

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**С. В. ЩИТОВ, З. Ф. КРИВУЦА,
Е. Е. КУЗНЕЦОВ, Е. С. ПОЛИКУТИНА**

***ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ
ОПТИМИЗАЦИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЗАТРАТ
ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СРЕДСТВ
МЕХАНИЗАЦИИ В АПК***

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

Благовещенск
Дальневосточный ГАУ
2022

УДК 631.3
ББК 39.34
П69

Рецензент

*Сергей Николаевич Воякин, доктор технических наук,
доцент, декан электроэнергетического факультета
Дальневосточного государственного аграрного университета*

*Рекомендовано к использованию в учебном процессе
методическим советом электроэнергетического факультета
Дальневосточного государственного аграрного университета*

П69 **Практическое применение методов оптимизации энергетических затрат при использовании средств механизации в АПК : учебное пособие / С. В. Щитов, З. Ф. Кривуца, Е. Е. Кузнецов, Е. С. Поликутина ; Дальневост. гос. аграр. ун-т. – Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2022. – 79 [1] с.**

ISBN 978–5–9642–0565–4

В учебном пособии обоснованы современные подходы к определению полных энергозатрат в технологии производства сельскохозяйственной продукции с учетом показателей средств механизации. Предложенные методы и способы оптимизации использования энергетических средств в АПК, за счет снижения энергозатрат при выполнении сельскохозяйственных работ, позволят снизить себестоимость полученной продукции.

Учебное пособие разработано в соответствии с федеральными государственными образовательными стандартами высшего образования и предназначено для студентов бакалавриата и магистратуры, а также аспирантов, обучающихся по техническим направлениям подготовки.

УДК 631.3
ББК 39.34

ISBN 978–5–9642–0565–4 © Щитов С. В., Кривуца З. Ф., Кузнецов Е. Е.,
Поликутина Е. С., 2022
© ФГБОУ ВО Дальневосточный
государственный аграрный университет, 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	6
1 Методы и способы анализа технологий и средств механизации АПК. Определение полных энергозатрат на производство единицы сельскохозяйственной продукции.....	7
1.1 Определение полных энергозатрат на использование средств механизации в технологии возделывания сельскохозяйственных культур...	7
1.1.1 Энергетические затраты на выполнение технологического процесса.....	9
1.1.2 Прямые затраты энергии.....	9
1.1.3 Овеществленные затраты энергии	9
1.1.4 Энергозатраты живого труда.....	10
1.1.5 Энергоемкость средств механизации	11
1.1.6 Энергоемкость автомобилей.....	12
1.1.7 Энергоемкость самолетов и вертолетов	13
1.2 Определение полных энергозатрат на послеуборочную обработку сельскохозяйственной продукции.....	14
1.3 Сравнительный анализ технологий и средств механизации по энергетическому критерию.....	17
1.4 Топливо-энергетическая оценка проведенных работ в животноводстве ..	19
1.4.1 Определение полных энергозатрат на производство продукции животноводства (молока).....	19
1.4.2 Энергоемкость средств механизации	21
1.4.3 Энергоемкость зданий и сооружений.....	22
1.4.4 Энергоемкость кормоцехов, площадок, складов, хранилищ и траншей.....	22
1.4.5 Энергозатраты, овеществленные в кормах	23
1.4.6 Энергозатраты, переносимые ветеринарными препаратами	23

1.4.7 Энергозатраты, овеществленные в подстилке для животных.....	23
1.4.8 Энергозатраты на воспроизводство стада	24
1.4.9 Удельные затраты энергии живого труда.....	24
1.5 Энергосодержание продукции крупного рогатого скота.....	25
1.5.1 Энергосодержание продукции крупного рогатого скота при производстве молока	25
1.5.2 Энергосодержание молока	25
1.5.3 Энергосодержание живой массы выбракованных животных	25
1.5.4 Энергосодержание приплода на сто голов	26
1.5.5 Энергосодержание прироста выращиваемых животных.....	26
1.5.6 Энергосодержание экскрементов	26
2 Практическое применение методов и способов анализа технологий и средств механизации АПК	28
2.1 Определение энергозатрат на внесении органических удобрений.....	28
Пример определения энергозатрат на внесении органических удобрений....	30
Индивидуальные задания для самостоятельной работы	31
2.2 Определение энергозатрат на уборке кукурузы	32
Пример определения энергозатрат на уборке кукурузы.....	35
Индивидуальные задания для самостоятельной работы	37
2.3 Определение энергозатрат на очистку початков кукурузы.....	38
Пример определения энергозатрат на очистку початков кукурузы	40
Индивидуальные задания для самостоятельной работы	41
2.4 Определение энергозатрат от использования самолетов в сельском хозяйстве.....	42
Пример определения энергозатрат от использования самолетов.....	44
Индивидуальные задания для самостоятельной работы	45
2.5 Топливо-энергетическая оценка мелиоративных работ	46
2.5.1 Топливо-энергетическая оценка на фрезеровании почвы	46

Пример топливно-энергетической оценки на фрезеровании почвы	48
Индивидуальные задания для самостоятельной работы	49
2.5.2 Топливо-энергетическая оценка на корчевании пней	50
Пример топливно-энергетической оценки на корчевании пней.....	51
Индивидуальные задания для самостоятельной работы	52
2.5.3 Энергетическая эффективность проведения мелиоративных работ.....	53
2.5.4 Энергетическая эффективность строительства оросительной сети.....	54
3 Примеры топливно-энергетической оценки модернизированных средств механизации.....	57
3.1 Топливо-энергетическая оценка использования автомобиля КамАЗ-4350 с перераспределяющим устройством и серийного автомобиля КамАЗ-4350 на перевозке зерновых культур.....	57
3.2 Топливо-энергетическая оценка использования автомобиля КамАЗ-5350 с перераспределяющим устройством и серийного автомобиля КамАЗ-5350 на перевозке зерновых культур.....	60
3.3 Топливо-энергетическая оценка использования трактора класса МТЗ-80 с устройством для перераспределения веса агрегата и серийного трактора на дисковании почвы	63
3.4 Топливо-энергетический анализ использования мобильных энергетических средств с прижимно-разгрузочным механизмом на полевых работах	66
3.5 Топливо-энергетический анализ использования трактора класса 1,4 с дополнительным мостом на сельскохозяйственных операциях	69
Список рекомендуемой литературы.....	75
Приложение А. Энергетические эквиваленты и соотношения между единицами энергии.....	76

ВВЕДЕНИЕ

На современном этапе развития отраслей агропромышленного комплекса страны немаловажную роль играет конкурентная способность полученной продукции и, в частности ее себестоимость. Огромное значение в этом отводится энергозатратам на производство. Поэтому при выборе технологии получения сельскохозяйственной продукции необходимо учитывать средства механизации, которые будут задействованы. При этом одним из ключевых вопросов в решении этой проблемы является использование ресурсоэнергосберегающих технологий, отвечающих требованиям максимальной эффективности производства.

Также следует помнить, что немаловажную роль здесь играет повышение уровня подготовки специалистов для АПК в области оптимизации использования энергоносителей, что объясняется плавающим курсом стоимости используемых энергоносителей и постоянным его повышением, а это приводит к ситуации, когда в наиболее экономически выгодном положении оказывается та организация, которая системно снизила полные энергетические затраты на производство единицы продукции.

