



**Министерство образования Республики Беларусь**

**Учреждение образования  
«Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого»**

**Кафедра «Сельскохозяйственные машины»**

**С. И. Кирилюк**

# **ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОТРАСЛЯХ АПК**

**ПРАКТИКУМ**

**по одноименному курсу для студентов  
специализации 1-25 01 07 15 «Экономика  
и управление на предприятиях АПК»  
дневной и заочной форм обучения**

**Гомель 2012**

УДК 633/635+636/639(075.8)  
ББК 40.71я73  
К43

*Рекомендовано научно-методическим советом  
механико-технологического факультета ГГТУ им. П. О. Сухого  
(протокол № 5 от 22.05.2012 г.)*

Рецензент: доц. каф. «Промышленная теплоэнергетика и экология» ГГТУ  
им. П. О. Сухого канд. техн. наук *А. В. Шаповалов*

**Кирилюк, С. И.**  
К43      Инновационные технологии в отраслях АПК : практикум по одному курсу для студентов специализации 1-25 01 07 15 «Экономика и управление на предприятиях АПК» днев. и заоч. форм обучения / С. И. Кирилюк. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2012. – 53 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц; 32 Mb RAM; свободное место на HDD 16 Mb; Windows 98 и выше; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://alis.gstu.by/StartEK/>. – Загл. с титул. экрана.

Приведены теоретические сведения о технологиях возделывания сельхозкультур и обосновании энергоэффективности технологий, применяемых в АПК, а также примеры их расчета.

Для студентов специализации 1-25 01 07 15 «Экономика и управление на предприятиях АПК» дневной и заочной форм обучения.

УДК 633/635+636/639(075.8)  
ББК 40.71я73

© Учреждение образования «Гомельский  
государственный технический университет  
имени П. О. Сухого», 2012

## Содержание

Практическая работа № 1. ....	4
Практическая работа № 2. ....	16
Практическая работа № 3. ....	20
Практическая работа № 4. ....	30
Практическая работа № 5. ....	41
Практическая работа № 6. ....	45

Библиотека ГГТУ им. П.О.Семанова

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №1

### Инновационные технологии при проектировании севооборотов.

#### 1.1 Разработка и составление схем севооборотов

Методика составления схем севооборотов включает определение структуры посевных площадей и оценку предшественников. Структура посевных площадей – основа составления схем севооборотов. Она отражает соотношение площади посевов различных сельскохозяйственных культур и пара. Обычно площадь, занятую одной культурой или хозяйственно– биологической группой, выражают в процентах к общей площади посева [1].

Структура посевных площадей обычно составляет 100%, если в севообороте есть промежуточные культуры, то она будет более 100%.

Структура посевных площадей хозяйства определяется главным образом требованиями рынка.

После разработки структуры посевных площадей проводят оценку выращиваемых культур как предшественников. Предшественником называются сельскохозяйственная культура или пар, занимавшие поле до посева данной культуры. Все предшественники по характеру действия на плодородие почвы можно объединить в следующие группы: чистые пары, многолетние травы, яровые зерновые, зерновые бобовые, пропашные, технические непропашные, озимые зерновые, однолетние травы.

В зависимости от структуры посевных площадей, почвенно-климатических условий предшественники культур будут различны приведены в таблице 1.1

*таблица 1.1*

#### **Предшественники различных культур.**

Культура	Предшественники
Озимые зерновые	Пары чистые (в засушливой зоне) и занятые (в зоне достаточного увлажнения), многолетние травы, зерновые бобовые
Яровая пшеница	Озимые зерновые, зерновые бобовые, пропашные, многолетние травы, пары чистые (в засушливой зоне)
Ячмень, овес, гречиха	Пропашные, зерновые бобовые, озимые и яровые зерновые
Зерновые бобовые	Озимые, пропашные, яровые зерновые

Продолжение таблицы 1.1

Культура	Предшественники
Просо	Пропашные, зерновые бобовые, пласт многолетних трав, озимые по парам
Кукуруза	Озимые зерновые, зерновые бобовые, пропашные
Сахарная свекла	Озимые зерновые по чистым и занятым парам и многолетним травам, кукуруза, зерновые бобовые
Лен–долгунец, конопля	Многолетние травы, пропашные, озимые зерновые, зерновые бобовые
Подсолнечник	Озимая пшеница
Картофель и кормовые корнеплоды	Озимые зерновые, зерновые бобовые, многолетние травы, кукуруза, картофель
Однолетние травы	Яровые зерновые, пропашные
Промежуточные	Высевают после рано убираемых культур
Капуста	Многолетние травы, однолетние травы, морковь, картофель
Морковь	Однолетние травы на корм, капуста, картофель
Столовая свекла	Морковь, картофель, капуста
Томат, баклажан, перец	Зеленные, огурец, капуста, лук, оборот пласта, зерновые бобовые
Лук репчатый, чеснок	Капуста, картофель, морковь, свекла
Арбуз, дыня, тыква	Пласт и оборот пласта многолетних трав, озимые, капуста, корнеплоды, лук

Схема севооборота – это перечень сельскохозяйственных культур и паров в порядке их чередования в севообороте. Ее составляют на основе структуры посевных площадей. Порядок чередования культур зависит от зоны, плодородия почвы, наличия семян многолетних трав, специализации и организационно–экономических условий хозяйства. Вариантов чередования сельскохозяйственных культур для одной и той же структуры посевных площадей может быть несколько. Выбор одного из них определяется конкретными условиями хозяйства.

Составление схем севооборотов осуществляют в следующем порядке.

Знакомятся с почвенно–климатическими условиями, специализацией сельскохозяйственных предприятий, сроками посева и уборки основных культур зоны.

Уточняют структуры посевных площадей. Если общая площадь посева культур и пара окажется более 100%, значит, в структуру посевных площадей включены промежуточные культуры. Их необходимо выделить и определить место посева.

Устанавливают средний размер поля с таким расчетом, чтобы каждая культура севооборота или большинство из них занимали целое число полей.

Определяют количество полей севооборота путем деления общей площади на средний размер поля. Рассчитывают число полей, занимаемых каждой культурой.

Устанавливают состав сборных полей, если такие имеются. В сборное поле должны быть включены культуры с близкими сроками уборки. Кроме того, они должны оказывать примерно одинаковое влияние на плодородие почвы. Эти требования особенно необходимо соблюдать при формировании сборного поля, культуры которого будут предшественниками озимых.

Выделяют наиболее ценные продовольственные и экономически выгодные культуры и подбирают для них лучшие из имеющихся предшественники.

В севообороте с многолетними травами выбирают покровную культуру для их посева.

Из оставшихся культур по лучшим предшественникам размещают более требовательные к плодородию почвы.

Составляют 2–3 звена севооборота и объединяют их в общую схему с таким расчетом, чтобы наиболее эффективно использовалось последствие пара и многолетних трав. Порядок чередования культур обозначают сквозной нумерацией.

Рассмотрим пример составления схемы севооборота для Нечерноземной зоны европейской части России.

Составить схему севооборота для хозяйства молочно-картофельного направления. Почвы дерново-подзолистые среднесуглинистые на покровном суглинке. Структура посевных площадей представлена в таблице 1.2.

Таблица 1.2.

## Структура посевных площадей

Культура	Площадь		Число полей
	Га	%	
Озимая рожь	96	12,9	1
Озимая пшеница	90	12,1	1
Ячмень	93	12,5	1
Овёс	93	12,5	1
Картофель	93	12,5	1
Многолетние травы	186	25	2
Викоовсяная смесь на зелёный корм	93	12,5	1
Всего	744	100	8

Средний размер поля должен составлять 12,5%, тогда каждая культура будет занимать целое число полей. Общее число полей севооборота (8) определяется как частное от деления общей площади пашни (100%) на средний размер поля (12,5%). Многолетние травы занимают в севообороте два поля, другие культуры – по одному.

Далее выделяют наиболее ценные и экономически эффективные культуры. В рассматриваемом примере это озимая рожь, озимая пшеница и картофель. Поскольку озимые зерновые высевают в конце августа, когда большинство культур еще не убрано или продолжает вегетацию, то в первую очередь необходимо подобрать предшественники для озимой пшеницы и озимой ржи. Лучшими в данном примере будут викоовсяная смесь на зеленый корм и многолетние травы. Составляют два звена севооборота, каждое из которых начинается предшественником основной культуры.

I звено севооборота  
Викоовсяная смесь  
Озимая пшеница

II звено севооборота  
Многолетние травы 1-го года пользования  
Многолетние травы 2-го года пользования  
Озимая рожь

Затем необходимо разместить картофель и определить, под какую культуру подсевать травы. Хорошие предшественники картофеля – озимая пшеница и озимая рожь. Многолетние травы целесообразнее посеять под ячмень, так как он меньше затеняет травы, чем овес.

Дополняют звенья следующим образом.

I звено севооборота	II звено севооборота
Викоовсяная смесь	Ячмень с подсевом многолетних трав
Озимая пшеница	Многолетние травы 1–го года пользования
Картофель	Многолетние травы 2–го года пользования
	Озимая рожь

Оставшийся овес можно разместить после озимой ржи. Теперь остается соединить два звена вместе и обозначить чередование культур сквозной нумерацией. При объединении двух звеньев в одну схему необходимо иметь в виду, что последняя культура одного звена должна быть хорошим предшественником начальной культуры другого звена. В нашем примере после картофеля можно размещать ячмень с подсевом многолетних трав, поэтому второе звено будет продолжением первого. В итоге получаем один из вариантов схемы севооборота:

1. Викоовсяная смесь на зелёный корм
2. Озимая пшеница
3. Картофель
4. Ячмень с подсевом многолетних трав
5. Многолетние травы 1–го года пользования
6. Многолетние травы 2–го года пользования
7. Озимая рожь
8. Овёс

Возможны и другие варианты схем севооборота.

## 1.2. Составление плана освоения севооборотов

После того как был составлен и утверждён проект севооборота, его необходимо перенести на территорию хозяйства. Для этого однородный по плодородию земельный массив, на котором предполагается введение нового севооборота, разбивают согласно схеме на равные по площади участки пашни, поля.

Затем приступают к разработке плана освоения севооборота, который представляет схему размещения возделываемых сельскохозяйственных культур по полям на период освоения. План освоения севооборота обычно оформляют в виде таблицы. Период освоения должен быть как можно короче: для полевого севооборота –



не более 2–3 лет, для кормового севооборота с многолетними травами – 3 – 4 лет.

План освоения севооборота разрабатывается следующим образом.

Вначале необходимо ознакомиться с фактическим размещением культур по полям севооборота в предшествующие освоению 2–3 года. При нарезке севооборота в одно поле могут войти земельные участки, на которых выращивали различные культуры; их следует использовать по-разному.

Размещение культур по полям севооборота должно учитывать новую схему чередования.

При наличии многолетних трав на полях севооборота необходимо определить направление их использования.

В первую очередь размещают наиболее ценные культуры (озимые зерновые, яровая пшеница, технические).

В севообороте с многолетними травами необходимо с первого года освоения выбрать целое поле для их посева. Затем размещают культуры, менее требовательные к предшественникам и плодородию почвы.

Для трансформируемых земель (целина, залежь и др.) определяют способ наиболее рационального использования.

После размещения культур севооборота в первый год освоения проверяют занимаемые ими площади.

В годы освоения возможны увеличение площади под основными культурами и уменьшение под второстепенными. Иногда возникает необходимость временного введения новой культуры. Затем размещают культуры по полям севооборота в последующие годы.

Рассмотрим пример составления плана освоения севооборота для условий Нечернозёмной зоны.

Порядок чередования культур в севообороте следующий: 1 – викоовсяная смесь на зелёный корм; 2 – озимая пшеница; 3 – ячмень с подсевом многолетних трав; 4 – многолетние травы 1–го года пользования; 5 – многолетние травы второго года пользования; 6 – озимая рожь; 7 – картофель. Средний размер поля 93 га.

План освоения севооборота оформляют в виде таблицы, в которой указывают номер и площадь поля, культуры, возделываемые по полям севооборота в предыдущие годы, и их площади, размещение культур в годы освоения севооборота (табл. 1.3).

Таблица 1.3

**План освоения семипольного полевого севооборота**

Поле севооборота		Размещение культур в год, предшествующий введению севооборота		Размещение культур в годы освоения					
				Первый		Второй		Третий	
№	Площадь, га	Культура	га	Культура	га	Культура	га	Культура	га
1	93	Картофель Озимые	50 43	Ячмень с подсевом многолетних трав	93	Многолетние травы 1-го года пользования	93	Многолетние травы 2-го года пользования	93
2	95	Картофель ранний Викоовсяная смесь	35 60	Озимая пшеница	95	Ячмень с подсевом многолетних трав	95	Многолетние травы 1-го года пользования	95
3	92	Овёс с подсевом многолетних трав	92	Многолетние травы 1-го года пользования	92	Многолетние травы 2-го года пользования	92	Озимая рожь	92
4	93	Лен  Ячмень	55 38	Озимая рожь  Викоовсяная смесь	41 52	Картофель  Озимая пшеница	41 52	Ячмень с подсевом многолетних трав	93

Продолжение таблицы 1.3

Поле севооборота		Размещение культур в год, предшествующий введению севооборота		Размещение культур в годы освоения					
				Первый		Второй		Третий	
№	Площадь, га	Культура	га	Культура	га	Культура	га	Культура	га
5	93	Многолетние травы 1–года пользования Ячмень	68	Многолетние травы 2–года пользования Однолетние травы	68	Озимая рожь	9 3	Картофель	9 3
			25						
6	94	Кукуруза на силос Озимые	70	Картофель	94	Викоовсяная смесь	9 4	Озимая пшеница	9 4
			24						
7	92	Многолетние травы 2–го года пользования Овёс	52	Озимая рожь Викоовсяная смесь	52	Картофель	9 2	Викоовсяная смесь	9 2
			40						

Согласно данным анализа фактического размещения культур в год, предшествующий введению севооборота, оказывается, что в семи полях имеется по два предшественника. Причем некоторые культуры резко отличаются по биологическим особенностям и влиянию на плодородие почвы.

