококачественными продуктами, содержащими животный белок, неразрывно связаны с разработкой прогрессивных технологий, учитывающих достижения науки о питании и пище. В последнее время вопросы производства продукции с заданными свойствами привлекают особое внимание.

Устойчивая мировая тенденция к снижению калорийности потребляемой пищи, вызванная рекомендациями ВОЗ в целях профилактики сердечно-сосудистых и других заболеваний, предусматривает снижение энергетической ценности рационов питания. Считается, что необходимо сокращение потребления насыщенных жиров на 25...30 % при адекватном физиологическом потреблении белком, витаминами, минеральными соединениями, пищевыми волокнами. Осуществление этого вызывает необходимость разработки нового вида низкокалорийных (40...50 % по отношению к аналогичным) белковых продуктов с ограниченным содержанием жиров. Один из менее затратных источников достаточно ценных белков - растительное сырье. Комбинации растительных и животных белков, их рациональное сочетание в готовой продукции делают возможным расширить содержание белка в рационе населения. Сложность создания новых видов продуктов, в том числе комбинированных, состоит в том, что их компоненты, обладая различным химическим со-

ставом, должны в конечном итоге сохранять привычные для потребителя органолептические свойства. Решение этого, нового по своей сути вопроса, возможно лишь при использовании физико-химического подхода к пищевой продукции как многокомпонентной сложной дисперсной системе, свойства которой определяются функциональными качествами, характером взаимодействия и структурной совместимостью основных компонентов. Данное направление лежит в русле идеи наиболее полной, малоотходной переработки пищевого сырья в полноценные продукты питания, удовлетворяющие запросы населения с учетом возрастных, профессиональных и региональных особенностей. За рубежом использованию добавок уделяют значительное внимание, широко применяются растительные белковые продукты. Это вызвано в значительной степени тем, что на получение 1 кг растительного белка при интенсивном сельскохозяйственном производстве энергозатраты в 7 раз меньше по сравнению с животным. К перспективным продуктам относят сою, зерновые, зернобобовые и овощные культуры. В последнее время все шире используются овощи: капуста, свекла, а так же картофель. Добавление овощей в мясные изделия позволяет получить готовые изделия хорошего товарного вида, обогащенные витаминами, углеводами, минеральными веществами. Калорийность овощного соевого продукта в 5...6 раз ниже по сравнению с мясным фаршем.

Особенностью производства современных колбасных изделий становится широкое применение водосвязывающих добавок (фосфаты, модифицированные крахмалы и т.д.), причем они вносятся в достаточно большом количестве. Цель их введения - увеличение выходов готовой продукции с хорошими органолептическими показателями. Использование овощной продукции, картофеля, содержащих 75...90 % связанной влаги, позволяет получать продукцию пониженной калорийности, вводить в ее состав дополнительное количество влаги с использованием минимальных количеств водосвязывающих добавок.

Одним из основных направлений развития производства мясорастительных вареных колбасных изделий является определение ресурсов местного растительного сырья, пригодного для получения продукции. Оно должно отвечать следующим требованиям; содержать максимально возможное количество белка, минимальное - жира, иметь высокую биологическую ценность, обладать высокими функциональными свойствами (растворимость, диспергирующая, эмульгирующая, водосвязывающая, гелеобразующая способности), удовлетворять санитарно-гигиеническим требованиям производства, не иметь посторонних привкусов и запаха,

обеспечивать высокое качество колбасных изделий, экономическую эффективность использования, быть простыми в применении, устойчивыми при хранении, транспортабельными.