Предлагаемое учебное пособие предназначено для подготовки специалистов инженерной направленности, ориентировано на теоретическую и практическую подготовку будущих специалистов методике и способам оптимизации использования энергетических средств в АПК, за счет снижения энергозатрат при выполнении сельскохозяйственных работ в растениеводстве и животноводстве, и направлено на расширение практических умений.

Авторы поставили перед собой цель создать курс практических занятий, который содержал бы определенный круг вопросов, приемлемый для специалистов, занимающихся вопросами экономии энергоресурсов в АПК.

1 МЕТОДЫ И СПОСОБЫ АНАЛИЗА ТЕХНОЛОГИЙ И СРЕДСТВ МЕХАНИЗАЦИИ АПК. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛНЫХ ЭНЕРГОЗАТРАТ НА ПРОИЗВОДСТВО ЕДИНИЦЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

Полные или совокупные затраты на производство единицы конечного продукта включают затраты энергии на возделывание и послеуборочную обработку сельскохозяйственной культуры, и определяются по формулам (1) и (2):

$$E_{\text{пр}} = E_{\text{в}} + E_{\text{по}}, \quad (1.1)$$

$$E_{\text{в}} = E_1 / N_y \quad (1.2)$$

где $E_{\text{в}}$ – энергозатраты на возделывание сельскохозяйственной культуры, МДж/га;

$E_{\text{по}}$ – энергозатраты на послеуборочную обработку, МДж/га;

E_1 – энергоемкость продукта до переработки, МДж/га;

N_y – урожайность культуры, т/га.

1.1 Определение полных энергозатрат на использование средств механизации в технологии возделывания сельскохозяйственных культур

Существующие в настоящее время методы оценки возделывания сельскохозяйственных культур и продуктов животноводства по затратам труда и экономическим показателям (приведенные затраты, рентабельность и др.) в ряде случаев не всегда объективны. Это объясняется тем, что данные показатели имеют существенные колебания, определяемые политикой ценообразования, и не позволяют установить уровень необходимых затрат энергии на производство продуктов. Наряду с этим возрастающий дефицит энергии в

мире требует нахождения такого метода оценки использования средств механизации в технологии производства сельскохозяйственной продукции, который бы учитывал полностью все энергозатраты.

В этой связи предлагается разработанная Федеральным научным агроинженерным центром ВИМ теория энергетической оценки и топливно-энергетического анализа [3]. Топливо-энергетический анализ можно использовать как при оценке технологий, так и при испытании средств механизации. Энергетический анализ позволяет оценивать существующие и планируемые технологии, их перспективность с точки зрения энергетической эффективности по сравнению с применяемыми. Необходимо отметить, что предлагаемый показатель не заменяет, а дополняет оценку технологий по другим показателям, например, затратам труда, экономической эффективности и др.

При оценке энергетических затрат от использования средств механизации в технологии возделывания сельскохозяйственных культур в данном учебном пособии за основу принята методика, предложенная ВИМ [3].

Отношение энергии, содержащейся в конечном сельскохозяйственном продукте, к энергии, затраченной на его производство, дает энергетическую эффективность данной технологии (1.3):

$$R = \frac{\Pi}{E} \quad (1.3)$$

где Π – энергия, содержащаяся в конечном сельскохозяйственном продукте, МДж/ т (МДЖ/га);

E – энергия, затраченная на производство продукта, МДж/ т (МДЖ/га).

Энергетическую эффективность технологии можно представить выражением (1.4):

$$R = \frac{a_n \cdot H_y}{E} \quad (1.4)$$

где a_n – энергетический эквивалент основной продукции, МДж/т;

H_y – урожайность основной продукции, т/га.

1.1.1 Энергетические затраты на выполнение технологического процесса

Энергетические затраты (E) на выполнение технологического процесса на единицу площади определяют по формуле (1.5) [7]:

$$E = E_n + E_0 + \frac{E_{ж} + E_m + E_M + E_c}{W_э} \quad (1.5)$$

где E_n – прямые затраты энергии, выраженные расходом топлива, МДж/га;

E_0 – затраты энергии на производство удобрений, ядохимикатов, семян, гербицидов, МДж/га;

$E_{ж}$ – энергетические затраты живого труда, МДж/ч;

E_m, E_M, E_c – энергоёмкость энергетических средств, машин и сцепок в единицу сменного времени, МДж/ч;

$W_э$ – эксплуатационная производительность агрегата, га/ч.

1.1.2 Прямые затраты энергии

Прямые затраты энергии определяются по формуле (1.6):

$$E_n = H_m(a_m + f_m) + H_э(K_э + f_э) + H_k(K_k + f_k) \quad (1.6)$$

где $H_m, H_э, H_k$ – расход топлива (кг/га), электроэнергии (кВт·ч/га) и тепла (ккал/га);

a_m – теплосодержание топлива, МДж/кг;

$K_э, K_k$ – коэффициенты перевода одного киловатт-часа в один мегаджоуль (составляет 3,6) и одной килокалории в один мегаджоуль (составляет 0,0419);

$f_m, f_э, f_k$ – коэффициенты, учитывающие дополнительные затраты энергии на производство топлива (МДж/кг), электроэнергии (МДж/кВт·ч) и тепла (МДж/ккал).

1.1.3 Овеществленные затраты энергии

К овеществленным затратам энергии относятся минеральные удобрения, гербициды, пестициды, ядохимикаты и др., используемые в технологии возделывания, уборки, послеуборочной обработки и хранения

зерна.

Химикаты полностью переносят на получаемый продукт энергию, затраченную на их производство. Ее величину определяют с учетом как прямых, так и косвенных затрат.

Перенос овеществленной энергии на конечный продукт определяют, исходя из нормы внесения и срока действия вещества по формуле (1.7):

$$E_o = \frac{a_o \cdot H_o}{T_o} \quad (1.7)$$

где a_o – энергетический эквивалент (затраты энергии на производство единицы данного вида вещества), МДж/кг;

H_o – норма внесения вещества на единицу площади, кг/га;

T_o – срок действия вещества (минеральных удобрений, гербицидов, ядохимикатов – один год; органических удобрений – три года; извести – четыре года).

Энергия выхода при производстве кормов должна рассчитываться с учетом их конверсии в продукты животноводства. Животные в данном случае выступают в качестве биотрансформаторов энергии кормов в пищевые калории (мясо, молоко, яйцо и др.).

Топливо-энергетическая оценка технологий производства технических культур, например, хлопка, льна, кенафа, клещевины, табака и т. д., должна заканчиваться на этапе определения удельных энергозатрат, приходящихся на единицу продукции (в МДж/ц или МДж/кг).

1.1.4 Энергозатраты живого труда

Обслуживающий персонал, участвующий в технологическом процессе, расходует энергию, которая должна быть учтена. Ее учет проводится на основе норм ФАО (Продовольственная и сельскохозяйственная Организация

Объединенных Наций – ФАО), которые предусматривают *градацию труда на очень тяжелый, средний, легкий и очень легкий.*

Определение энергетических затрат живого труда осуществляется по формуле (1.8):

$$E_{\text{ж}} = n_{\text{ч}} a_{\text{ж}} + n_{\text{ч}}' a_{\text{ж}}' \quad (1.8)$$

где $n_{\text{ч}}$, $n_{\text{ч}}'$ – число основных (трактористы, комбайнеры и т. д.) и вспомогательных (сеяльщики, грузчики и т. д.) рабочих, чел.;

$a_{\text{ж}}$ – соответствующие энергетические эквиваленты затрат живого труда, МДж/ч .