В период освоения севооборота необходимо обеспечить выполнение плана производства всех видов растениеводческой продукции. Этого можно добиться благодаря правильному размещению культур по предшественникам.

В связи с тем что в новом севообороте имеются два поля многолетних трав, подсеянные травы в поле 3 и травы 1–го года пользования в поле 5 следует оставить на следующий год пользования. Многолетние травы 2–го года пользования в поле 7 необходимо распахать. Следовательно, в графе таблицы «Размещение культур в первый год освоения» в поле 3 следует записать: многолетние травы 1–го года пользования (92га), а в поле 5 – многолетние травы 2–го года пользования (68 га).

Затем необходимо разместить озимые культуры. Для них подбирают наилучшие предшественники. В поле 2 в год, предшествующий введению севооборота, выращивали ранний

картофель и викоовсяную смесь, которые являются хорошими предшественниками для озимых. Поэтому поле 2 можно полностью занять озимой пшеницей. Другую озимую культуру не удастся разместить в целом поле. 52 га озимой ржи следует посеять в поле 6 после многолетних трав 2-го года пользования. Из оставшихся предшественников для озимой ржи подходит лен в поле 4, где нужно посеять 41 га. Таким образом, озимая рожь в первый год освоения севооборота будет размещена в двух полях.

Далее следует выбрать целое поле для подсева многолетних трав. Целесообразно расположить ячмень с подсевом многолетних трав полностью в поле 1.

Таким образом, в первый год освоения севооборота удалось избежать чересполосицы на четырех полях севооборота и только в двух сборных полях размещено по две культуры. Наряду с этим все культуры расположены по хорошим предшественникам и полностью сохранена установленная структура посевных площадей.

После размещения культур по полям севооборота в первый год освоения приступают к их расположению в последующие годы.

Во второй и третий годы культуры в основном размещают по схеме чередования. Третий год считается годом освоения севооборота, так как все культуры расположены по предшественникам, предусмотренным схемой чередования, и занимают соответствующие площади.

После разработки плана освоения севооборота приступают к составлению ротационной таблицы. Ротационная таблица представляет собой план размещения сельскохозяйственных культур и пара по полям и годам на период ротации севооборота (табл. 1.4).

*Таблица 1.4*

**Ротационная таблица**

№ поля	Год ротации						
	1-й	2-й	3-й	4-й	5-й	6-й	7-й
1	Многолетние травы 2-го года пользования	Озимая рожь	Картофель	Викоовсяная смесь	Озимая пшеница	Ячмень с подсевом многолетних трав	Многолетние травы 1-го года пользования

Продолжение Таблицы 1.4

2	Многолетние травы 1-го года пользования	Многолетние травы 2-го года пользования	Озимая рожь	Картофель	Викоовсяная смесь	Озимая пшеница	Ячмень с подсевом многолетних трав
3	Озимая рожь	Картофель	Викоовсяная смесь	Озимая пшеница	Ячмень с подсевом многолетних трав	Многолетние травы 1-го года пользования	Многолетние травы 2-го года пользования
4	Ячмень с подсевом многолетних трав	Многолетние травы 1-го года пользования	Многолетние травы 2-го года пользования	Озимая рожь	Картофель	Викоовсяная смесь	Озимая пшеница
5	Картофель	Викоовсяная смесь	Озимая пшеница	Ячмень с подсевом многолетних трав	Многолетние травы 1-го года пользования	Многолетние травы 2-го года пользования	То же
6	Озимая пшеница	Ячмень с подсевом многолетних трав	Многолетние травы 1-го года пользования	Многолетние травы 2-го года пользования	Озимая рожь	Картофель	Викоовсяная смесь
7	Викоовсяная смесь	Озимая пшеница	Ячмень с подсевом многолетних трав	Многолетние травы 1-го года пользования	Многолетние травы 2-го года пользования	Озимая рожь	Картофель

Ротация севооборота – это интервал, в течение которого культуры и пар проходят через каждое поле в последовательности, предусмотренной схемой севооборота. Период ротации, измеряемый годами, равен числу полей севооборота. В рассматриваемом примере ротация равна 7 годам, поэтому ротационная таблица будет иметь 7 граф и столбцов.

В левой стороне таблицы по вертикали размещают поля севооборотов, а сверху по горизонтали – годы ротации, которые начинаются с года освоения севооборота. В первую колонку ротационной таблицы переносят порядок размещения культур по

полям из Последнего столбца плана освоения севооборота. Дальнейшее размещение культур по годам в каждом поле осуществляют согласно схеме севооборота.

Например, в первом поле после многолетних трав 2-го года пользования в соответствии со схемой чередования следует озимая рожь, затем картофель и т. д.

На седьмой год после освоения севооборота первая ротация завинчивается.

Правильность заполнения ротационной таблицы проверяют по каждому полю севооборота и году ротации. В каждом поле чередование культур должно соответствовать схеме севооборота. По годам ротации должно быть наличие всех культур согласно структуре освоенного севооборота.

### 1.3. Оценка продуктивности севооборотов

Продуктивность севооборотов оценивают по валовому сбору продукции, выраженному в сопоставимых единицах. Такими единицами чаще являются кормовые и зерновые, денежное выражение, энергетические единицы. Иногда используют показатели содержания в продукции протеина или сахара.

Критерием оценки продуктивности севооборота является выход на 100 га пашни зерна, кормовых единиц, рублей.

По этим показателям можно дать сравнительную оценку различных севооборотов. Расчет продуктивности севооборота ведут по форме 8. Справочный материал по содержанию в продукции кормовых, зерновых, энергетических и других единиц предоставляет преподаватель. табл 1.5.

Таблица 1.5.

#### Расчёт продуктивности освоенного севооборота

Культура	Площадь посева, га	Урожайность т/га	Валовой сбор продукции, т		Валовой сбор продукции, корм. ед.		Стоимость продукции, тыс. руб	
			основной	побочный	основной	побочный	основной	побочный

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2

### Инновационные технологии в сельскохозяйственном производстве

#### 2.1. Общие принципы энергетического анализа.

Основной задачей энергетического анализа в широком смысле слова является изучение, количественная оценка, оптимизация потоков энергии в агроэкосистемах с целью такого ведения сельского хозяйства, которое обеспечивало бы максимальное использование биологическими организмам естественных и техногенных ресурсов и энергии для устойчивого роста урожайности растений и продуктивности животных; сохранение, воспроизводство и повышение почвенного плодородия; охрану окружающей среды, сбережение воды, воздуха, почвы и продуктов питания [2].

В более узком смысле энергетический анализ ставит своей целью разработку ресурсо- и энергосберегающих технологий производства сельскохозяйственной продукции, проведения мелиорации сельскохозяйственных угодий, мероприятий по защите окружающей среды и др.

В сельском хозяйстве многие технологические процессы и технологии допускают использование различных энергоносителей. Например, в качестве котельно-печного топлива в одном и том же хозяйстве могут применяться жидкое топливо, уголь, газ, мазут, электроэнергия и возобновляемые источники энергии. На производство продукции расходуются различные виды сырья и материалов (удобрения, ядохимикаты, семена, корма, ветпрепараты и т.д.), используются машины и оборудование, здания и сооружения. Одинаковые по удельному потреблению, например электроэнергии, предприятия могут не только расходовать разное количество топлива, но и отличаться по эффективности использования материальных и трудовых ресурсов на единицу объема производства конечной продукции. Поэтому в качестве основного показателя, характеризующего энергоемкость процесса, технологии, комплекса или системы машин, сорта растений или породы животных, принимается полная энергоемкость, представляющая собой сумму прямых и овеществленных энергозатрат, отнесенных к объему произведенной продукции или выполненной работы:

$$\mathcal{E}_{\Sigma} = \frac{1}{B} \sum (E_{\text{пр}i} + E_{\text{ов}i}) \text{ (МДж/т; МДж/га; МДж/голову;)} \quad (2.1)$$

где  $E_{\text{пр}i}$ ,  $E_{\text{ов}i}$  – соответственно прямые и овеществленные энергозатраты –  $i$  го вида;  $B$  – количество продукции, объем работ.

При сравнительной оценке технологий, сортов растений, пород животных важно также выявить эффективность энергозатрат с учетом потребительских свойств продукции, т.е. содержания в ней белка, клейковины, каротина, жиров, крахмала, сахаров, сухого вещества и других компонентов. В этом случае энергозатраты необходимо относить к единице массы этих компонентов в полученной продукции.

Под прямыми энергозатратами, сравнительно легко поддающимися расчету, подразумеваются непосредственно связанные с выполнением работ расходы энергоносителей: бензина и дизельного топлива тракторами, комбайнами, автомобилями, самоходными и стационарными машинами, электрической энергии на привод машин, механизмов и другие цели, котельно–печного топлива (мазута, угля, газа, т дров, биогаза и др.), тепловой энергии в виде горячей и пара (при централизованном теплоснабжении).

К овеществленным относятся энергозатраты на изготовление, хранение и транспортировку сельскохозяйственных машин и орудий, минеральных макро– и микроудобрений, извести, гипса, пестицидов, биологически активных веществ и других средств химизации, строительных материалов для ирригационных сооружений, сушилок, складов, хранилищ, бытовых помещений, животноводческих комплексов, ферм и площадок и др. В последний вид затрат входит и энергия, расходуемая на добычу, переработку и транспортировку самих энергоносителей – нефти, угля, газа и др.

Овеществленные затраты топлива и энергии при известных их расходах в физическом выражении определяются на основе энергетических эквивалентов.

Энергетическим эквивалентом овеществленных затрат материальных ресурсов называют величину, полученную суммированием энергозатрат на каждом этапе добычи, производства, хранения и транспортировки потребителю единицы каждого вида продукции (например, килограмма автотракторного топлива, удобрений, киловатт-часа электроэнергии и т.д.). Энергетические



эквиваленты затрат живого труда разработаны ФАО – Продовольственной и сельскохозяйственной организацией ООН. В связи с тем, что с усовершенствованием технологий производства средств производства величина овеществленных затрат энергии изменяется, необходимы специальные исследования для их систематической корректировки.

Эффективность потребления энергоресурсов в процессе сельскохозяйственного производства при энергетическом анализе обычно характеризуют показателем (коэффициентом) энергетической эффективности, представляющим собой отношение энергии, аккумулированной за счет фотосинтеза и биоконверсии (при кормлении животных), к полным затратам энергии на продукцию растениеводства (животноводства), получаемой главным образом от невозобновляемых источников.

Однако этот показатель лишен физического смысла, так как аккумулированная энергия продукта, например растениеводства, включает долю энегрозатрат человека и природы (ФАР, гумус, влага и др.), при этом эти виды затрат неотделимы друг от друга, поэтому относить их лишь к прямым затратам энергии человеком некорректно.

Для сравнительной оценки производственных процессов, технологий и других научно–технических разработок с точки зрения ресурсоэнергоэкономичности целесообразно применять обобщенный  $K_{э}$  и частные  $K_{эi}$  критерии энергетической эффективности (коэффициенты энегрозатрат), представляющие собой соотношение полных энергоемкостей нового ( $\mathcal{E}\Sigma_{н}$ ) и базового ( $\mathcal{E}\Sigma_{б}$ ) вариантов, а также их составляющих ( $\mathcal{E}i_{н}$ ) и ( $\mathcal{E}i_{б}$ ):

$$K_{э} = \frac{\mathcal{E}\Sigma_{н}}{\mathcal{E}\Sigma_{б}}; K_{эi} = \frac{\mathcal{E}i_{н}}{\mathcal{E}i_{б}}; (2.2)$$

Другие критерии эффективности – показатели интенсификации, характеризующие уровень научно–технического, прогресса разработок, определяются из соотношений:

$$I_{э} = (1 - K_{э})100\%; I_{эi} = (1 - K_{эi})100\%; (2.3)$$

Энергетический анализ в различных отраслях сельского хозяйства проводится, как правило, по единой схеме:

1) устанавливается точка отсчета, базовый вариант – для рассматриваемого вида продукции или работы, за который принимаются передовые производственные процессы и технологии,

новейшие типовые проекты, привязанные к реальным объектам, лучшие сорта растений, породы животных и т.д.;

2) выполняется дифференцированная оценка затрат материально-энергетических ресурсов по видам (электро- и теплоэнергия, автотракторное топливо, металл (машины и оборудование), минеральные удобрения, пестициды, сырье, материалы, корма, производственные и непроизводственные здания, сооружения и т.д.) на единицу продукции, производимой по базовой технологии;

3) рассчитывается энергоемкость базового варианта с использованием энергетических эквивалентов ресурсов и фиксацией составляющих прямых, ошествленных и полных по энергозатрат по технологическим процессам и в целом по технологии;

4) анализируются энергозатраты, в первую очередь максимальные, с целью оценки возможностей их снижения в новом варианте технологии за счет новых энергосберегающих технических и технологических решений. В первую очередь рассматриваются возможности снижения расхода нефтепродуктов и затрат живого труда, использования альтернативных источников энергии, исключения или замены экологически опасных элементов производства;

5) разрабатывается новый ресурсоэнергосберегающий вариант, с меньшими энергозатратами по сравнению с базовым: варианты и определяются их значения по всем элементам;

6) проводится оценка ресурсе- и энергоемкости нового варианта (по пп. 2 и 3);

7) рассчитывается величина материально-энергетических ресурсов, необходимых для внедрения новой технологии, и оценивается возможность внедрения исходя из наличия этих ресурсов;

8) анализируется эффективность предлагаемой разработки с помощью коэффициентов энергозатрат и уровней интенсификации;

9) дается мотивированное заключение о целесообразности и масштабах тиражирования новой разработки.