Производство комбинированной мясо-растительной продукции по типу колбасных изделий требует соответствующего технического оформления. Технологический процесс производства колбасных изделий на предприятиях отрасли хорошо освоен. Он включает в себя ряд основных операций: разделка полутуш, обвалка и жиловка, посол и созревание мяса, предварительное измельчение, перемешивание, куттерование, шприцевание, вязка батонов, термообработка. Достаточно часто применяются также дополнительные операции, связанные с обработкой шпика и включает съемку шкурки, предварительное измельчение и добавление к мясной массе перед куттерованием. Для производства комбинированных мясо-растительных колбасных изделий необходима дополнительная технологическая линия, комплектация оборудованием которой зависит от типа используемой растительной продукции. Для зерновых и зернобобовых культур и продуктов их переработки перед введением их в мясное сырье и куттерованием необходимы следующие технологические операции: очистка, подготовка, измельчение, предварительная термообработка. Для корнеклубнеплодов технологический цикл несколько больше и включает ряд дополнительных операций: мойку, чистку, ревизию, измельчение.

Таким образом, технологический процесс производства комбинированной мясо-растительной продукции должен включать как минимум две поточные технологические линии: подготовки мясного сырья и растительных добавок, связанные единой технологической схемой. Повышение эффективности поточных линий требует совершенствования технологии и оборудования. Оно невозможно без изучения и учета процессов, протекающих в различных машинах и аппаратах, входящих в состав линий. Поэтому при разработке такой технологии необходим комплексный, системный подход, учитывающий многообразие факторов и позволяющий получать ценную в биологическом отношении высококачественную продукцию.

## ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЦЕССА СЕПАРАЦИИ СОРБЕНТА И ЗЕРНА

**К.Ф. Терпиловский, д.т.н., профессор, А.Т. Кундро (БАТУ)**

Актуальность проблемы экономии топлива и электроэнергии требует проведения специальных исследований по комплексному анализу затрат и потерь энергии в зерносушении, разработки методов и средств сушки с использованием сорбента, а также их регулирование и поддержание на оптимальном уровне.

Сепарация зерна и сорбента играет одну из важных ролей процесса сушки. Этот процесс позволяет работать сушилке непрерывно, произвольно и с меньшими энергозатратами. Также процесс сепарации позволит решать вопросы по сортировке других сыпучих сельскохозяйственных культур.

Для определения влияния основных факторов на процесс пневматической сепарации целесообразно предварительное математическое обоснование этого процесса.

На дальность полета зерна и примесей, следовательно и на качество разделения влияют:

- скорость и направление воздушного потока;
- способ подвода зернового материала под струю воздушного потока;
- высота установки питающего устройства;
- величина подачи зерновой массы;
- высота расположения приемного устройства.

В общем случае при сепарации частица массой ( $m$ ) с определенной начальной скоростью ( $w$ ) вводится под углом ( $j$ ) в воздушный поток, движущийся со скоростью ( $u$ ) и направленный горизонтально.

При рассмотрении случая движения частицы в равномерном свободном воздушном потоке под действием силы тяжести, направленной параллельно вертикальной оси, и силы лобового сопротивления ( $R$ ), направление которой противоположно направлению мгновенной относительной скорости ( $v$ ), а также гравитационной силы  $R_g$  частица движется по параболической траектории. Разделение компонентов смеси происходит на основании разности коэффициентов парусности частиц.

Сила сопротивления пропорциональна квадрату относительной скорости.

В момент входа в поток частица будет иметь относительную скорость ( $V_0$ ), величина и направление которой определяются по теореме косинусов будет иметь вид:

$$V = \sqrt{(U^2 + W^2 - 2 \cdot U \cdot W \cdot \cos j)}. \quad (1)$$

При определенных допущениях, т.е. оси координат двигаются вместе с потоком.

Уравнение относительного движения будет

$$\frac{dv}{dt} = (g \cdot \sin Q - k \cdot V^2);$$

$$\frac{V^2}{r} = g \cdot \cos Q,$$

где  $r$  - радиус кривизны траектории;

-угол между осью  $Xv$  и касательной к относительной траектории.