1.1.5 Энергоемкость средств механизации

Энергоемкость средств механизации складывается из энергоемкости энергетического средства, сельскохозяйственной машины и сцепки.

Энергоемкость энергетического средства устанавливают по формуле (1.9):

$$E_{\text{э}} = \frac{M_{\text{э}} a_{\text{тп}} (a_{\text{рэ}} + a_{\text{кэ}} + a_{\text{тэ}})}{100 T_{\text{гэ}}} \quad (1.9)$$

где $M_{\text{э}}$ – масса энергетического средства, кг;

$a_{\text{э}}$ – энергетический эквивалент энергетического средства, МДж/кг;

$a_{\text{рэ}}$, $a_{\text{кэ}}$, $a_{\text{тэ}}$ – соответственно отчисления на реновацию, капитальный и текущий ремонт энергетического средства, %;

$T_{\text{гэ}}$ – годовая загрузка энергетического средства, ч.

Энергоемкость сельскохозяйственной машины определяется выражением (1.10):

$$E_{\text{м}} = \frac{a_{\text{м}} M_{\text{м}} (a_{\text{рм}} + a_{\text{тм}})}{100 T_{\text{нм}}} \quad (1.10)$$

где $M_{\text{м}}$ – масса энергетического средства, кг;

$a_{\text{м}}$ – энергетический эквивалент энергетического средства, МДж/кг;

$a_{\text{рм}}$, $a_{\text{тм}}$ – соответственно отчисления на реновацию и текущий ремонт сельскохозяйственной машины, %;

$T_{гэ}$ – годовая загрузка сельскохозяйственной машины, ч.

Суммарную энергоемкость энергетического средства и сельскохозяйственной машины в расчете на один гектар определяют по формуле (1.11):

$$E_{эм} = \frac{E_э + E_м}{W_{см}} \quad (1.11)$$

1.1.6 Энергоемкость автомобилей

Расход бензина устанавливают по формулам (1.12) или (1.13):

$$G_a = \left(H_a + \frac{H_a \cdot a_a}{100} \right) \frac{2L \cdot \gamma_б}{100Q_a}, \quad (1.12)$$

$$G_a = \frac{H_a \cdot L \cdot \gamma_б}{50Q_a} \left(1 + \frac{a_a}{100} \right) \quad (1.13)$$

где H_a – линейная норма расхода топлива на 100 км пробега, л;

a_a – увеличение линейной нормы в зависимости от категории дороги и других факторов, %;

L – расстояние перевозки, км;

$\gamma_б$ – плотность бензина (составляет 0,72 кг/л);

Q_a – масса перевозимого груза (грузоподъемность автомобиля), т.

Прямые затраты энергии находим по формуле (1.14):

$$E_{на} = a_a \cdot G_a \quad (1.14)$$

где a_a – энергетический эквивалент бензина (составляет 10,5 МДж/кг).

Затраты энергии на один гектар устанавливают по формуле (1.15):

$$E_{на} = E_{на} \cdot H_y \quad (1.15)$$

Полные энергозатраты на производство автомобиля составят:

$$\mathcal{E}_a = a_{aa} \cdot M_a \quad (1.16)$$

где a_{aa} – энергетический эквивалент автомобиля, МДж/кг;

M_a – масса автомобиля, кг.

Энергоемкость автомобиля, приходящаяся на один километр пробега, определяется выражением (1.17):

$$E_a = \frac{\Delta_a(a_{ap} + a_{ak})}{10^5} \quad (1.17)$$

где a_{ap} , a_{ak} – отчисления на реновацию и капитальный ремонт автомобиля на 1 000 км пробега, %.

Энергоемкость прицепа устанавливают по формуле (1.18):

$$E_a = a_{ап} \frac{M_{ап}(a_{пр} + a_{пк})}{10^5} \quad (1.18)$$

где $a_{ап}$ – энергетический эквивалент прицепа, МДж/кг;

$M_{ап}$ – масса прицепа, кг;

$a_{пр}$, $a_{пк}$ – отчисления на реновацию и капитальный ремонт прицепа на 1 000 км пробега, %.

1.1.7 Энергоемкость самолетов и вертолетов

В технологических картах на возделывание зерновых и пропашных культур предусмотрено использование самолетов и вертолетов на весенних подкормках зерновых, внесении ядохимикатов, дефолиации и др.

Если в технологических картах отсутствуют данные по расходу топлива на один гектар (H_m), его определяют по формуле (1.19):

$$H_m = \frac{G}{W} \quad (1.19)$$

где G – часовой расход бензина самолетом, вертолетом в полете, кг/ч;

W – эксплуатационная производительность самолета, вертолета, га/ч.

Прямые затраты энергии и энергоемкость летательных средств определяют по известным уравнениям, как и для тракторов.

1.2 Определение полных энергозатрат на послеуборочную обработку сельскохозяйственной продукции

Основным критерием послеуборочных технологических процессов являются затраты энергии, приходящиеся на единицу переработанного продукта, которые определяют выражением (1.20):

$$E_{\Pi} = E_{\text{пс}} + E_{\text{ос}} + \frac{E_{\text{ж}} + E_{\text{об}} + E_{\text{з}}}{W_{\text{см}}} \quad (1.20)$$

где $E_{\text{пс}}$ – прямые затраты энергии, МДж/т;

$E_{\text{ос}}$ – затраты энергии на производство химических добавок, консервантов и т. д., МДж/т;

$E_{\text{ж}}$ – затраты живого труда, МДж/ч;

$E_{\text{об}}$ – энергоемкость оборудования, МДж/ч;

$E_{\text{з}}$ – энергоемкость производственных помещений, МДж/ч;

$W_{\text{см}}$ – сменная производительность оборудования по переработке продукции, т/ч.

Прямые затраты электрической энергии на производство продукции определяют по формуле (1.21):

$$E_{\text{пс}} = H_{\text{э}}(K_{\text{э}} + f_{\text{э}}) \quad (1.21)$$

где $H_{\text{э}}$ – расход электроэнергии, кВт·ч/га;

$K_{\text{э}}$ – коэффициент перевода одного киловатт-часа в один мегаджоуль (составляет 3,6);

$f_{\text{э}}$ – энергетический эквивалент электроэнергии (составляет 8,7 МДж/кВт·ч).

При определении затрат электрической энергии на единицу площади, необходимо учитывать урожайность производимой культуры:

$$H_{\text{э}} = n_{\text{э}} \cdot H_{\text{у}} \quad (1.22)$$

где $n_{\text{э}}$ – затраты электрической энергии на переработку культуры, кВт·ч/т;

$H_{\text{у}}$ – урожайность данной культуры, т/га.

Прямые затраты тепловой энергии на производство продукции находят по выражению (1.23):

$$E_T = H_k(K_k + f_k) \quad (1.23)$$

где H_k – расход тепла, ккал/га;

K_k – коэффициент перевода одной килокалории в один мегаджоуль (составляет 0,00419);

f_k – энергетический эквивалент тепловой энергии (равен 0,0055 МДж/ ккал).

Затраты тепловой энергии, отнесенные к единице площади, равны:

$$H_k = n_k \cdot H_y \quad (1.24)$$

где n_k – затраты тепловой энергии на переработку продукта, ккал/т.

Прямые затраты на сушку зерна (расход топлива, электроэнергии, тепла) определяют по действующим нормам расхода на одну тонну продукта при его номинальной влажности.