Таким образом, энергетический анализ мобилизует разработчиков на экономию энергетических затрат, поиск энергосберегающих технологий и систем, повышение их энергетической эффективности, существенно увеличивает возможности экономического анализа, позволяет рассчитывать

удельный вес элементов материальных затрат, точно определить научно–технический уровень производства и его возможности.

Велико значение энергетического анализа при решении оптимизационных задач, разработке ресурсо– и энергосберегающих технологий, для определения рациональной структуры посевных площадей, проведения количественной оценки способности различных видов и сортов сельском венных растений использовать техногенную и естественную анергию, сравнения альтернативных биологических и техногенных способов мелиорации, определения оптимальных рационов и др. Однако в полном объеме возможности энергетического анализа могут быть реализованы после создания региональных и общенациональных банков данных позволяющих автоматизировать поиск и накопление, информации об исследованиях в области энергоресурсосбережения. Это дает научно-техническим организациями возможность использовать современные инновационные технологии.

### ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №3

#### Инновационные технологии в растениеводстве

Цель энергетического анализа в растениеводстве – выявление наименее энергоемких технологий сопоставлением затрат энергетических ресурсов на выполнение каждого технологического процесса (операции). Энергетический анализ в растениеводстве помогает избежать внедрения в сельскохозяйственное производство технических средств и технологий с более высоким уровнем материально-энергетических затрат чем уже достигнутый минимальный.

Энергетическая оценка сравниваемых вариантов анализируемой технологии (базового и нового) проводится по технологическим картам возделывания и уборки сельскохозяйственных культур. По картам определяются в первую очередь затраты материально–энергетических ресурсов в физических единицах (топливо, энергия, металл, удобрения и т.д.) для оценки возможности внедрения новой технологии с учетом наличия этих ресурсов. Затем рассчитываются прямые затраты энергии и топлива в сопоставимых единицах (МДж, кг условного топлива), овеществленные затраты на их производство и транспортировку, а также на создание и эксплуатацию машин и

оборудования, производство удобрений, пестицидов, семян, строительство и эксплуатацию зданий и сооружений. В качестве основного сопоставимого показателя энергоемкости используется полная энергоемкость, определяемая как сумма прямых и овеществленных энергозатрат в расчете на единицу произведенной продукции.

При энергооценке различных технологий растениеводства установлено, что доля живого труда (рассчитывается по нормам ФАО), непосредственно затраченного на производство единицы продукции, во всех энергозатратах весьма мала (0,1–0,8%) и не оказывает существенного влияния на энергетическую эффективность. Но поскольку сокращение затрат живого труда является одним из главных планируемых показателей интенсификации производства и социально-экономического развития всех отраслей, то при выборе энергосберегающих вариантов энергозатраты труда следует анализировать отдельно (для этого можно использовать данные приложения 2).

На первом этапе анализа технологии определяются затраты основных ресурсов (суммированием их по каждому технологическому процессу) в расчете на единицу объема работы (гектар). Необходимые для расчетов цифровые и методические данные представлены в приложениях

Затраты энергоносителей при выполнении  $j$ -го технологического процесса:

$$q_{kj} = H_{kj}, \quad (3.1)$$

где  $H_{kj}$  – фактический расход или норма расхода энергоносителя  $k$ -го вида (электроэнергии, автотракторного и котельно-печного топлива, тепловой энергии) на единицу объема работа (кВт·ч/га, кг/га, Мкал/га).

Для определения норм или удельного расхода энергоносителей в растениеводстве применяются различные методы: расчетно-аналитический, экспериментальный (опытно-производственный) или расчетно-статистический. Для объективности результатов эксперименты проводят в идентичных условиях, обычных для возделывания анализируемой сельскохозяйственной культуры, по всей технологической цепочке базового и нового вариантов.

При энергетическом анализе перспективных технологий, в которых предусмотрены новые энергетические средства, сельхозмашины и оборудование, расход энергоносителей и

производительность на отдельных технологических процессах следует определять известными расчетно–аналитическими методами с привлечением нормативно–статистических данных.

Затраты металла, заключенного в средствах механизации, для тракторов, рабочих машин, сцепок, приспособлений, входящих в агрегат, определяются по формуле

$$q_{Mj} = \frac{1}{W_j} \sum M_l \frac{a_l + R_l}{10^2 T_{Hl}} ; (3.2)$$

автомобильного транспорта:

$$q_{Mj} = \frac{h_j H_{pj}}{Q_j \beta_j} \sum M_l \frac{a'_l + R'_l}{10^5} ;$$

для воздушного транспорта:

$$q_{Mj} = \frac{h_j H_{pj}}{Q_j \beta_j} \sum M_l \frac{a_l + R_l}{10^2} ;$$

для стационарного оборудования:

$$q_{Mj} = \frac{H_{pj}}{W_j} \sum M_l \frac{a_l + R_l}{10^2 T_{Hl}} ;$$

где  $W_j$ – производительность агрегата (га/ч), оборудования (т/ч).  
 $M_l$ – масса  $l$ -й машины входящей в агрегат;  $a_l, R_l$ – годовые нормативные отчисления на реновацию и ремонт, %;  $T_{Hl}$ – годовая нормативная загрузка, ч;  $h_j$ – "плечо" перевозки груза, км;  $H_{pj}$ – фактический расход или норма расхода перевозимого груза (семян, удобрений и др.), т/га;  $Q_j$ – масса груза, перевозимого за один рейс, т;  $\beta_j$ – коэффициент использования пробега;  $a'_l, R'_l$ – годовые нормативные отчисления на реновацию и ремонт  $l$ - й машины, входящей в состав автопоезда (автомобиля, прицепов), на 1000 км пробега, % .

При расчетах по перевозке и переработке продукции в формулы вместо  $H_{pj}$  подставляются значения урожайности ( $u$  т/га)

Расход удобрений, семян, пестицидов, сырья и других ресурсов (по  $i$ -й видам) рассчитывается по формуле

$$q_{pij} = \frac{H_{pij}}{T_{pij}} (3.3)$$

где  $T_{pij}$  – срок действия (например, для минеральных

удобрений, гербицидов, семян – 1 год, извести – 4 года, органических удобрений – 3 года).

Потребность в зданиях и сооружениях для производственных процессов находят по формуле

$$q_{зj} = \sum_n \frac{F_{nj} (a_n + R_n) u}{10^2 Q_{nj}}, \quad (3.4)$$

где  $F_{nj}$  – площадь здания  $n$ -го типа,  $m^2$ ;  $a_n, R_n$  – годовые амортизационные отчисления, %;  $Q_{nj}$  – объем продукции, перерабатываемой за год, т;

для хранения продукции:

$$q_{зj} = \sum_n \frac{F_{nj} a_n u}{10^2 Q_{nj}}, \quad (3.5)$$

где  $Q_{nj}$  – вместимость хранилища, т.

Для расчета затрат живого труда используется формула

$$q_{жj} = \sum_t \frac{N_{tj}}{W_j}, \quad (3.6)$$

где,  $N_{tj}$  – число работников, занятых на  $t$ -й категорий работ.

Значения затрат для каждого технологического процесса базовой технологии используются в качестве базы сравнения при детальной дифференцированной оценке возможностей наиболее эффективного использования ресурсов в разрабатываемой новой технологии.

Удельные затраты ресурсов по базовой или новой технологии рассчитываются суммированием удельных затрат т технологическим процессам:

$$q_i = \sum_j q_{ij}, \text{ т.е. } q_k = \sum_j q_{kj}; \quad q_m = \sum_j q_{mj}; \quad q_p = \sum_j q_{pj}; \quad q_з = \sum_j q_{зj};$$

$$q_{ж} = \sum_j q_{жj}. \quad (3.7)$$

Затраты ресурсов на единицу продукции растениеводства (тонну) определяются делением значений, полученных по формулам (3.7), на урожайность и сельскохозяйственной культуры:

$$q'_i = \frac{1}{u} \sum_j q_{ij}, \quad (3.8)$$

Результаты расчетов по формулам (3.7) и (3.8) для обеих

технологий заносятся в таблицу по форме табл. 3.1 для сравнительной оценки в соответствии с общими методическими принципами энергетического анализа.

Полная энергоёмкость продукции растениеводства для рассматриваемой технологии определяется по формуле (3.7), которая для практических расчетов может быть представлена в следующем виде;

$$\Theta_{\Sigma} = \frac{1}{u} \left( \sum_j \Theta_{прj} + \sum_j \Theta_{oj} \right), \text{ МДж/т, (3.9)}$$

где  $\sum_j \Theta_{прj}$  – прямые удельные затраты энергии на выполнение  $j$ -го технологического процесса, МДж/га;  $\sum_j \Theta_{oj}$  – удельные затраты энергии, овеществленные при производстве энергоносителей и других ресурсов МДж/га.

Таблица 3.1

**Затраты основных видов ресурсов на производство продукции растениеводства**

Вид продукции	Затраты ресурсов (в расчете на 1 га или 1 т)										
	Автомобильное топливо	Электрическая энергия, кВт·ч	Тепловая энергия Мкал (котельно-печное топливо, кг усл. топлива)	Металл, кг	Минеральные удобрения	Пестициды, кг	Органические удобрения, т	семян, кг	Здания и сооружения, м <sup>2</sup>	Прочие ресурсы (материалы сырье), кг	Трудо-затраты, чел-ч
Зерновые яровые											
Зерновые озимые											
И т.д.											

Прямые удельные затраты энергии рассчитываются по формуле

$$\mathcal{E}_{\text{прj}} = \sum_k q_{kj} e_k, \quad (3.10)$$

где  $e_k$  – энергосодержание  $k$ –го энергоносителя (электроэнергии – МДж/кВт·ч; автотракторного и котельно–печного топлива – МДж/кг; тепловой энергия – МДж/Мкал; см.

Удельные затраты энергии, овеществленные в энергоносителях (энергоёмкость энергоносителей), находят по формуле

$$\mathcal{E}_{\text{оэj}} = \sum_k q_{kj} \alpha_k \quad (3.11)$$

где  $\alpha_k$  – энергетический эквивалент  $k$ –го энергоносителя, учитывающий расход энергии на его добычу, производство и транспортировку (электроэнергия МДж/кВт·ч, автотракторное и котельно–печное топливо – МДж/кг, тепловая энергия МДж/Мкал.

Удельные затраты энергии, овеществленные в затратах труда, средствах механизации, удобрениях, пестицидах, семенах, материалах и т.д., зданиях и сооружениях (т.е. энергоёмкость материальных ресурсов), определяются путем подстановки значений соответствующих энергетических эквивалентов под знаки «сумма» в уравнения (3.2)...(3.6).

Для определения энергоёмкости средств механизации сельскохозяйственных агрегатов (3.2), автомобильного транспорта (3.2); воздушного – (3.2); стационарного (3.2) используются следующие формулы:

$$\mathcal{E}_{mj} = \frac{1}{W_j} \sum M_l \alpha_i \frac{a_l + R_l}{10^2 T_{\text{Нl}}}, \quad (3.12)$$

$$\mathcal{E}_{mj} = \frac{h_j H_{pj}}{Q_j \beta_j} \sum M_l \alpha_i \frac{a'_l + R'_l}{10^5}, \quad (3.13)$$

$$\mathcal{E}_{mj} = \frac{h_j H_{pj}}{Q_j \beta_j} \sum M_l \alpha_i \frac{a_l + R_l}{10^2}, \quad (3.14)$$

$$\mathcal{E}_{mj} = \frac{H_{pj}}{W_j} \sum M_l \alpha_i \frac{a_l + R_l}{10^2 T_{\text{Нl}}}; \quad (3.15)$$

где  $a_l$  – энергетический эквивалент  $l$ –й машины, МДж/кг.

Энергоёмкость минеральных и органических удобрений, пестицидов, семян, сырья, материалов и других ресурсов (по видам)



находится по формуле

$$\mathcal{E}_{pij} = \frac{H_{pij}}{T_{pij}} \alpha_{pi}, \quad (3.16)$$

$\alpha_{pi}$  – энергетический эквивалент ресурса, МДж/кг.

Энергоемкость зданий, сооружений и т.д. рассчитывается по формуле

$$\mathcal{E}_{эj} = \sum_k \frac{F_{nj}(a_n + R_n)}{10^2 Q_{nj}} \alpha_n, \quad (3.17)$$

где  $\alpha_n$  энергетический эквивалент здания  $n$ -го типа.