При использовании этих уравнений и помня, что

$V dt = r dQ$ , получим уравнение годографа скорости

$$\frac{dV}{V^3 dQ} = \frac{\operatorname{tg} Q}{V^2} - \frac{k}{g \cdot \cos Q},$$

где  $k$  - коэффициент парусности материала;

$g$  - ускорение свободного падения.

Преобразовав и проинтегрировав которое получаем уравнение для относительной скорости в функции угла  $Q$ :

$$V = \frac{1}{\cos Q \sqrt{\frac{k}{g} \cdot \left[ \frac{\sin Q}{\cos Q} + \ln \operatorname{tg} \left( \frac{Q}{2} + \frac{\pi}{4} \right) \right]} - c_2}$$

Из уравнения  $V^2 = r \cdot g \cos Q$

находим  $V \frac{dQ}{\cos Q} = g \cdot dt$ ,

откуда получаем

$$t = \int \frac{dQ}{g \cdot \cos^2 Q \sqrt{\frac{k}{g} \left[ \frac{\sin Q}{\cos^2 Q} + \ln \operatorname{tg} \left( \frac{Q}{2} + \frac{\pi}{4} \right) \right]} - c_2}$$

Относительное перемещение частицы определяется следующим выражением

$$S = \int V \cdot dt = \frac{1}{2 \cdot k} \ln \left\{ \frac{k}{g} \cdot \left[ \frac{\sin Q}{\cos^2 Q} + \ln \operatorname{tg} \left( \frac{Q}{2} + \frac{\pi}{4} \right) \right] - c_2 \right\} - c_3;$$

где  $C_2$  и  $C_3$  постоянные

Теперь можно определить проекции перемещения частицы в относительном движении на оси координат:

$$X_v = \int_{Q_0}^Q V \cdot \cos Q dt,$$

$$Y_v = \int_{Q_0}^Q V \cdot \sin Q dt.$$

Проекции скорости абсолютного движения сорбента и зерна определяются выражениями:

$$\frac{dX}{dt} = U - V_x;$$

$$\frac{dY}{dt} = U + V_y,$$

а проекции перемещения :

$$X = U \cdot t - X_v;$$

$$Y = U \cdot t + Y_v.$$

Для получения траектории относительного движения частицы полученные определенные интегралы вычисляем методом приближенного интегрирования.

Вычисления элементарных приращений производим по формулам

$$\Delta t_i = \frac{\Delta S_{V_i}}{\Delta V_{cp_i}};$$

$$\Delta X_{V_i} = \Delta S_{V_i} \cdot \cos Q_i;$$

$$\Delta Y_{V_i} = \Delta S_{V_i} \cdot \sin Q_i.$$

Расчет кинематических параметров абсолютного движения по формулам упрощается.

При этом для вычисления  $t$ ,  $X_v$ ,  $Y_v$  используются следующие выражения:

$$t = \sum_i \frac{\Delta S_{V_i}}{V_{cp_i}};$$

$$X_v = \sum_i (\Delta S_{V_i} \cdot \cos Q_i);$$

$$Y_v = \sum_i (\Delta S_{V_i} \cdot \sin Q_i).$$

$$\Delta S_{V_i} = S_{V_i} - S_{V_{i-1}};$$

где -

$$V_{cp} = \frac{V_i + V_{i+1}}{2}.$$

$$i = 1, 2, \dots$$

Используя полученные формулы можно определить траектории полета зерна и сорбента (картофельной мезги). Так как у них разные скорости витания, то наблюдается различие их траекторий. Используя, этот факт и происходит проектирование сепарирующей установки. В соответствии с проекцией перемещения по оси  $X$  для зерна и сорбента устанавливаются приемные секции для фракций. Точка ввода материала в сепарационную камеру находится на расстоянии  $Y$  по вертикали (высоте сепарационной камеры).

Далее в соответствии со скоростью воздушного потока ( $U$ ) проектируется система воздухопроводов и рассчитываются необходимые параметры вентилятора.