Фактические затраты электрической энергии при отсутствии норм расхода определяют с помощью счетчиков электрической энергии, используя формулу (1.25):

$$n_э = \frac{H_э}{M_{п}} \quad (1.25)$$

где $H_э$ – затраты энергии на переработку продукта за контрольное время, кВт·ч;

$M_{п}$ – масса переработанного продукта за контрольное время, т.

Ориентировочно расход электроэнергии при сортировании и сушке зерна можно определить исходя из установленной суммарной мощности электродвигателей и других потребителей, входящих в технологическую линию и ее производительности, при помощи выражения (1.26):

$$n_э = \frac{\sum N_{эд}}{W_c} \quad (1.26)$$

где $\sum N_{эд}$ – суммарная мощность электродвигателей и других потребителей, входящих в технологическую линию, кВт·ч;

W_c – производительность технологической линии, т.

В этом случае должна быть учтена вся энергия, расходуемая оборудованием, входящим в технологическую линию по переработке продукта.

Затраты энергии на производство аммиака, пропионовой кислоты и др. вычисляют по формуле (1.27):

$$E_{oc} = \alpha_o \cdot H_o \quad (1.27)$$

где α_o – энергетический эквивалент вещества, МДж/кг;

H_o – норма расхода вещества на единицу переработанного продукта, кг/т.

Затраты живого труда определяют по формуле (1.28):

$$E_{ж} = n_{чо} \alpha_{ж} + n_{чв} \alpha_{ж} \quad (1.28)$$

где $n_{чо}$ – число основных рабочих, чел;

$\alpha_{ж}$ – энергетический эквивалент живого труда, МДж/ч;

$n_{чв}$ – число вспомогательных рабочих, чел.

Энергоемкость производственных помещений рассчитывают также, как и энергоемкость технологической линии:

$$E_3 = (\alpha_3 F_3 / 100) (a_3 / T_{зп}) \quad (1.29)$$

где α_3 – энергетический эквивалент производственных помещений, МДж/м²;

F_3 – площадь производственных помещений, м²;

a_3 – амортизационные отчисления за год, %;

$T_{зп}$ – период использования помещения при работающем оборудовании.

Энергоемкость производственного помещения на одну тонну переработанного продукта определяют по формуле (1.30):

$$E_{зп} = \frac{E_3}{W_{см}} \quad (1.30)$$

где $W_{см}$ – производительность оборудования линии по переработке продукта за один час сменного времени, т/ч.

Производительность оборудования линии по переработке продукта за один час сменного времени составит:

$$W_{\text{см}} = \frac{H_{\text{см}}}{T_{\text{см}}} \quad (1.31)$$

где $H_{\text{см}}$ – сменная норма производительности оборудования, т;
 $T_{\text{см}}$ – продолжительность смены, ч.

При отсутствии норм производительность за один час сменного времени определяют с помощью контрольных смен в соответствии с государственными стандартами на испытание машин.

Энергоемкость складов, траншей для хранения на единицу силоса или сенажа (или другого хранимого материала) определяется по формуле (1.32):

$$E_{\text{ск}} = \alpha_{\text{ск}} \cdot F_{\text{ск}} \cdot a_{\text{ск}} / 100 Q_{\text{ск}} \quad (1.32)$$

где $\alpha_{\text{ск}}$ – энергетический эквивалент склада, траншеи, МДж/м²;
 $F_{\text{ск}}$ – площадь склада, траншеи, м²;
 $a_{\text{ск}}$ – амортизационные отчисления за год, %;
 $Q_{\text{ск}}$ – вместимость склада, траншеи, т.

1.3 Сравнительный анализ технологий и средств механизации по энергетическому критерию

Сравнительную оценку технологий, комплексов машин и отдельных агрегатов целесообразно проводить дифференцированно по отдельным составляющим полных энергозатрат.

Для этой цели вводят коэффициент энергетических затрат, представляющий собой отношение энергозатрат новых технологий, комплексов машин или отдельных агрегатов с базовым уровнем энергозатрат и связанный с ним уровень интенсификации.

Прямые затраты. Коэффициент эффективности использования прямых затрат определяют по формуле (1.33):

$$K_{\text{эп}} = \frac{E_{\text{пн}}}{E_{\text{пб}}} \quad (1.33)$$

где $E_{\text{пн}}$ – прямые энергозатраты новых технологий, комплексов машин или отдельных агрегатов, МДж;

$E_{\text{пб}}$ – прямые энергозатраты базовых технологий, комплексов машин или отдельных агрегатов, МДж.

Уровень интенсификации прямых затрат составит:

$$И_{\text{п}} = (1 - K_{\text{эп}}) \cdot 100\% \quad (1.34)$$

Овеществленные энергозатраты. К овеществленным затратам энергии относятся минеральные удобрения, гербициды, пестициды, ядохимикаты и др., используемые в технологиях возделывания, уборки, послеуборочной обработки и хранения зерна. Химикаты полностью переносят затраты энергии на производство. Ее величину определяют с учетом как прямых, так и косвенных затрат.

Коэффициент эффективности использования овеществленных затрат определяют по выражению (1.35):

$$K_{\text{эо}} = \frac{E_{\text{он}}}{E_{\text{об}}} \quad (1.35)$$

где $E_{\text{он}}$ – овеществленные энергозатраты новых технологий, комплексов машин или отдельных агрегатов, МДж;

$E_{\text{об}}$ – овеществленные энергозатраты базовых технологий, комплексов машин или отдельных агрегатов, МДж.

Уровень интенсификации овеществленных затрат составит:

$$И_{\text{о}} = (1 - K_{\text{эо}}) \cdot 100\% \quad (1.36)$$

Коэффициент эффективности энергоемкости средств механизации определяют по формуле (1.37):

$$K_{\text{эм}} = \frac{E_{\text{мн}}}{E_{\text{мб}}} \quad (1.37)$$

где $E_{\text{мн}}$ – энергоемкость средств механизации новых технологий, комплексов машин или отдельных агрегатов, МДж;

$E_{\text{мб}}$ – энергоемкость средств механизации базовых технологий, комплексов машин или отдельных агрегатов, МДж.

Уровень интенсификации энергоемкости средств механизации составит:

$$I_{\text{м}} = (1 - K_{\text{эм}}) \cdot 100\% \quad (1.38)$$

Коэффициент эффективности использования затрат живого труда находят по формуле (1.39):

$$K_{\text{эж}} = \frac{E_{\text{жн}}}{E_{\text{жб}}} \quad (1.39)$$

где $E_{\text{жн}}$ – энергозатраты живого труда новых технологий, комплексов машин или отдельных агрегатов, МДж;

$E_{\text{жб}}$ – энергозатраты живого труда базовых технологий, комплексов машин или отдельных агрегатов, МДж.

Уровень интенсификации затрат живого труда равен:

$$I_{\text{ж}} = (1 - K_{\text{эж}}) \cdot 100\% \quad (1.40)$$

1.4 Топливо-энергетическая оценка проведенных работ в животноводстве

1.4.1 Определение полных энергозатрат на производство продукции животноводства (молока)

Полные энергозатраты на производство молока определяют как сумму составляющих прямых и овеществленных энергозатрат, отнесенных к единице произведенной продукции, используя формулу (1.41):

$$\sum \mathcal{E} = \sum_i \mathcal{E}_{\text{пр}j} + \sum_i \mathcal{E}_{\text{о}j} \quad (1.41)$$

где \mathcal{E}_{npj} – прямые удельные затраты энергии по технологическому процессу, МДж/т;

\mathcal{E}_{oj} – затраты, овеществленные при производстве энергоносителей и других ресурсов (энергетических средств, технологического оборудования, кормов, сырья, производственных зданий и сооружений и т. д.), приходящихся на j -процесс, МДж/т.