Энергоемкость затрат живого труда:

$$\mathcal{E}_{жj} = \sum_t \frac{N_{tj}}{W_j} \alpha_t, \quad (3.18)$$

где  $\alpha_t$  – энергетический эквивалент живого МДЖ/чел–ч.

Полная энергоемкость  $j$ -го процесса (без учета энергозатрат трудовых ресурсов, которые анализируются отдельно):

$$\mathcal{E}_j = \sum_i \mathcal{E}_{ij} = \mathcal{E}_{прj} + \mathcal{E}_{оэj} + \mathcal{E}_{mj} + \mathcal{E}_{pj} + \mathcal{E}_{эj}. \quad (3.19)$$

Полная энергоемкость продукции определяется по формуле (3.9). Результаты расчетов энергоемкостей процессов технологии в целом (по базовому и новому вариантам) заносятся в таблицу, аналогичную табл. 3.1, для сравнительной оценки в соответствии с общими принципами энергетического анализа.

Основными критериями энергетической эффективности технологических процессов (технологий) являются обобщенные коэффициенты энергозатрат  $K_{эj}, K_э$  и уровни интенсификации  $I_{эj}, I_э$  определяемые по формулам (3.1) и (3.2); для  $j$ -го технологического процесса

$K_{эj} = \mathcal{E}_{jn} / \mathcal{E}_{jб}$ ,  $I_{эj} = (1 - K_{эj}) \cdot 100\%$ ; для

технологии в целом  $K_э = \mathcal{E}_{\Sigma n} / \mathcal{E}_{\Sigma б}$ ,  $I_э = (1 - K_э) \cdot 100\%$

Кроме того, устанавливаются частные коэффициенты энергозатрат  $K_{эj}$  и уровни интенсификации  $I_{эj}$  новой технологии путем сопоставления значений каждой из составляющих полной энергоемкости нового базового вариантов, рассчитанных по формулам (3.13)...(3.18), как для каждого технологического процесса, так и технологии в целом. Например, коэффициенты прямых

энергозатрат и соответствующие уровни интенсификации для  $j$ -го технологического процесса:

$$K_{\text{эпр}j} = \frac{\text{Э}_{\text{пр}jn}}{\text{Э}_{\text{пр}jb}}; I_{\text{эпр}j} = (1 - K_{\text{эпр}j})100\%, (3.20)$$

для технологии в целом:

$$K_{\text{эпр}j} = \frac{\sum_j \text{Э}_{\text{пр}jn}}{\sum_j \text{Э}_{\text{пр}jb}}; I_{\text{эпр}} = (1 - K_{\text{эпр}})100\%, (3.21)$$

Анализ обобщенных и частных коэффициентов, характеризующих эффективность технологического процесса или технологии с точки зрения ресурсоэнергозатрат, позволяет установить, соответствует ли новый вариант предъявляемым требованиям по экономии ресурсов. Оценивается, как изменились затраты от применения нового варианта процесса (технологии) по составляющим, прежде всего по снижению расхода нефтепродуктов, металла, азотных удобрений, пестицидов и затрат живого труда. В целом для достижения существенного научно-технического прогресса в отрасли экономия ресурсов, выражаемая коэффициентом  $I_{\text{э}}$ , должна составлять как минимум 30...40%.

Данные для расчета энергоемкости послеуборочного рыхления-окучивания с боронованием посадок картофеля таблица 3.2

Таблица 3.2

**Данные для расчета энергоемкости послеуборочного рыхления-окучивания с боронованием посадок картофеля**

Показатели	Базовый вариант	Новый вариант
Урожайность, т/га	31	31
Состав агрегата	МТЗ-80+КОН-2,8А	МТЗ-82+КОН-4,2
Производительность, га/ч	1,5	2,1
Расход топлива, кг/га	6,4	4,4
Масса, кг трактора	3160	3370
сельхозмашины	815	905
Годовая загрузка, ч: трактора	1350	1350
сельхозмашины	280	280

Приведем пример энергетического анализа производства продукции растениеводства. Для сравнительной энергооценки двух технологий возделывания и уборки картофеля в качестве базового варианта примем типовую технологическую карту, содержащую полный перечень операций, качественные их показатели (глубина почвообработки, нормы внесения семян, удобрений, пестицидов) составы агрегатов, их производительность и погектарный расход топлива. Новый вариант технологической карты, разработанный в соответствии с положениями практической работы 2, отличается от базового использованием на энергоемких операциях более экономичных и производительных агрегатов.

Рассчитаем энергоемкость выполнения одного процесса: послевсходового рыхления–окучивания с боронованием по сравниваемым вариантам.

Остальные данные для расчетов содержатся в приложениях.

Прямые затраты энергии (дизтоплива) найдем по формуле (3.4):  
 $q_{кб} = 6,4$  кг/га,  $q_{кн} = 4,4$  кг/га, затраты металла – по формуле (3.5):

$$q_{мб} = \frac{3160 \cdot (10,0 + 14,9)}{100 \cdot 1,5 \cdot 1350} + \frac{815(14,2 + 9,0)}{100 \cdot 1,5 \cdot 280} = 0,84 \text{ кг/га};$$

$$q_{мн} = \frac{3370 \cdot (10,0 + 14,9)}{100 \cdot 2,2 \cdot 1350} + \frac{905(14,2 + 9,0)}{100 \cdot 2,2 \cdot 280} = 0,65 \text{ кг/га};$$

Затраты живого труда рассчитаем по формуле (3.9):

$$q_{жб} = \frac{1}{1,5} = 0,67 \text{ (чел-ч/га)};$$

$$q_{жн} = \frac{1}{2,1} = 0,45 \text{ (чел-ч/га)};$$

Из полученных данных следует, что по затратам топлива новая технология экономичнее базовой на 31%, по металлу – на 23%, по трудозатратам – 33%.

Прямые удельные затраты энергии устанавливаются по формуле (3.13):

$$\mathcal{E}_{прб} = 6,4 \cdot 42,7 = 273,3 \quad (\text{МДж/га}); \quad \mathcal{E}_{прб} = 4,4 \cdot 42,7 = 187,9 \quad (\text{МДж/га});$$

Затраты энергии, овеществленные в топливе, определим по формуле (3.14):

$$\mathcal{E}_{оэб} = 6,4 \cdot 10,0 = 64,0 \text{ (МДж/га)}; \quad \mathcal{E}_{оэн} = 4,4 \cdot 10 = 44 \text{ (МДж/га)};$$

Энергоемкость средств механизации рассчитывается по формуле (3.15)

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_{\text{мб}} &= \frac{3160 \cdot 86,4(10+14,9)}{100 \cdot 1,5 \cdot 1350} + \frac{815 \cdot 75(14,2+9)}{100 \cdot 1,5 \cdot 280} = 67,3 \text{ (МДж/га);} \\ \mathcal{E}_{\text{мн}} &= \frac{3370 \cdot 86,4(10+14,9)}{100 \cdot 2,2 \cdot 1350} + \frac{905 \cdot 75(14,2+9)}{100 \cdot 2,2 \cdot 280} = 50,0 \text{ (МДж/га);} \end{aligned}$$

Полная энергоемкость процесса, находится по формуле (3.19)

$$\mathcal{E}_{\text{с}} = 273,3 \cdot 64,0 + 67,3 = 404,6 \text{ (МДж/га);}$$

$$\mathcal{E}_{\text{н}} = 187,9 + 44,0 + 50,0 = 281,9 \text{ (МДж/га);}$$

Энергоемкость затрат живого труда рассчитаем по формуле (3.18)

$$\mathcal{E}_{\text{жб}} = (1 \cdot 1,26) / 1,5 = 0,8 \text{ (МДж/га);}$$

$$\mathcal{E}_{\text{жн}} = (1 \cdot 1,26) / 2,1 = 0,6 \text{ (МДж/га);}$$

Коэффициенты энергозатрат и уровни интенсификации определим, по формулам (3.2), (3.3), (3.20), (3.21).

Результаты расчетов (табл. 3.3) показывают, что использование более экономичного и производительного агрегата по уходу за посевами позволяет снизить прямые затраты энергии на 32%, овеществленные в топливе – на 31%, энергоемкость производства и эксплуатации агрегатов – на 26%, полную энергоемкость – на 30% при уменьшении энергоемкости прямых затрат на 33%.

Аналогично определяются энергоемкость и показатели эффективности всех остальных технологических процессов (операций) сравниваемых вариантов технологий.

Затем рассчитываются и сопоставляются значения суммарных прямых и овеществленных энергозатрат технологий по каждому основному виду ресурсов. В нашем примере получены следующие значения показателей (критериев) энергетической эффективности новой технологии по сравнению с базовой: обобщенный коэффициент энергозатрат  $K_{\text{э}} = 0,93$ ; коэффициент прямых энергозатрат  $K_{\text{эпр}} = 0,83$ ; коэффициент энергозатрат на металл  $K_{\text{эм}} = 0,98$ ; коэффициент энергозатрат живого труда  $K_{\text{эж}} = 0,81$ .

Результаты расчета энергоемкости эффективности двух вариантов выполнения рыхления–окучивания: с боронованием посадок картофеля по энергетическим критериям таблица 3.3.

Таблица 3.3.

**Результаты расчета энергоемкости эффективности двух вариантов выполнения рыхления–окучивания: с боронованием посадок картофеля по энергетическим критериям**

Затраты	По вариантам, МДж/т		Коэффициент энергозатрат	Уровень интенсификации
	базовый	новый		
Прямые энергозатраты	273,3	187,9	0,68	32
Энергозатраты, овеществленные в топливе	64,0	44,0	0,69	31
Энергоемкость средств механизации	67,3	50,0	0,74	26
Полная энергоемкость	404,6	281,9	0,70	30
Энергоемкость прямых затрат труда	0,8	0,6	0,75	25

Таким образом, расчет уровней интенсификации показывает при использовании более экономичных и производительных агрегатов полная энергоемкость возделывания и уборки картофеля снижается на 7% при экономии 17% топлива, 2% металла и 19% затрат живого труда.

#### ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №4

##### Инновационные технологии в животноводстве

При производстве продукции животноводства основными ресурсами являются топливо, тепловая и электрическая, энергии, машины и оборудование, корма, различное сырье, молодняк, здания и сооружения и т.д.

Прямые затраты энергии характеризуются энергосодержанием поступающих; на ферму или комплекс энергоносителей: автотракторного котельно–печного топлива, электроэнергии, тепловой энергии (при теплоснабжении от внешнего источника). Овеществленные затраты энергии могут быть определены с помощью

энергетических эквивалентов энергоносителей, кормов, машин и оборудования, строительства зданий, сооружений и др.

Важным этапом энергетического анализа в животноводстве является установление технологических и временных границ анализируемой структуры производства. В зависимости от технологических границ некоторые элементы энергозатрат могут относиться к прямым или овеществленным.

Временные границы имеют значение для сравнения технологического оборудования с различной производительностью или длительностью производственного цикла. При отсутствии технологических карт перед началом энергетического анализа целесообразно составить модель технологии в виде схемы или диаграммы потоков материально–энергетических ресурсов (по видам), позволяющей проследить взаимосвязь рассматриваемого участка технологической цепи с другими звеньями АПК и отраслями народного хозяйства через границы модели. На входе в технологическую модель молочной фермы находятся потоки кормов, воды, воздуха, а также энергоносители, эксплуатационные материалы, живой труд. На выходе – молоко, молодняк, выбракованные коровы, навоз, стоки, вентиляционные выбросы, отходы котельных и т.д.

Удаление отходов животноводческих ферм следует относить к затратам на животноводческую продукцию, так как уровень этих затрат зависит от размеров фермы и места ее расположения.

Выбор временных и технологических границ энергетического анализа, единиц ресурсо– и энергоемкости зависит от характера решаемой задачи. Показатель полной энергоемкости может использоваться для выбора максимально эффективных технологий и технических средств из известных в настоящее время; для энергетической оценки новых (разрабатываемых) технологий и технических средств в сравнении с базовыми; для оптимизации технических средств и технологий по критерию минимума полных энергозатрат. Показатель полной энергоемкости используется также при оценке энергозатрат для прогнозирования энергобалансов, разработки нормативов для планирования и контроля. В первом случае технологические границы могут ограничивать отдельные элементы технологий, а в качестве единиц измерения может служить энергоемкость не конечного, а промежуточного продукта. Во втором случае в качестве единицы измерения принимаются укрупненные

показатели – энергоемкость валовой продукции, белка, основной продукции отрасли.

Таким образом, в зависимости от особенностей рассматриваемой отрасли или предприятия измерителями ресурсо– и энергоемкости могут быть материальные и энергетические затраты, отнесенные к единице продукции, в качестве которой могут быть приняты 1 голова, 1т основной продукции, 1 т эквивалентной продукции (животный белок), 1 т натуральной продукции каждого вида (надои, продукция выращивания).

Для энергетического анализа используются технологические карты, регламенты и другие документы, позволяющие определить в первую очередь фактические затраты материально–энергетических ресурсов (топливо, энергия, металл в виде машин и оборудования, корма, эксплуатационные материалы) для количественной оценки возможной эффективности внедрения новой технологии с учетом имеющихся ресурсов. Затем рассчитываются прямые затраты энергоносителей сопоставимых единицах (МДж; кг условного топлива) и затраты, овеществленные при их производстве, а также при создании и эксплуатации машин и оборудования, производстве кормов, строительстве и эксплуатации зданий и сооружений.