Прямые удельные затраты энергии на производство продукции животноводства (молока). Прямые удельные затраты энергии на выполнение j -технологического процесса определяют по формуле (1.42):

$$\mathcal{E}_{npj} = \frac{1}{\Pi} \sum_i H_{kj} e_k \quad (1.42)$$

где H_{kj} – расход энергоносителя k -вида, кВт·ч/год;

Π – годовой выход продукции, т;

k – энергосодержание k -энергоносителя (электроэнергии в МДж/кВт·ч; топлива и смазочных масел в МДж/кг; всех видов котельно-печного топлива в МДж/кг. у. т; тепловой энергии в МДж/Мкал и т. д.).

Овеществленные удельные энергозатраты. Овеществленные удельные энергозатраты на выполнение j -технологического процесса определяются в зависимости от имеющихся данных по энергетическим эквивалентам следующим образом.

Энергоемкость энергоносителей рассчитывают по формуле (1.43):

$$\mathcal{E}_{оэj} = \frac{1}{\Pi} \sum_i H_{kj} \alpha_k \quad (1.43)$$

где α_k – энергетический эквивалент k -энергоносителя, то есть коэффициент, учитывающий дополнительный расход энергии на ее добычу, производство и транспортировку (электроэнергии в МДж/кВт·ч; топлива и смазочных масел в МДж/кг; всех видов котельно-печного топлива в МДж/кг. у. т; тепловой энергии в МДж/Мкал и т. д.)

1.4.2 Энергоемкость средств механизации

Энергоемкость средств механизации определяется отдельно для стационарного и мобильного оборудования.

Для стационарного технологического оборудования определение энергоемкости осуществляют по формуле (1.44):

$$\mathcal{E}_{обj} = \frac{Q_{nj}}{10^2 W_j \Pi} \sum_i \frac{a_i M_i (a_i + R_i)}{T_{ni}} \quad (1.44)$$

Для мобильного технологического оборудования (тракторов, самоходных шасси, автомобильного транспорта и т. д.) энергоемкость находят: для тракторов и самоходных шасси – по формуле (1.45); для автомобильного транспорта – по формуле (1.46):

$$\mathcal{E}_{Mj}^{mp} = \frac{a_i M_i (a_i + R_i) Q_j}{10^2 W_j \Pi T_i}, \quad (1.45)$$

$$\mathcal{E}_{Mj}^{авт} = \frac{L_j H_j}{10^5 Q_j B_j} \sum_i \frac{a_i M_i (a_i l' + R l')}{T_{ni}} \quad (1.46)$$

где Q_{nj} – масса перерабатываемого сырья, т/год;

W_j – производительность оборудования, т/ч;

a_i – энергетический эквивалент машины i -типа, входящей в оборудование j -процесса, МДж/кг;

M_i – масса i -машины, кг;

R_i – годовые нормативные отчисления на реновацию и ремонт по типам машин, %;

T_{ni} – годовая нормативная загрузка i -машины, ч;

Q_j – годовая масса перевозимого материала, т;

L_j – плечо перевозки (сырья, материалов, животных), км;

H_j – удельный расход груза на единицу продукции, т/т;

$R l'$ – годовые отчисления на реновацию и ремонт l -машины, входящей в состав автопоезда (автомобиля и прицепов), на 1 000 км пробега, %;

B_j – коэффициент использования пробега.

1.4.3 Энергоемкость зданий и сооружений

Энергоемкость зданий и сооружений в общем случае определяется выражением (1.47):

$$\mathcal{E}_{3j} = \frac{1}{10^2 \Pi} \sum_n a_n a_n F_{nj} \quad (1.47)$$

где a_n – энергетический эквивалент здания n -типа, МДж/м;
 a_n – годовые амортизационные отчисления, %;
 F_{nj} – площадь здания, м.

1.4.4 Энергоемкость кормоцехов, площадок, складов, хранилищ и траншей

Энергоемкость производственных помещений определяется выражением (1.48):

$$\mathcal{E}_{3j} = \sum_{j=1}^n \frac{a_3 F_{a_3} G_{nn}}{100 T_{3n} W_{см}} + \frac{a_{ск} F_{ск} a_{ск} G_{хп}}{100 Q_{ск}} \quad (1.48)$$

где a_3 – энергетический эквивалент зданий производственных помещений, МДж/м;

F_{a_3} – площадь производственного помещения, м²;

a_3 – амортизационные отчисления за год, %;

G_{nn} – количество переработанного продукта за год, т;

T_{3n} – период использования помещения при работающем оборудовании в году, ч;

$W_{см}$ – производительность оборудования по переработке продукта за час сменного времени, т/ч;

$a_{ск}$ – энергетический эквивалент склада траншеи, МДж/м;

$F_{ск}$ – площадь склада, траншеи, м²;

$a_{ск}$ – амортизационные отчисления, %;

$Q_{ск}$ – вместимость склада, траншеи, т;

$G_{хп}$ – количество хранимого материала, т.

1.4.5 Энергозатраты, овеществленные в кормах

Энергозатраты, овеществленные в кормах, определяют по формулам (1.49) или (1.50):

$$\mathcal{E}_{kj} = \frac{1}{\Pi} \sum_m H_{mj} (e_m + a_m), \quad (1.49)$$

$$\mathcal{E}_{kj} = \mathcal{E}'_{kj} + \mathcal{E}_{kj}' \quad (1.50)$$

где a_m – энергетический эквивалент кормов, МДж/т;
 H_{mj} – удельный расход корма за год, т;
 e_m – энергосодержание единицы кормов, МДж/т.

1.4.6 Энергозатраты, переносимые ветеринарными препаратами

Энергозатраты, переносимые ветеринарными препаратами, определяются выражением (1.51):

$$\mathcal{E}_{vj} = \sum_B H_{vj} a_B \quad (1.51)$$

где H_{vj} – расход препарата, кг/год;
 a_B – энергетический эквивалент конкретного ветеринарного препарата, МДж/кг.

1.4.7 Энергозатраты, овеществленные в подстилке для животных

Энергозатраты, овеществленные в подстилке, в общем случае можно определить выражением (1.52):

$$\mathcal{E}_{nodj} = H_{nodj} \cdot y \cdot a_{nod} \quad (1.52)$$

где H_{nodj} – расход подстилки в год, кг;
 y – коэффициент перевода подстилки в сухое вещество;
 a_{nod} – энергетический эквивалент подстилки, МДж/кг.

1.4.8 Энергозатраты на воспроизводство стада

Энергозатраты, идущие на воспроизводство стада, находят по формуле (1.53):

$$\mathcal{E}_c = B_j \cdot a_j \quad (1.53)$$

где B_j – количество ремонтных животных, гол.;

a_j – энергетический эквивалент выращивания одного ремонтного животного, МДж/ гол.

1.4.9 Удельные затраты энергии живого труда

Удельные затраты энергии живого труда рассчитывают по формуле (1.54):

$$\mathcal{E}_{жj} = \sum_t \frac{N_{tj} a_{жj}}{W_j} \quad (1.54)$$

где N_{tj} – число основных и вспомогательных рабочих, занятых при выполнении технологического процесса, чел.;

$a_{жj}$ – энергетический эквивалент живого труда, МДж/ чел-ч.

Энергосодержание продукции рассчитывается по каждому ее виду с учетом качественных характеристик и затем суммируется. Отдельно подсчитывают энергию, накопленную в основной и общей продукции с учетом побочной и сопряженной. При этом необходимо учитывать, что у различных животных может быть несколько видов основной продукции. Так, у коров – молоко, телята, мясо, из побочной – навоз. Поэтому для каждого вида продукции определяется энергосодержание.

1.5 Энергосодержание продукции крупного рогатого скота

1.5.1 Энергосодержание продукции крупного рогатого скота при производстве молока

Энергосодержание продукции крупного рогатого скота при производстве молока в общем случае определяется по формуле (1.55):

$$Q_{\text{крс}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 \quad (1.55)$$

где Q_1 – Q_6 – соответственно энергосодержание молока, живой массы выбракованных животных, приплода, прироста выращиваемых животных, экскрементов, подстилки, МДж/год.

1.5.2 Энергосодержание молока

Энергосодержание молока определяется выражением (1.56):

$$Q_1 = B_k t e_m \quad (1.56)$$

где B_k – среднегодовое поголовье коров на ферме, гол.;

t – средняя продуктивность коровы (удой на корову), кг/год;

e_m – энергосодержание одного килограмма молока жирностью 3,8 %, МДж/кг.

1.5.3 Энергосодержание живой массы выбракованных животных

Энергосодержание живой массы выбракованных за год животных определяют по формуле (1.57):

$$Q_2 = B_{\text{вк}} m_k e_{\text{жм}} \quad (1.57)$$

где $B_{\text{вк}}$ – количество выбракованных за год коров, гол.;

m_k – средняя живая масса одной коровы, кг;

$e_{\text{жм}}$ – содержание энергии одного килограмма живой массы коровы, МДж/кг.

1.5.4 Энергосодержание приплода на сто голов

Энергосодержание приплода на сто голов в общем случае определяется по формуле (1.58):

$$Q_3 = \frac{B_k n m_{кт} e_m}{100} \quad (1.58)$$

где n – выход телят на 100 голов поголовья, гол;

$m_{кт}$ – живая масса теленка, кг;

e_m – энергосодержание живой массы одного теленка, МДж/кг.

1.5.5 Энергосодержание прироста выращиваемых животных

Энергосодержание прироста выращиваемых животных можно определить по выражению (1.59):

$$Q_4 = (m_m - m_{пр}) e_m \quad (1.59)$$

где m_m – масса выращенных телят, кг;

$m_{пр}$ – живая масса приплода, кг.

1.5.6 Энергосодержание экскрементов

Энергосодержание экскрементов выражается формулой (1.60):

$$Q_5 = G_э e_э \quad (1.60)$$

$$\text{при этом } G_э = G\beta \quad (1.61)$$

где $G_э$ – количество экскрементов, кг;

β – процентное содержание сухого вещества корма;

G – расход корма по сухому веществу, кг;

$e_э$ – энергосодержание экскрементов (принимают равным 16,6 МДж/кг).

Биоэнергетическую эффективность выражает биоэнергетический коэффициент (n), численно равный отношению энергосодержания животноводческой продукции к затратам совокупной энергии (1.62):

$$n_1 = \frac{Q_1}{\sum \mathcal{E}}; n_2 = \frac{Q_2}{\sum \mathcal{E}} \quad (1.62)$$

где n_1, n_2 – коэффициенты биоэнергетической эффективности основной части и всей животноводческой продукции, %.

При выборе технологии предпочтение отдается технологии, дающей наибольшее энергосодержание конечного продукта при незначительных удельных затратах полных энергозатрат. Это объясняется тем, что она является энергосберегающей и ей должно быть оказано предпочтение.

2 ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ И СПОСОБОВ АНАЛИЗА ТЕХНОЛОГИЙ И СРЕДСТВ МЕХАНИЗАЦИИ АПК

2.1 Определение энергозатрат на внесении органических удобрений

Для определения совокупных затрат энергии на производство сельскохозяйственных культур используют технологические карты, разработанные для каждой зоны. По технологической карте устанавливают полный перечень работ при возделывании и уборке культуры, качественные показатели (глубина, норма внесения семян, удобрений), расстояние перевозок и т. д., состав агрегата (марка трактора, шасси, автомашины, их число, марка сцепки), производительность агрегата и расход топлива.

Используя метод энергетического анализа, при оптимизации параметров технологий и машин в АПК необходимо выбрать наиболее оптимальный вариант. Агрегат состоит из трактора и машины для внесения удобрений. Норма внесения удобрений, норма расхода топлива берутся из таблиц приложения.

Решение:

1. *Прямые затраты энергии* составят:

$$E_n = H_m(a_m + f_m) \quad (2.1)$$

где H_m – расход топлива, кг/га;

a_m – теплосодержание (энергосодержание) топлива, МДж/кг;

f_m – коэффициент, учитывающий дополнительные затраты энергии на производство топлива (энергетический эквивалент), МДж/кг.

2. *Затраты энергии на производство удобрений, ядохимикатов и других средств* равны:

$$E_o = \frac{a_o H_o}{T_o} \quad (2.2)$$

где a_o – энергетический эквивалент (затраты энергии на производство единицы данного вида вещества), МДж/кг;

H_o – норма внесения вещества на единицу площади, кг/га;

T_o – срок действия вещества (минеральных удобрений, гербицидов, ядохимикатов – один год; органических удобрений – три года; извести – четыре года).

3. Затраты живого труда равны:

$$E_{\text{ж}} = \frac{n_{\text{ч}} a_{\text{ж}}}{W_{\text{см}}} \quad (2.3)$$

где $n_{\text{ч}}$ – число основных рабочих (трактористы, комбайнеры и т. д.), чел.;

$a_{\text{ж}}$ – соответствующие энергетические эквиваленты затрат живого труда, МДж/ч;

$W_{\text{см}}$ – производительность, га/ч.

4. Удельная энергоёмкость трактора в расчете на один час работы составит:

$$E_m = \frac{M_m a_{\text{мп}} (a_m + a_{\text{mk}} + a_{\text{mm}})}{100 T_{\text{нт}}} \quad (2.4)$$

где $a_{\text{мп}}$ – энергетический эквивалент энергетического средства (составляет 120 МДж/кг);

M_m – масса энергетического средства, кг;

$a_m, a_{\text{mk}}, a_{\text{mm}}$ – отчисления на реновацию, капитальный и текущий ремонт трактора, %;

$T_{\text{нт}}$ – нормативная годовая загрузка трактора, ч.

5. Удельная энергоёмкость сельскохозяйственной машины равна:

$$E_M = \frac{a_M M_M (a_M + a_{\text{Мм}})}{100 T_{\text{нт}}} \quad (2.5)$$

где a_M – энергетический эквивалент сельскохозяйственной машины (принимают равным 104 МДж/кг);

M_M – масса сельскохозяйственной машины, кг;

$a_M, a_{\text{Мм}}$ – отчисления на реновацию и текущий ремонт сельскохозяйственной машины, %;

$T_{\text{нт}}$ – нормативная годовая загрузка сельскохозяйственной машины, ч.