На первом этапе анализа определяются затраты основных ресурсов по технологии в расчете на единицу объема работы (голову, ското–. или птицеместо) как сумма расходов по каждому технологическому процессу. Необходимые для расчетов данные приведены в приложениях.

Затраты энергоносителей при выполнении  $j$ -го технологического процесса, как и в растениеводстве, определяются по формуле (3.4)  $q_{kj} = H_{kj}$  где  $H_{kj}$  – фактический расход или норма расхода энергоносителя  $k$ -го вида (электроэнергии, автотракторного и котельно–печного топлива, тепловой энергии на единицу годового объема работы (кВт·ч/голову, Мкал/голову).

Затраты металла, заключенного в средствах механизации, рассчитываются для тракторов, рабочих машин и приспособлений, входящих в агрегат, по формуле

$$q_{Mj} = \frac{1}{W_j} \sum_l M_l \frac{a_l + R_l}{10^2 T_{Hl}}; \quad (4.1)$$

для автомобильного транспорта:

$$q_{Mj} = \frac{h_j H_{pj}}{Q_j \beta_j} \sum_l M_l \frac{a'_l + R'_l}{10^5}; \quad (4.2)$$

для стационарного оборудования:

$$q_{Mj} = \frac{H_{pj}}{W_j} \sum_l M_l \frac{a_l + R_l}{10^2 T_{HI}}, \quad (4.3)$$

где  $H_{pj}$  – фактический, расход или норма расхода сырья, перевозки грузов, т/голову (при расчетах по перевозке в переработке продукции вместо  $H_{pj}$  подставляются значения продуктивности  $P$ , т/голову);  $W_j$  – эксплуатационная производительность агрегата, оборудования, т/ч;  $M_l$  – масса  $l$ -й машины, кг;  $a_l, R_l$  – годовые нормативные отчисления на реновацию и ремонт, %;  $T_{HI}$  – годовая нормативная загрузка, ч;  $h_j$  – «плечо» перевозки груза, км;  $a'_l, R'_l$  – годовые нормативные отчисления на реновацию и ремонт  $l$ -й машины, входящей в состав автопоезда (автомобиль, прицепы) на 1000 км пробега, %;  $Q_j$  – масса груза, перевозимого за один рейс, т;  $\beta_j$  – коэффициент использования пробега.

Затраты кормов, сырья и других ресурсов (по  $i$ -м видам в год) находятся по формуле

$$q_{pij} = H_{pij} \quad (4.4)$$

Для расчета полных затрат кормов значения  $H_{pij}$  пересчитываются в кормовые единицы делением на питательную ценность 1 кг корма  $i$ -го вида, выраженную в кормовых единицах (к.е.), а затем суммируются.

Потребность в зданиях и сооружениях определяют по формуле

$$q_{зj} = \frac{1}{m} \sum_n \frac{F_{nj} (a_n + R_n)}{10^2}, \quad (4.5)$$

где  $F_{nj}$  – площадь здания  $n$ -го типа,  $m^2$ ;  $a_n, R_n$  – годовые нормативные амортизационные отчисления, % (приложение 4);  $m$  – поголовье животных на ферме (комплексе).

Затраты живого труда находятся из формулы

$$q_{жj} = \sum_t \frac{N_{tj}}{W_j}, \quad (4.6)$$

где  $N_{tj}$  – число работников, занятых на  $t$ -й категории работ.

Полученные значения фактических затрат для каждого



технологического процесса базовой технологии используются в качестве базы сравнения при детальной дифференцированной оценке аналогичных процессов в разрабатываемой технологии.

Удельные затраты ресурсов по базовой или новой технологии рассчитываются суммированием удельных затрат по технологическим процессам:

$$q_i = \sum_j q_{ij}, \text{ т.е. } q_k = \sum_j q_{kj};$$

$$q_m = \sum_j q_{mj}; q_p = \sum_j q_{pj}; q_z = \sum_j q_{zj}; q_{ж} = \sum_j q_{жj}. \quad (4.7)$$

Затраты ресурсов на единицу продукции животноводства (тонну) определяются делением значений, полученных по формулам (4.7), на продуктивность  $p$  содержащихся на ферме (комплексе) животных:

$$q'_i = \frac{1}{p} \sum_j q_{ij}, \quad (4.8)$$

Результаты расчетов по формулам (4.7) и (4.8) для базовой и новой технологий заносятся в таблицу по форме табл. 3.1 для сравнительной оценки в соответствии с общими методическими установками.

Полная энергоемкость продукции животноводства для рассматриваемой технологии определяется по формуле (3.1), которую для практических расчетов представим в следующем виде:

$$\mathcal{E}_{\Sigma} = \frac{1}{p} \left( \sum_j \mathcal{E}_{прj} + \sum_j \mathcal{E}_{oj} \right), \text{ МДж/т, } \quad (4.9)$$

где  $\sum_j \mathcal{E}_{прj}$  – прямые затраты энергии на выполнение  $j$ -го технологического процесса, МДж/голов;  $\sum_j \mathcal{E}_{oj}$  – затраты энергии, овеществленные при производстве энергоносителей и других ресурсов МДж/голов.

Прямые удельные затраты энергии рассчитываются формуле

$$\mathcal{E}_{прj} = \sum_k q_{kj} e_k, \quad (4.10)$$

где  $e_k$  – энергосодержание  $k$ -го энергоносителя (электроэнергии – МДж/кВт·ч; автотракторное и котельно–печное топливо – МДж/кг; тепловая энергия – МДж/Мкал).

Удельные затраты энергии, овеществленные в энергоносителях

(энергоёмкость энергоносителей), рассчитываются по формуле

$$\mathcal{E}_{\text{оэ}j} = \sum_k q_{kj} \alpha_k, \quad (4.10)$$

где  $\alpha_k$  – энергетический эквивалент  $k$ -го энергоносителя, учитывающий затраты энергии на его добычу, производство и транспортировку (электроэнергия МДж/кВт·ч, автотракторное и котельно–печное топливо – МДж/кг, тепловая энергия МДж/Мкал. Для расчетов по формуле (4.10) значения  $q_{kj}$  по каждому энергоносителю пересчитываются в МДж.

Удельные затраты энергии, овеществленные в трудовых ресурсах, средствах механизации, кормах сырье, материалах, зданиях сооружениях, т.е. энергоёмкость материальных ресурсов, определяется путем подстановки значений соответствующих энергетических эквивалентов под знаки «сумма» в уравнения (4.1)...(4.6).

Для определения энергоёмкости средств механизации используются следующие формулы: сельскохозяйственных агрегатов (4.11), автомобильного транспорта (4.12); стационарного оборудования (4.13):

$$\mathcal{E}_{mj} = \frac{H_{pj}}{W_j} \sum M_l \alpha_l \frac{a_l + R_l}{10^2 T_{HI}}, \quad (4.11)$$

$$\mathcal{E}_{mj} = \frac{h_j H_{pj}}{Q_j \beta_j} \sum M_l \alpha_l \frac{a'_l + R'_l}{10^5}, \quad (4.12)$$

$$\mathcal{E}_{mj} = \frac{1}{W_j} \sum M_l \alpha_l \frac{a_l + R_l}{10^2 T_{HI}}, \quad (4.13)$$

где  $a_l$  – энергетический эквивалент  $l$ -й машины, МДж/кг.

Расчет энергоёмкости кормов, сырья, материалов и других ресурсов (по  $i$ -м видам) находится по формуле

$$\mathcal{E}_{pij} = H_{pij} \alpha_{pi}, \quad (4.14)$$

$\alpha_{pi}$  – энергетический эквивалент ресурсов, МДж/кг.

Энергоёмкость зданий и сооружений находят, по формуле

$$\mathcal{E}_{эj} = \frac{1}{m} \sum_n \frac{F_{nj} (a_n + R_n)}{10^2} \alpha_n, \quad (4.15)$$

где  $\alpha_n$  – энергетический эквивалент здания  $n$ -го типа.

Энергоёмкость затрат живого труда:

$$\mathcal{E}_{\text{ж}} = \sum_t \frac{N_{tj}}{W_j} \alpha_t, \quad (4.16)$$

где  $\alpha_t$  – энергетический эквивалент живого МДЖ/чел–ч,

Полная энергоемкость  $j$ -го процесса (без энергоемкости затрат живого труда, которая анализируется отдельно), находится как сумма составляющих:

$$\mathcal{E}_j = \sum_i \mathcal{E}_{ij} = \mathcal{E}_{\text{пр}j} + \mathcal{E}_{\text{оэ}j} + \mathcal{E}_{\text{т}j} + \mathcal{E}_{\text{р}j} + \mathcal{E}_{\text{з}j}. \quad (4.17)$$

Полная энергоемкость продукции определяется по формуле (4.15). Результаты расчетов энергоемкости процессов и технологии в целом (по базовому и новому вариантам) заносятся в таблицу, аналогичную табл. 3.1, для сравнительной оценки в соответствии с общими принципами энергетического анализа.

В качестве основных показателей энергетической эффективности технологических процессов (технологий) приняты обобщенные коэффициенты энергозатрат  $K_{эj}, K_э$  и уровни интенсификации  $I_{эj}, I_э$ , определяемые по формулам (3.2) и (3.3); для

$j$ -го технологического процесса  $K_{эj} = \mathcal{E}_{jн} / \mathcal{E}_{jб}$ ,  $I_{эj} = (1 - K_{эj}) \cdot 100\%$ ;

для технологии в целом  $K_э = \mathcal{E}_{\Sigma н} / \mathcal{E}_{\Sigma б}$ ,  $I_э = (1 - K_э) \cdot 100\%$ .

Затем устанавливаются частные коэффициенты энергозатрат и уровни интенсификации  $I_{эi}$  новой технологии путем сопоставления значений каждой из составляющих полной энергоемкости нового и базового вариантов, рассчитанных по формулам (4.10)...(4.13), как для каждого технологического процесса, так и технологии в целом. Коэффициенты эффективности и уровни интенсификации по прямым энергозатратам для  $j$ -го технологического процесса определяются по формуле (3.20), для технологии в целом – по формуле (3.21).

Обобщенные и частные коэффициенты, характеризующие эффективность технологического процесса или технологии с точки зрения ресурсоэнергозатрат, анализируется, чтобы установить, соответствует ли новый вариант предъявляемым требованиям по экономии ресурсов. Оценивается степень изменения затрат в результате применения нового варианта процесса (технологии) по составляющим, начиная с максимальных. В первую очередь необходимо добиваться снижения расхода нефтепродуктов, металла,

кормов и затрат живого труда. В целом для достижения существенного научно-технического прогресса в отрасли экономия ресурсов, выражаемая коэффициентом  $I_3$ , должна составлять как минимум 30–40%.

Приведем пример энергетического анализа на молочной ферме с поголовьем 800 коров. Основные технико-экономические показатели фермы: производство молока – 2400т; расход кормов 3120 т к.е.; площадь помещений – 10,5 тыс.м<sup>2</sup>; масса оборудования 117 т; мощность электро-нагревательных установок – 1120кВт, прочих электрических приемников – 240 кВт. На ферме работают 35 человек, ее обслуживают также 3 транспортных средства (180 кВт). Основные помещения фермы: 2 коровника по 400 голов, родильное отделение на 120 мест с профилакторием, доильно-молочный блок, ветсанпропускник, соединительная галерея, кормохранилище, ветпункт, площадка для компостирования навоза, водонапорная башня. Корма на ферму подвозят тракторными тележками, среднее расстояние перевозки – 6 км. Молоко на молокозавод доставляют автоцистерной на базе ГАЗ–53 (расстояние 25 км). Обогрев и приточную вентиляцию животноводческих помещений обеспечивают электрокалориферные установки, отопление остальных помещений – электроконвекторы. Для вытяжной вентиляции используются осевые вентиляторы ВО–7. Навоз из животноводческих помещений удаляют скребковыми транспортерами, затем тракторной тележкой доставляют на площадку для компостирования. Корма раздают мобильным раздатчиком.

Технологические границы производства определяют следующие операции: на входе – доставка кормов на ферму тракторными тележками; на выходе – доставка молока на молочный завод автоцистерной.

В качестве временных границ производства принят календарный год, что вызвано сезонными изменениями расхода энергии на вентиляцию, отопление, доставку кормов.

В расчетах использовались следующие исходные данные: из типового проекта фермы – установленная мощность осветительных установок, вытяжных вентиляторов, технологического оборудования, расход холодной и горячей воды, выход навоза, объем тепловая характеристика и внутренние параметры помещений, количество животных в помещении, их масса и продуктивность, данные о продолжительности выполнения технологических операций; из

справочной литературы – номинальная мощность, КПД, коэффициент загрузки оборудования, его производительность, режим использования, климатические данные, сведения о тепловыделении животных.

На основании исходных данных определен расход энергоносителей по отдельным процессам и по ферме в целом (табл. 4.1).

Расчет овеществленных затрат энергии выполнен с использованием укрупненных энергетических эквивалентов производства кормов (10 МДж/кг к.е.), единицы массы оборудования (20 МДж/кг) единицы площади (150 МДж/м<sup>2</sup>), а также энергетических эквивалентов производства энергоносителей. Результаты расчета всех слагаемых полных энергозатрат на ферме приведены в табл. 6.5. Приведенные в ней показатели характеризуют базовый вариант технологии.