6. Суммарная энергоёмкость трактора и сельскохозяйственной машины в расчёте на один гектар составит:

$$E_m = \frac{E_m + E_M}{W_{CM}} \quad (2.6)$$

7. Совокупные или полные энергозатраты технологического процесса составят:

$$E_{ТП} = E_{П} + E_{О} + E_{Ж} + E_{ТМ} \quad (2.7)$$

Пример определения энергозатрат на внесении органических удобрений

Определить полные или совокупные энергозатраты технологического процесса внесения органических удобрений. Машинно-тракторный агрегат состоит из трактора ДТ-75С и разбрасывателя РПН-4. Норма внесения органических удобрений – 3,5 т/га, норма расхода топлива – 7,7 кг/га. Производительность агрегата составляет 4,0 га/ч.

1. Прямые затраты энергии определяют по формуле (2.1):

$$7,7 \cdot (42,7 + 10) = 405,79 \text{ Мдж/га}$$

2. Затраты энергии на производство удобрений, ядохимикатов и других веществ устанавливают по формуле (2.2):

$$\frac{0,42 \cdot 3500}{3} = 490 \text{ Мдж/га}$$

3.3. Затраты живого труда находят с использованием выражения (2.3):

$$\frac{1 \cdot 1,3}{4,0} = 0,325 \text{ МДж/га}$$

4. Удельную энергоёмкость трактора в расчёте на один час работы устанавливают по формуле (2.4):

$$\frac{120 \cdot 7450(18,5 + 11,4)}{100 \cdot 855} = 312,64 \text{ МДж/га}$$

5. Удельную энергоёмкость сельскохозяйственной машины находят по формуле (2.5):

$$\frac{104 \cdot 2740(20,0 + 12,5)}{100 \cdot 285} = 325 \text{ МДж/га}$$

6. Суммарную энергоёмкость трактора и сельскохозяйственной машины в расчете на один гектар определяют по формуле (2.6):

$$\frac{312,64 + 325}{4,0} = 159,41 \text{ МДж/га}$$

7. Совокупные или полные энергозатраты технологического процесса находят с использованием формулы (2.7):

$$405,79 + 490 + 0,325 + 159,41 = 1055,53 \text{ МДж/га}$$

Индивидуальные задания для самостоятельной работы

Определить полные или совокупные энергозатраты технологического процесса внесения органических удобрений. Исходные данные приведены в таблицах 2.1 и 2.2.

Таблица 2.1 – Исходные данные для первого варианта

Последняя цифра зачетки	Трактор	Машина для внесения удобрений	Норма внесения удобрений, т/га	Расход топлива, кг/га	Производительность, га/ч
0	ДТ-75С	РПН-4	30	8,0	4,2
1	ДТ-75Н	РУМ-5	25	8,2	4,5
2	Т-70С	РОУ-5	27	8,6	4,1
3	Т-150	РПН-4	29	8,4	3,9
4	Т-4А	РУМ-5	26	7,8	4,4
5	ДТ-75	РОУ-5	31	7,6	4,6
6	ДТ-175С	РПН-4	32	8,3	4,3
7	Т-150	РУМ-5	38	9,1	4,0
8	Т-70С	РОУ-5	34	7,7	4,7
9	Т-150	РПН-4	35	8,5	4,8

Таблица 2.2 – Исходные данные для второго варианта

Предпоследняя цифра зачетки	Трактор	Машина для внесения удобрений	Норма внесения удобрений, т/га	Расход топлива, кг/га	Производительность, га/ч
0	ДТ-75С	РПН-4	25	7,6	4,0
1	Т-70С	РОУ-4	26	7,8	4,1
2	Т-150	РУМ-5	27	7,9	4,2
3	Т-4А	РПН-4	28	8,0	4,3
4	ДТ-75	РУМ-5	30	8,1	4,5
5	ДТ-175С	РОУ-4	31	8,2	4,7
6	Т-150	РПН-4	32	8,3	4,8
7	Т-70С	РОУ-4	33	7,7	4,9
8	Т-70С	РУМ-5	35	8,0	4,2
9	ДТ-75С	РПН-4	34	8,5	5,3

2.2 Определение энергозатрат на уборке кукурузы

Определить энергозатраты кукурузоуборочного агрегата. На отвозке початков от кукурузоуборочного комбайна используется трактор с двумя тележками, а на отвозке листостебельной массы автомобиль.

Исходные данные: производительность комбайна и автомобиля; урожайность початков и листостебельной массы; расстояние перевозки початков и листостебельной массы; масса груза перевозимого трактором и автомобилем; расход топлива комбайном; расход топлива трактором; расход топлива автомобилем; количество персонала.

Решение:

1. Прямые затраты энергии кукурузоуборочного комбайна равны:

$$E_n = H_m(a_m + f_m) \quad (2.8)$$

где H_m – расход топлива, кг/га;

a_m – теплосодержание (энергосодержание) топлива, МДж/кг;

f_m – коэффициент, учитывающий дополнительные затраты энергии на производство топлива (энергетический эквивалент), МДж/кг.

2. Энергоемкость комбайна в расчете на один час работы составит:

$$E_k = \frac{a_m M_m (a_m + a_{mm})}{100 T_{hm}} \quad (2.9)$$

где a_m – энергетический эквивалент комбайна;
 M_m – масса комбайна, кг;
 a_m, a_{mm} – отчисления на реновацию и текущий ремонт комбайна, %;
 T_{hm} – нормативная годовая загрузка комбайна, ч.

В расчете на один гектар данный показатель равен:

$$E_k' = \frac{E_k}{W_{cm}} \quad (2.10)$$

3. Энергозатраты живого труда равны:

$$E_{ж} = \frac{n_{ч} a_{ж}}{W_{cm}} \quad (2.11)$$

где $n_{ч}$ – число основных рабочих (трактористы, комбайнеры и т. д.), чел.;
 $a_{ж}$ – соответствующие энергетические эквиваленты затрат живого труда, МДж/ч;
 W_{cm} – производительность, га/ч.

4. Прямые затраты энергии на отвозку початков составят:

$$E_n' = H_m (a_m + f_m) \quad (2.12)$$

где H_m – расход топлива, кг/га;
 a_m – теплосодержание (энергосодержание) топлива, МДж/кг;
 f_m – коэффициент, учитывающий дополнительные затраты энергии на производство топлива (энергетический эквивалент), МДж/кг.

5. Энергоемкость трактора и двух тележек в расчете на один час работы равна:

$$E_{mp} = \frac{M_m a_{mp} (a_m + a_{mk} + a_{mm})}{100 T_{hm}}, \quad (2.13)$$

$$E_m = \frac{M_m a_m (a_m + a_{mm})}{100 T_h} \quad (2.14)$$

где a_{mp} – энергетический эквивалент энергетического средства;
 M_m – масса энергетического средства, кг;
 a_m, a_{mk}, a_{mm} – отчисления на реновацию, капитальный и текущий ремонт трактора, %;
 T_{hm} – нормативная годовая загрузка трактора, ч;

a_M – энергетический эквивалент тележки;

M_M – масса тележки, кг;

a_M, a_{Mm} – отчисления на реновацию и текущий ремонт тележки, %;

T_H – нормативная годовая загрузка тележки, ч.

В расчете на один гектар данные показатели составят:

$$E_{mp}' = \frac{E_{mp}}{W_{cm}} \quad (2.15)$$

$$E_m' = \frac{E_m}{W_{cm}} \quad (2.16)$$

6. Расход бензина при перевозке листостебельной массы автомобилем

равен:

$$G_a = \frac{H_a L y_6}{50 Q_a} \left(1 + \frac{a_a}{100}\right) \quad (2.17)$$

где H_a – линейная норма расхода топлива на 100 км пробега, л;

a_a – увеличение линейной нормы в зависимости от категории дороги и других факторов, %;

L – расстояние перевозки, км;

y_6 – плотность бензина (составляет 0,72 кг/л);

Q_a – масса перевозимого груза (грузоподъемность автомобиля), т.