Для снижения затрат энергии на ферме предусматривается: усилить теплозащиту зданий фермы дополнительным утеплением перекрытий минеральной ватой; использовать для охлаждения молока и нагрева воды теплоохладительную установку; ТХУ-16; применить теплообменную вентиляцию животноводческих помещений; заменить лампы накаливания люминесцентные осветительные установки.

Расчет энергопотребления по технологическим процессам на молочной ферме таблица 4.1.

*Таблица 4.1.*

**Расчет энергопотребления по технологическим процессам на молочной ферме**

Процесс	Энергоноситель	Расход энергоносителя
Доставка кормов мобильным транспортом	Жидкое топливо	2 т
Загрузка корма в хранилище	Электроэнергия	0,5 МВт·ч
Вентиляция хранилища	То же	2 МВт·ч
Выгрузка корма из хранилища	То же	0,5 МВт·ч
Измельчение и смешивание кормов	То же	7,5 МВт·ч

Продолжение таблицы 4.1.

Кормораздача раздатчиком	мобильным	Жидкое топливо	4 т
Доеение и первичная обработка молока		Электроэнергия	80 МВт·ч
Доставка молока для реализации		Жидкое топливо	10 т
Удаление навоза из помещений транспортными		Электроэнергия	8 МВт·ч
Транспортирование навоза на площадку для компостирования		Жидкое топливо	10 т
Погрузка навоза на мобильный транспорт для вывоза на поле		Жидкое топливо	2 т
Подача воды в водонапорную башню		Электроэнергия	16 МВт·ч
Нагрев воды		Электроэнергия	100 МВт·ч
Привод приточных вентиляторов и нагрев приточного воздуха электрокалориферами		Электроэнергия	37,7 МВт·ч
Привод вытяжных вентиляторов		Электроэнергия	14,5 МВт·ч
Освещение помещений		Электроэнергия	64 МВт·ч
Отопление помещений электроконвекторами		Электроэнергия	400 МВт·ч
Всего		Электроэнергия	1070 МВт·ч
		Жидкое топливо	22 т

Ресурсо – и энергозатраты на производство молока на ферме приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2.

**Ресурсо – и энергозатраты на производство молока на ферме**

Вид ресурсов	Расход за год	Энергозатраты, ГДж			
		Прямые	Овеществ- ленные	Полные	Полные на 1 т молока
Электроэнергия	1070 МВт·ч	3852	8988	12840	5,35
Жидкое топливо	22 т	924	220	1144	0,48
Корма	3120т к.е.		31200	31200	13,00
Оборудование	117т		2340	2340	0,97
Здание и сооружения	10,5 тыс. м <sup>2</sup>		1575	1575	0,66
Всего		4776	44323	49099	20,46

Реализация намеченного потребует установки дополнительного оборудования и материалов, но позволит снизить расход электроэнергии на ферме. Так, при замене ламп накаливания люминесцентные масса дополнительного оборудования составит 1,2 т, но даст экономию электроэнергии 33 МВт·ч, теплоохладительная установка ТХУ–16 увеличивает массу оборудования на 10 т, но снижает расход электроэнергии на 40 МВт·ч

Эти показатели для других энергосберегающих процессов равны соответственно: применение теплообменной вентиляции животноводческих помещений – 1,5т и 13 МВт·ч, усиление теплозащиты–1200м<sup>2</sup> минеральной ваты и 120 МВт·ч электроэнергии за счет ее расхода на отопление и 18МВт·ч – за счет меньшего подогрева воздуха. Всего реализация намеченных энергосберегающих мероприятий позволит экономить 224 МВт·ч электроэнергии.

Дополнительные, овеществленные в оборудовании энергозатраты составляют 254 ГДж (при энергетическом эквиваленте 20 МДж/кг). Энергетический эквивалент применения минеральной ваты составляет 230 МДж/м<sup>3</sup>, овеществленные энергозатраты на дополнительную теплоизоляцию – 280 ГДж. Экономия электроэнергии выражается в снижении энергозатрат на 806 ГДж и овеществленных при производстве электроэнергии – на 1882 ГДж. Таким образом, полные энергозатраты фермы в новом варианте

составляют в том числе прямые – 3970 ГДж и овеществленные 42975 ГДж. Энергоемкость 1 т молока составит 19,56 ГДж полных энергозатрат, 1,654 – прямых, 17,906 ГДж – овеществленных.

В базовом варианте эти показатели были соответственно 20,46, 1,99 и 18,47 ГДж. Тем самым коэффициент энергозатрат по прямым затратам будет равен 0,831, овеществленным – 0,969, полным – 0,956, а уровень интенсификации – соответственно 16,9, 3,1 и 4,4%.

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №5

### Инновационные технологии в мелиорации

Мелиоративные работы подразделяются на два вида: коренная мелиорация земель (корчевание пней, удаление кустов, первичная вспашка, осушение, планировка и т.д.) с введением новых площадей в севооборот и культуртехнические работы на землях, находящихся в севообороте (разделка пласта, удаление мелкого кустарника и др.).

Мелиоративные работы по коренному улучшению земель культуртехнические операции могут быть оценены с точки зрения энергозатрат так же, как и технологические процессы в растениеводстве. Для этого необходимо располагать перечнем работ, марками и эксплуатационными показателями машин.

Так же, как в растениеводстве и животноводстве, технологии мелиоративных и культуртехнических работ с точки зрения ресурсо- и энергоэкономичности оцениваются при сравнении полной энергоемкости мелиорации 1 га площади ( $\Sigma$ ), в базовом и новом варианте с помощью коэффициентов энергозатрат ( $K_3$ ) и показателей уровня интенсификации ( $I_3$ ).

Полная энергоемкость складывается из удельных прямых энергозатрат (топливо, электроэнергия, теплота) и овеществленных затрат энергии (материалы – дренажные трубы, цемент, металл и другие строительные материалы и мелиоранты, средства механизации).

Сведения о материальных затратах берутся из нормативно-технической документации на мелиоративное строительство, а также технологических карт на производство культуртехнических работ в расчете на гектар мелиорируемых земель. При сравнении отдельных технологических процессов и операций затраты ресурсов по базовому



и новому варианту устанавливаются по результатам производственных и протоколам приемочных испытаний, техническим характеристикам средств механизации и другим достоверным источникам.

Из нескольких альтернативных проектов наиболее экономичный вариант мелиоративного строительства может быть выбран по обобщенному коэффициенту энергозатрат:  $K_э = Э_н / Э_б$ , где  $Э_н$  и  $Э_б$  – соответственно полная энергоемкость нового и базового вариантов проектов мелиорации (МДж/га, кг усл. топлива на 1 га). Уровень интенсификации нового проекта определяется по формуле  $И_э = (1 - K_э) \cdot 100, \%$ .

Отрицательное значение уровня интенсификации означает, что предлагаемый новый вариант хуже базового.

При сравнительной оценке крупных проектов мелиоративного строительства важно выявить их преимущества и недостатки. Такое сравнение целесообразно проводить с помощью частных коэффициентов энергозатрат или уровней интенсификации составляющих полной энергоемкости. Так, в мелиоративном строительстве обычно предпочтение отдается проектам, для которых требуется меньше металла, цемента как по общим затратам (т/га), так и с учетом амортизации (т/га·год).

При определении частных показателей уровня интенсификации могут быть использованы удельные затраты ресурсов – металла, цемента, гончарных труб в расчете на мелиорируемых площадей:

$$И_{эп} = \left( 1 - \frac{H_{рн}}{H_{рб}} \right) 100, \%, \quad (5.1)$$

где  $H_{рн}$ ,  $H_{рб}$ , – соответственно удельные затраты каждого ресурса по новому и базовому вариантам.

Аналогичному энергетическому анализу при, необходимости могут быть подвергнуты операции технологического процесса.

При оценке энергозатрат на возделывание сельскохозяйственных культур на мелиорированных почвах затраты мелиорацию должны быть отнесены на урожай с учетом срока службы мелиоративной системы и ремонтных работ при ее эксплуатации. Поэтому все проекты мелиоративного строительства должны быть оценены по полным энергозатратам в расчете на год эксплуатации мелиоративной системы.

При оценке энергетической эффективности оросительных

систем должны учитываться и энергозатраты на строительство оросительной сети. Полные энергозатраты на орошение ( $E_{\Sigma op}$ ) равны:

$$E_{\Sigma op} = E_{c.oc} + E_{э.oc}, \quad (5.2)$$

где  $E_{c.oc}$ ,  $E_{э.oc}$ , – соответственно полные энергозатраты на строительство оросительной системы и ее эксплуатацию (МДж, кг усл. топлива),

Определение составляющих полных удельных энергозатрат (энергоемкости) проводят по уравнениям, приведенным в работе 3. Полные затраты необходимо относить к одному поливу на гектар, так как в разных погодных условиях и для разных культур количество поливов неодинаково.

Степень прогрессивности новых технологий в орошаемом земледелии также может быть оценена с помощью коэффициентов энергозатрат и уровней интенсификации по формулам (3.2), (3.3) практической работы 3.

Энергетический анализ технологий полива и средств механизации позволяет определить не только энергоемкость различных способов полива, но целесообразность использования систем орошения в конкретных условиях возделывания зерновых или пропашных культур. Очевидно, что энергозатраты на строительство оросительной сети и сам полив должны компенсироваться прибавкой урожая, который можно оценить как дополнительную энергию выхода, т.е.

$$E_{\Sigma op} \leq \Delta u_{op} e_u, \quad (5.3)$$

где  $\Delta u_{op}$  – прибавка урожая от орошения, кг/га;  $e_u$  – энергосодержание единицы массы урожая, МДж/кг.

Уровень интенсификации определяют по формуле

$$И_э = \frac{\Delta u_{op} e_u - E_{\Sigma op}}{E_{\Sigma op}} = \left( \frac{\Delta u_{op} e_u}{E_{\Sigma op}} - 1 \right) 100, \%. \quad (5.4)$$

Для повышения эффективности оросительной сети и снижения энергозатрат на производство продукции следует расширять сферу ее использования, т.е. одновременно с поливом вносить гербициды, пестициды, минеральные удобрения и тем самым снизить энергозатраты, исключив использование специальных машин.

Рассмотрим пример расчета энергетической эффективности

мелиоративных работ по введению в севооборот 100 га закустаренной площади ( $F = 100$  га). Культуртехнические работы по новой технологии включают: срезку кустарника ДП-24 в агрегате с трактором Т-130.1.Г-1; корчевку пней корчевателями ДП-8А в агрегате с трактором ДТ-75Б; сгребание срезанной и невыкорчеванной древесной массы граблями К-3 в агрегате трактором Т-130.1.Г-3; формирование валов, фрезезерование на глубину 400 мм за один проход агрегата из трактора Т-130Б и фрезы МТП-44А. В базовой технологии срезка кустарника, корчевка пней, сгребание срезанной и выкорчеванной массы, формирование валов ведутся так же, а первичная вспашка проводится плугом БП-1,2 в агрегате с трактором Т-130Б, разделка пласта – тяжелой дисковой бороной БДТ-7 в агрегате с трактором К-701 и последующей культивацией агрегатом Т-150+СП-11+2КПС-4+8БЗСС-1.0. Для упрощения расчетов в обеих технологиях рассмотрим лишь работы по разделке пласта, так как операции срезки и удаления кустарника в них одинаковы.

Данные для определения полных энергозатрат на фрезерование почвы агрегатом: производительность  $W_j = 0,15$  га/ч при глубине фрезерования 400 мм; расход топлива  $H_T = 197$  кг/га; масса машины  $M_M = 22400$  кг; энергетический эквивалент  $\alpha_M = 75$  МДж/кг; масса трактора  $M_{mp} = 15520$  кг; энергетический эквивалент  $\alpha_{mp} = 86,4$  МДж/кг; годовые нормативные отчисления трактора на полное восстановление  $\alpha_m = 11,1$  на капремонт  $R_T = 6,5\%$  машины –  $\alpha_M = 16,0$  и  $R_M = 5,8\%$ ; годовое использование трактора  $T_{mp} = 1300$  ч, машины  $T_M = 400$  ч (условно); энергосодержание топлива  $e_m = 42,7$  МДж/кг, энергетический эквивалент  $\alpha_m = 10$  т МДж/кг. Обслуживающий персонал  $N_{ij} = 1$  чел, энергетический эквивалент – 1,26 МДж/чел-ч.

Прямые удельные затраты энергии (топлива) на фрезеровании:

$$\mathcal{E}_{пр} = H_m e_m = 147 \cdot 42,7 = 6277 \text{ МДж/га.}$$

Затраты, овеществленные при производстве энергоносителя (топлива):

$$\mathcal{E}_{от} = H_m \alpha_m = 147 \cdot 10 = 1470 \text{ МДж/га.}$$

Энергоемкость средств механизации:

$$\begin{aligned} \Theta_{см} &= \frac{1}{10^2 W_j} \left[ \frac{M_{mp} \alpha_{mp} (a_{mp} + R_{mp})}{T_{mp}} + \frac{M_m \alpha_m (a_m + R_m)}{T_m} \right] = \text{МД} \\ &= \frac{1}{10^2 \cdot 0,15} \left[ \frac{15520 \cdot 86,4(11,1 + 6,5)}{1300} + \frac{22400 \cdot 75(16 + 5,8)}{400} \right] = 7314 \end{aligned}$$

ж/га.

Энергозатраты живого труда:

$$\Theta_{ж} = \frac{N_{tj} \alpha_t}{W_j} = \frac{1 \cdot 1,26}{0,15} = 8,4 \text{ МДж/га.}$$

Полная энергоемкость технологического процесса фрезерования (без учета живого труда)  $\Theta_{\Sigma I} = 6277 + 1470 + 7314 = 15061$  МДж/га.

В базовой технологии расход топлива на вспашке составляет 24,7 кг/га, на двукратном дисковании – 44 кг/га, на культивации – 5,4 кг/га. Масса трактора Т–130Б – 15 520 кг, плуга – 2300 кг, трактора К–701 – 12 500 кг; дисковой бороны 3500кг, трактора Т–150 – 6975 кг, сцепки – 915 кг, культиватора КПС–4,0 – 969 кг, зубовой бороны БЗСС–1;0 – 35 кг. Производительность на вспашке – 0,5 га/ч, на двукратном дисковании – 0,95 га/ч и на культивации – 3,5 га/ч. Годовое использование тракторов – 1300 ч, рабочих машин – 400 ч. Амортизационные отчисления – 17,6% для тракторов и 21,8% рабочих машин.

Расчет, аналогичный приведенному выше, показывает, что полные затраты на вспашке и разделке пласта плугом составили:  $\Theta_{\Sigma II} = 4915$  МДж/га. Тогда показатели эффективности – обобщенный коэффициент эффективности и уровень интенсификации – будут следующими:

$$K_э = \frac{\Theta_{\Sigma I}}{\Theta_{\Sigma II}} = \frac{15061}{4915} = 3,1; \quad И_э = (1 - 3,1)100 = -210\% .$$

Таким образом, энергоемкость технологии разделки пласта фрезерованием на 210% выше, чем технологии вспашки и разделки пласта дисковой бороной.

Аналогично рассчитывают энергоемкость других операций, предусмотренных технологиями. Когда работу агрегата трудно или невозможно оценить по производительности (например, корчевка пней, формирование валов и др.), прямые энергозатраты определяют исходя из часов работы агрегата и общего расхода топлива.

Приведем пример расчета полных энергозатрат и энергетической эффективности системы орошения. На орошаемых полях строятся оросительные сети для работы дождевальной машины ДДА–100МА. Предполагается строительство комбинированной оросительной сети, включающей закрытый трубопровод с гидрантами, насосную станцию временные оросители. Общая площадь орошаемых полей  $F = 100$  га, прямые энергозатраты на строительство оросительной сети  $E_{oc} = 400000$  МДж.

Полную энергоемкость оросительной сети в расчете на 1 га с учетом основных сооружений определим при следующих исходных данных: амортизация насосной станции  $a_n + R_n = 19,1\%$ , стального трубопровода  $a_{cm} + R_{cm} = 3,9\%$ , земляных каналов  $a_k + R_k = 3,8\%$ , предполагается проводить орошение 5 раз в году ( $n_o = 5$ ), Тогда

$$\mathcal{E}_{oc} = E'_{oc} \frac{(a_n + R_n + a_{cm} + R_{cm} + a_k + R_k)}{100F_o n_o} = 400000 \frac{19,1 + 3,9 + 3,8}{100 \cdot 150 \cdot 5} = 143$$

МДж/га.

При возделывании кукурузы на поливных участках дополнительно нарезаются поливные борозды агрегатом МТЗ–80+КРН–4,2 (производительность  $W_j = 1,7$  га/ч; расход топлива  $H_T = 6,0$  кг/га; масса трактора  $M_T = 3160$  кг, машины  $M_M = 871$  кг; амортизационные отчисления трактора  $(a_m + R_m) = (10 + 5)\%$ , машины  $a_m = 14,2\%$ ; годовая загрузка трактора  $T_T = 1350$  ч, машины  $T_M = 350$  ч) и выполняется полив агрегатом ДТ–75М+ДДА–100МА ( $W_j = 0,5$  га/ч;  $H_T = 25$  кг/га;  $M_T = 6650$ ,  $M_M = 123,4$  кг;  $(a_m + R_m) = (12,5 + 8)\%$ ;  $a_m = 12,5\%$ ;  $T_T = 1300$  ч,  $T_M = 1056$  ч, норма полива за сезон –  $3500 \text{ м}^3$  /га). Расход электроэнергии на работу насосной станции –  $115 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / 1000 \text{ м}^3$  воды.

Прямые удельные затраты энергии (топлива):  
 $\mathcal{E}_{oэ} = 5H_T \alpha_T = 5 \cdot (6 + 25) \cdot 42,7 = 6619$  МДж/га. Затраты,

овеществленные при производстве топлива:  
 $\mathcal{E}_{oэ} = 5H_T \alpha_T = 5 \cdot (6 + 25) \cdot 10 = 1550$  МДж/га. Прямые удельные затраты

энергии насосной станции:  $\mathcal{E}_{пр}^{эл} = H_{эл} e_{эл} = 115 \cdot 3,5 \cdot 3,6 = 1449$  МДж/га.

Затраты, овеществленные при производстве электроэнергии:

$$\mathcal{E}_{пр}^{эл} > H_{эл} \alpha_{эл} = 115 \cdot 3,5 \cdot 7,4 = 2980 \text{ МДж/га.}$$

Энергоемкость средств механизации:

$$\begin{aligned} \Theta_{см} &= 5 \frac{1}{10^2 W} \left[ \frac{M_{mp} \alpha_{mp} (a_{mp} + R_{mp})}{T_{mp}} + \frac{M_m \alpha_m (a_m + R_m)}{T_m} \right] = \\ &= 5 \frac{1}{10^2 \cdot 1,7} \left[ \frac{3160 \cdot 86,4(10 + 5)}{1350} + \frac{871 \cdot 7514,2}{350} \right] + \\ &+ 5 \frac{1}{10^2 \cdot 0,5} \left[ \frac{6650 \cdot 86,4(12,5 + 6)}{1300} + \frac{123,4 \cdot 7512,5}{1056} \right] = 983 \text{ МДж/га} \end{aligned}$$

Удельные энергозатраты живого труда:

$$\Theta_{ж} = 5 \left[ \frac{1 \cdot 1,26}{1,7} + \frac{1 \cdot 1,26}{0,5} \right] = 16,3 \text{ МДж/га.}$$

Полная энергоемкость орошения (без учета затрат живого труда):

$$\Theta_{\Sigma I} = 143 + 6619 + 1550 + 1449 + 2980 + 983 = 13724 \text{ МДж/га.}$$

Таким образом, на орошение поля требуется затратить дополнительно 13 724 МДж/га. При этом урожайность кукурузы повысится на 15 ц/га по сравнению с урожайностью на неорошаемых полях, что составит 914,9 МДж/ц.

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №6

### Инновационные технологии в почвоведении и агрохимии

Плодородие почв обусловлено их агрохимическими, физическими, биологическими и другими свойствами, важнейшими из которых являются агрохимические – содержание гумуса, макро– и микроэлементов, реакция почвенной среды. Агрохимические свойства почв зависят от количества и качества вносимых органических, минеральных и известковых удобрений.

Энергетическая оценка работ по повышению плодородия почв предусматривает, как и в других случаях, определение прямых, овеществленных и полных затрат всех видов ресурсов на выращивание сельскохозяйственных культур. При энергетическом анализе технологий важно выявить оптимальное количество удельных затрат всех видов удобрений в действующем веществе (д.в.) на единицу продукции и окупаемость их урожаем.

Энергетический анализ в агрохимии и почвоведении может быть

проведен по упрощенной методике. Если ставится задача сравнить два способа внесения удобрений, то материально–энергетические затраты можно брать только по этой операции и относить их к массе урожая, считая, что все другие затраты одинаковы в обоих случаях (на почвообработку, сев, уход за растениями, уборку и т.д.). Тогда сравнительная оценка двух способов внесения удобрений сводится к определению удельных затрат живого труда, металла, строительных материалов (складские помещения), топлива, электроэнергии и азотно–фосфорно–калийных удобрений (в д.в.) на 1 т урожая по сравниваемым вариантам, один из которых принимают за базовый.

$$\mathcal{E}_б = \frac{E_{\Sigma б}}{Y_б}; \mathcal{E}_н = \frac{E_{\Sigma н}}{Y_н} \text{ (МДж/т, кг усл. топлива/т) (6.1)}$$

где  $E_{\Sigma б}$  и  $E_{\Sigma н}$  – суммарные затраты всех видов энергоресурсов соответственно по базовому и новому (сравниваемому) варианту, МДж, кг усл. топлива;  $Y_б$  и  $Y_н$  – урожайность в, базовом и новом вариантах, т,

Составляющие энергетических затрат определяют по общей методике практическая работы 2.

Аналогично оценивается энергетическая эффективность удобрений с учетом элементов питания. В этом случае энергетический анализ сводится к определению овеществленных энергетических затрат только по элементам питания при равных всех других затратах:

$$\mathcal{E}_б = \frac{M(N)б\alpha(N) + M(P)б\alpha(P) + M(K)б\alpha(K)}{Y_б},$$

$$\mathcal{E}_н = \frac{M(N)н\alpha(N) + M(P)н\alpha(P) + M(K)н\alpha(K)}{Y_н}, \text{ (МДж/т, кг усл.}$$

топлива/т), (6.2)

где  $M_б$  и  $M_н$  – соответственно затраты элементов питания по сравниваемым нормам внесения  $NPK$ , кг;  $\alpha(N, P, K)$  – энергетические эквиваленты удобрений каждого вида.

Так же проводится энергетическая оценка норм внесения органических удобрений и известковых материалов.

При определении затрат каждого вида удобрений, известковых материалов, микроэлементов и других ресурсов учитывают срок их действия: для органических удобрений это 3 года, известковых материалов – 4 года.

Коэффициент энергозатрат определяется по формуле  $K_э = Э_n / Э_б$ . Частные коэффициенты энергетической эффективности по азоту, фосфору и калию – по формулам

$$K_{э(N)} = \frac{M_{(N)n}}{M_{(N)б}}; K_{э(P)} = \frac{M_{(P)n}}{M_{(P)б}}; K_{э(K)} = \frac{M_{(K)n}}{M_{(K)б}}; \quad (6.3)$$

Уровень интенсификации рассчитывается по формуле (6.3).

Мероприятия по повышению плодородия внесения всех видов удобрений и химических мелиорантов могут быть оценены по их окупаемости урожаем:

$$Э_{бо} = \frac{E_{\Sigma б}}{Y_{б} - Y_{ен(б)}}; Э_{но} = \frac{E_{\Sigma н}}{Y_{н} - Y_{ен(н)}}; \quad (\text{МДж/т}) \quad (6.4)$$

где  $Э_{бо}, Э_{но}$  – окупаемость вносимых удобрений без учета доли урожая, полученного за счет естественного плодородия почв соответственно в базовом и новом вариантах;  $Y_{ен(б)}, Y_{ен(н)}$  – доля урожая, полученная за счет естественного плодородия почв по сравниваемым вариантам, т.

Тогда окупаемость по общему коэффициенту затрат:

$$K_{эо} = Э_{но} / Э_{бо},$$

Уровень интенсификации окупаемости удобрений определяется по формуле  $I_э = (1 - K_{эо}) \cdot 100, \%$ .

Точно установить прибавку урожая за счет удобрений; известковых материалов и других факторов довольно сложно. Обычно прибавку урожая определяют по результатам полевых опытов, где по разности в урожайности культур на удобренных и не удобренных почвах проводятся расчеты окупаемости удобрений.

Средние значения окупаемости удобрений прибавкой урожая сельскохозяйственных культур таблица 6.1.



Таблица 6.1.

**Средние значения окупаемости удобрений прибавкой  
урожая сельскохозяйственных культур**

Культура	Дозы удобрений		Окупаемость 1 т органических удобрений		Окупаемость 1 кг NPK	
	органических, т/га	Минеральных NPK, кг/га	кг продукции	к.е.*	кг продукции	к.е.
Зерновые в целом	20–40	250–300	20	29	6,2	8,8
Озимая рожь	20–40	250–300	22	32	6,1	8,7
Озимая пшеница	20–40,	250–300	23	31	7,8	10,0
Ячмень	20–40	250–300	14	21	6,5	9,7
Овес	–	250–300	–	–	6,0	7,9
Горох	–	200–250	–	–	3,6	6,0
Гречиха	–	200–250	–	–	2,3	5,0
Лен–долгунец (волокно, семена)	–	160–200	–	–	1,65	13,0
Картофель	60–80	300–350	90	27	20	6,0
Сахарная свекла	60–100	350–450	125	39	31	9,6
Корнеплоды	80–100	250–600	200	36	65	11,7
Кукуруза на зеленую массу	60–90	250–350	150	30	73	14,6
Многолетние травы на сено	–	200–300	–	–	14	7,1
Кормовые культуры на пашне	–	–	–	32	–	10,5

\* С учетом продукции: соломы для зерновых, семян – для льна.

В Белорусском НИИ почвоведения и агрохимии проводились многолетние опыты по определению естественного плодородия различных типов почв, различающихся; содержанием гумуса,

элементов питания, кислотностью и т.д. В табл. 6.1 приведены средние значения окупаемости удобрений прибавкой урожая сельскохозяйственных культур, в табл. 6.2 – данные оценки плодородия почв по урожайности сельскохозяйственных культур.

Рассмотрим пример энергетического анализа различных технологий внесения минеральных удобрений под зерновые культуры. Данные для расчетов по двум сравниваемым вариантам приведены в табл. 6.3.

Естественное плодородие почв Беларуси (урожайность культур без удобрений в полевых опытах) таблица 6.2.

Таблица 6.2.

**Естественное плодородие почв Беларуси (урожайность культур без удобрений в полевых опытах)**

Культуры	Вид продукции	Цена 1 балла почв	
		кг. продукции	к.е.
Зерновые в целом	зерно	50	70
Озимая рожь	—	47	66
Озимая пшеница	—	55	74
Ячмень	—	50	75
Овес	—	52	67
Горох	—	30	42
Гречиха	—	19	42
Лен–долгунец	Волокно	11,6	93
Картофель	Клубни	293	85
Сахарная свекла	Корни	365	113
Кормовые корнеплоды	Корни	500	90
Кукуруза	Зеленая масса	390	78
Многолетние травы (бобово–злаковые)	Сено	73	37
	Зеленая масса	365	77
Однолетние травы	Зеленая масса	263	47
Кормовые культуры на пашне	Зеленая масса	—	60
Сенокосы и пастбища	Сено	70	34
	Зеленая масса	350	63

Таблица 6.3.

**Характеристики вариантов технологического процесса**

Показатели	Базовый вариант	Новый вариант
Урожайность зерна, т/га	3,26	3,84
Доза минеральных удобрений, кг д.в./га.	250	250
В том числе:		
N	83	83
P	75	75
K	92	92
Состав агрегата	МТЗ–80+СП–11+ЗРТТ–4,2А	МТЗ–80+РШЧ–12
Масса, кг.		
трактора	3160	3160
с–х машины	890	600
цепки	915	—
Годовая загрузка, ч:		
трактора	1350	1350
с.–х. машины	210	210
цепки	350	—
Производительность в час эксплуатационного времени, га	9	8,5
Расход топлива, кг/га	1,6	1,4
Равномерность внесения удобрений, %	25–30	10

Прямые затраты энергии в базовом  $\mathcal{E}_{прб}$  и новом  $\mathcal{E}_{прн}$  вариантах:

$$\mathcal{E}_{прб} = (1,6 \cdot 42,7) / 3,26 = 21 \text{ МДж/т};$$

$$\mathcal{E}_{прн} = (1,4 \cdot 42,7) / 3,84 = 15,6 \text{ МДж/т.}$$

Затраты энергии, овеществленные в энергоносителях:

$$\mathcal{E}_{эоб} = (1,6 \cdot 10) / 2,26 = 4,9 \text{ МДж/т};$$

$$\mathcal{E}_{эон} = (1,4 \cdot 10) / 3,84 = 3,6 \text{ МДж/т.}$$

Энергоемкость средств механизации:

$$\mathcal{E}_{мб} = \frac{1}{10^2 \cdot 9 \cdot 3,26} \left[ 86,4 \cdot 3160 \frac{(10+14,9)}{1350} + 75 \cdot 890 \frac{20+12}{210} + 75 \cdot 915 \frac{14,2+7}{350} \right] = 13,6$$

МДж/т.

$$\mathcal{E}_{мн} = \frac{1}{10^2 \cdot 8,5 \cdot 3,84} \left[ 86,4 \cdot 3160 \frac{(10+14,9)}{1350} + 75 \cdot 600 \frac{20+12}{210} \right] = 3,7 \text{ МДж/т.}$$

Энергозатраты, овеществленные при производстве минеральных удобрений:

$$\Theta_{уб} = \frac{83 \cdot 80 + 75 \cdot 13,8 + 92 \cdot 8,8}{3,26 \cdot 1} = 2602,8 \text{ МДж/т,}$$

$$\Theta_{ун} = \frac{83 \cdot 80 + 75 \cdot 13,8 + 92 \cdot 8,8}{3,84 \cdot 1} = 2209,6 \text{ МДж/т,}$$

Полные энергозатраты:

$$\Theta_{нб} = 21 + 4,9 + 13,6 + 2602,8 = 2641,5 \text{ МДж/т,}$$

$$\Theta_{нн} = 15,6 + 3,6 + 3,7 + 2209,6 = 2232,5 \text{ МДж/т.}$$

Приведенные в табл. 6.4 результаты расчета показывают, что использование на внесении удобрений новой машины РШУ–12 обеспечивающей более равномерное их распределение по поверхности поля, позволяет снизить прямые затраты энергии на 26%, энергозатраты на изготовление и эксплуатацию средств механизации на 73% и повысить общую эффективность процесса на 16%. Результаты расчета энергоемкости и эффективности технологического процесса по энергетическим критериям в таблице 6.4.

Таблица 6.4.

**Результаты расчета энергоемкости и эффективности технологического процесса по энергетическим критериям**

Затраты	Значения по вариантам, МДж/т		Коэффициенты энергозатрат	Уровни интенсификации, %
	Базовый	Новый		
Прямые энергозатраты	21	15,6	0,74	26
Энергозатраты овеществленные в энергоносителе	4,9	3,6	0,73	27
Энергоемкость средств механизации	13,6	3,7	0,27	73
Энергозатраты на удобрения	2602,8	2209,6	0,85	15
Полные энергозатраты	2641,5	2232,5	0,84	16

Приведем пример энергетической оценки влияния на урожайность зерновых разных доз минеральных удобрений. Данные

для расчета в базовом и новом варианте следующие (соответственно): урожайность – 38 и 40 и/га; доза внесения азотных удобрений – 130 и 115 кг д.в. на 1 га, фосфорных – 100 и 105, калийных – 120 и 130 кг д.в. (всего в обоих вариантах – по 350 кг д.в.); состав агрегата – МТЗ–80 + РШУ–12 (в обоих вариантах); производительность – 8,5 га/ч, расход топлива – 1,4 кг/га. Остальные данные приведены в предыдущем примере.

Прямые затраты энергии:

$$\mathcal{E}_{прб} = (1,4 \cdot 42,7) / 3,8 = 15,7 \text{ МДж/т};$$

$$\mathcal{E}_{прн} = (1,4 \cdot 42,7) / 4 = 14,9 \text{ МДж/т}.$$

Затраты энергии, овеществленные в энергоносителях:

$$\mathcal{E}_{сэб} = (1,4 \cdot 10) / 3,8 = 3,7 \text{ МДж/т}; \quad \mathcal{E}_{оэн} = (1,4 \cdot 10) / 4 = 3,5 \text{ МДж/т}.$$

Энергоемкость средств механизации:

$$\mathcal{E}_{мб} = \frac{1}{10^2 \cdot 8,5 \cdot 3,8} \left[ 86,4 \cdot 3160 \frac{(10+14,9)}{1350} + 75 \cdot 600 \frac{20+12}{210} \right] = 3,7 \text{ МДж/т}.$$

$$\mathcal{E}_{мн} = \frac{1}{10^2 \cdot 8,5 \cdot 4} \left[ 86,4 \cdot 3160 \frac{(10+14,9)}{1350} + 75 \cdot 600 \frac{20+12}{210} \right] = 3,5 \text{ МДж/т}.$$

Энергозатраты, овеществленные в минеральных удобрениях:

$$\mathcal{E}_{уб} = \frac{130 \cdot 80 + 10 \cdot 13,8 + 120 \cdot 8,8}{3,8} = 3377,9 \text{ МДж/т},$$

$$\mathcal{E}_{ун} = \frac{115 \cdot 80 + 105 \cdot 13,8 + 130 \cdot 8,8}{4} = 2948,33 \text{ МДж/т},$$

Полные энергозатраты:

$$\mathcal{E}_{нб} = 15,7 + 3,7 + 3,7 + 3377,9 = 3401 \text{ МДж/т},$$

$$\mathcal{E}_{нн} = 14,9 + 3,5 + 3,5 + 2948,3 = 2970,6 \text{ МДж/т}.$$

Результаты расчета приведены в табл. 6.5

Таблица 6.5.

**Результаты расчета энергоемкости и энергетической  
эффективности вариантов внесения разных доз минеральных  
удобрений**

Затраты	Значения по вариантам, МДж/т		Коэффициенты энергозатрат	Уровни интенсификации, %
	Базовый	Новый		
Прямые энергозатраты	15,7	14,9	0,94	6
Энергозатраты овеществленные в энергоносителе	3,7	3,5	0,95	5
Энергоемкость средств механизации	3,7	3,5	0,95	5
Энергозатраты на удобрения	3377,9	2946,3	0,87	13
Полные энергозатраты	3401,0	2970,0	0,86	14

Результаты расчета показывают, что при оптимальном соотношении азотных, фосфорных и калийных удобрений энергозатраты уменьшаются на 13%, полные энергозатраты на 14%.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Практикум по агробиологическим основам производства хранения и переработки продукции растениеводства/ В.И. Филатов, Г.И. Баздырев, А.Ф. Сафонов и др.; Под редакцией В.И. Филатова. – М.: Колос 2002.
2. Севернев М.М. Энергосберегающие технологии в сельскохозяйственном производстве. – Мн.: Ураджай, 1994г.
3. Афанасьев А.М., Гамидов Г.З. Определение энергетической эффективности интенсивной технологии возделывания пшеницы. Сборник научных трудов ВИМа. Т.109.М.: ВИМ, 1986.
4. Бабахов Ю.М., Степанова Н.А., Таталов А. П. Снижение электропотребления систем микроклимата в животноводческих помещениях: Сборник, трудов ВИЭСХа. Т. 64. М.: ВИЭСХ, 1985.
5. Барофти Н, Рафаи П, Энергосберегающие технологии и агрегаты на животноводческих фермах. – М.: Агропррмиздат, 1988.
6. Биомасса как источник энергии/Пер, с англ. М.: Мир, 1985.
7. Временная типовая методика определения экономической эффективности осуществления природоохранных мероприятий и оценки экономического ущерба, причиняемого народному хозяйству загрязнением окружающей среды. М.: Экономика, 1986.
8. Гаш С. возможность экономии топлива и энергии в сельском хозяйстве //Международный сельскохозяйственный журнал. 1981, №4.
9. Герин Г.С., Образцов СИ и др. Экономия топливно–энергетических ресурсов на объектах животноводства и кормопроизводства: Обзорная информация. Мн.:БелНИИНТИ, 1987.
10. Гольдман В.Л. Кривицкая ФА. Эффективная эксплуатация котельных установок – путь к сокращению энергозатрат: Сборник трудов ВИЭСХа. Т. 64. М.: ВИЭСХ, 1986.
11. Гончарик Н.С., Лебл Д.О. Оптимизация микроклимата и экономия энергии // картофель и овощи, 1982. № 2.
12. Дагаев Г.А., Насонов ИЛ. Пути снижения энергозатрат в кормопроизводстве: Обзорная информ. М.: ВНИИТЭИСХ, 1986.
13. Драганов Б.Х. Использование возобновляемых и вторичных энергоресурсов в сельском хозяйстве. Киев. Вища школа, 1988.
14. Ермоленко В.А, Павличенко В.Н., Маслич В.К. Показатели работы биоэнергетической установки // Механизация и электрификация сельского хозяйства, 1987.№11.
15. Жученко А.А., Урсул А.Д. Стратегия адаптивной

интенсификации сельскохозяйственного производства. Кишинев: Штиинца, 1983.

16. Карпенко В.Д, Сохт К.А. Приспособление к зерновой сеялке для контроля нормы семян и удобрений: Методические рекомендации, Краснодар, 1988.

17. Ковалев А.А., Лосяков В.П. Результаты исследований экспериментальной биогазовой установки// Механизация и электрификация сельского хозяйства, 1987. №11.

18. Кочетов И.С. Энергосберегающая обработка почвы в Нечерноземье. М.: Росагропроиздат, 1990.

19. Кубышев В.А., Сыроватко В.И. Основные направления разработки энергосберегающих технологий в сельскохозяйственном производстве; Сборник, трудов ВИЭСХа.Т.64. М.: ВИЭСХ,1985.

20. Лехоцки Л. Экономия энергии при механизации сельского хозяйства// Международный сельскохозяйственный журнал, 1981. №4.

21. Марочкин В.К., Байлук Н.Д. Экономия топливно–энергетических ресурсов в сельском хозяйстве. Мн: Ураджай, 1987.

22. Методика определения агрономической и экономической эффективности удобрений и прогнозировании урожая сельскохозяйственных культур. Мн.: БелНИИПА,1988.

23. Методические рекомендации по топливно–энергетической оценке сельскохозяйственной техники, и технологических процессов и технологий в растениеводстве. М.: ВИМ, 1989.



**Кирилюк Сергей Иванович**

**ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ  
В ОТРАСЛЯХ АПК**

**Практикум  
по одноименному курсу для студентов  
специализации 1-25 01 07 15 «Экономика  
и управление на предприятиях АПК»  
дневной и заочной форм обучения**

Подписано к размещению в электронную библиотеку  
ГГТУ им. П. О. Сухого в качестве электронного  
учебно-методического документа 08.11.12

Рег. № 39Е.

<http://www.gstu.by>