7. Прямые затраты энергии составят:

$$E_{na} = a_a \cdot G_a \quad (2.18)$$

где a_a – энергетический эквивалент бензина, МДж/кг.

8. Затраты энергии на один гектар равны:

$$E_n = E_{na} \cdot H_y \quad (2.19)$$

где H_y – урожайность кукурузы, ц/га.

9. Полные энергозатраты на производство автомобиля составят:

$$\mathcal{E}_a = a_a \cdot M_a \quad (2.20)$$

где a_a – энергетический эквивалент, МДж/кг;

M_a – масса автомобиля, кг.

10. Энергоемкость автомобиля, приходящаяся на один километр пробега равна:

$$E_a = \frac{\mathcal{E}_a(a_{np} + a_{ak})}{10^5} \quad (2.21)$$

где a_{np} , a_{ak} – отчисления на реновацию и капитальный ремонт автомобиля на 1 000 км пробега, %;

\mathcal{E}_a – энергоемкость автомобиля МДж.

11. Энергозатраты живого труда составят:

$$E_{ж} = \frac{n_{ч}a_a}{W_a} \quad (2.22)$$

где $n_{ч}$ – число основных рабочих, чел.;

a_a – соответствующие энергетические эквиваленты затрат живого труда, МДж/ч;

W_a – производительность, га/ч.

12. Полные или совокупные энергозатраты на уборку кукурузы определяются суммированием всех энергозатрат.

Пример определения энергозатрат на уборке кукурузы

Определить полные или совокупные энергозатраты кукурузоуборочного агрегата. На отвозке початков от кукурузоуборочного комбайна КСКУ-6 используется трактор МТЗ-82 с двумя тележками 2ПТС-4, а на отвозке листостебельной массы – автомобиль ЗИЛ-1303.

Производительность комбайна 0,95 га/ч, автомобиля – 4 т/ч. Урожайность початков 55 ц/га, листостебельной массы – 80 ц/га. Расстояние перевозки початков 4,2 км. листостебельной массы – 6,2 км. Масса груза, перевозимого трактором, равна 4,4 т, автомобилем – 4 т.

Расход топлива комбайном 22 кг/га, трактором – 2,5 кг/га, автомобилем (линейная норма) – 31 л на 100 км пробега + 30 % (движение по полю и грунтовой дороге).

Количество персонала, обслуживающего комбайн, – один человек, трактор и автомобиль – по одному работнику.

1. Прямые затраты энергии кукурузоуборочного комбайна определяют по формуле (2.8):

$$22(42,7 + 10) = 1159 \text{ Мдж/га}$$

2. Энергоемкость комбайна в расчете на один час работы устанавливают по формуле (2.9):

$$\frac{12284 \cdot 120(16 + 12)}{100 \cdot 100} = 4127 \text{ Мдж/га}$$

Для расчета энергоемкости комбайна в расчете на один гектар используют формулу (2.10):

$$\frac{4127}{0,95} = 4344 \text{ Мдж/га}$$

3. Энергозатраты живого труда находят при помощи формулы (2.11):

$$\frac{1 \cdot 1,30}{0,95} = 1,37 \text{ Мдж/га}$$

4. Прямые затраты энергии на отвозку початков рассчитывают, применяя формулу (2.12):

$$2,5(42,7 + 10) = 131 \text{ Мдж/га}$$

5. Энергоемкость трактора и двух тележек в расчете на один час устанавливают по формулам (2.13) и (2.14):

$$\frac{120 \cdot 3160(15 + 10)}{1000 \cdot 1095} = 87 \text{ Мдж/ч}$$

$$\frac{2 \cdot 104 \cdot 1755(14,2 + 5)}{100 \cdot 650} = 108 \text{ Мдж/ч}$$

Энергоемкость трактора и двух тележек в расчете на один гектар определяют по формулам (2.15) и (2.16):

$$\frac{87}{0,95} = 92 \text{ Мдж/га}; \quad \frac{108}{0,95} = 114 \text{ Мдж/га}$$

6. Расход бензина при перевозке листостебельной массы автомобилем находят с применением формулы (2.17):

$$\frac{31 \cdot 6 \cdot 0,72}{50 \cdot 3} \left(1 + \frac{30}{100}\right) = 1,16 \text{ кг/ц}$$

или $1,16 \cdot 7,5 = 8,70 \text{ кг/га}$

7. Прямые затраты энергии устанавливаются по формуле (2.18):

$$(43,9 + 10,5) \cdot 8,70 = 473 \text{ МДж/га}$$

8. Энергоемкость автомобиля на один гектар и на одну тонну перевезенного груза рассчитывают следующим образом:

$$\frac{120 \cdot 4300 \cdot 6,2 \cdot 8,0(0,3 + 0,2)}{4 \cdot 10^4 \cdot 4} = 79 \text{ МДж/га}$$
$$\frac{79}{7,9} = 10 \text{ МДж/ц}$$

9. Энергозатраты живого труда устанавливаются с учетом формулы (2.22):

$$\frac{1 \cdot 1,30}{4} = 0,32 \text{ МДж/ц}$$

или $8,0 \cdot 0,32 = 2,56 \text{ МДж/га}$

10. Полные или совокупные энергозатраты на уборку кукурузы на один гектар с транспортировкой початков и листостебельной массы определяют суммированием всех составляющих энергозатрат.

Индивидуальные задания для самостоятельной работы

Определить полные или совокупные энергозатраты кукурузоуборочного агрегата. На отвозке початков от кукурузоуборочного комбайна КСКУ-6 используется трактор МТЗ-82 с двумя тележками 2ПТС-4, а на отвозке листостебельной массы – автомобиль ЗИЛ-1303. Количество персонала, обслуживающего комбайн, – 1 чел., трактор и автомобиль – по 1 чел. Исходные данные приведены в таблицах 2.3 и 2.4.

2 Практическое применение методов и способов анализа технологий и средств механизации АПК

Таблица 2.3 – Исходные данные

Предпоследняя цифра зачетной книжки	Производительность комбайна, га/ч	Производительность автомобиля, т/ч	Урожайность початков, ц/га	Урожайность листостебельной массы, ц/га	Масса груза, перевозимого трактором, т	Масса груза, перевозимого автомобилем, т
1	0,94	3,95	50	70	3,5	3,5
2	0,96	3,80	52	71	3,9	3,9
3	0,97	3,75	54	72	3,6	3,6
4	0,98	3,7	56	73	3,7	3,7
5	0,99	3,50	58	74	3,8	3,8
6	0,93	3,45	60	75	4,0	4,0
7	0,92	3,60	63	76	4,1	4,1
8	0,91	4,10	65	77	4,2	4,2
9	0,90	4,00	66	78	3,4	3,4
0	1,00	4,05	67	79	3,3	3,3

Таблица 2.4 – Исходные данные

Последняя цифра зачетной книжки	Расстояние перевозки початков, км	Расстояние перевозки листостебельной массы, км	Расход топлива комбайном, кг/га	Расход топлива трактором, кг/га	Расход топлива автомобилем на 100 км, л
1	3,0	5,0	17,5	2,1	28,5
2	3,1	5,1	18,0	2,2	29,0
3	3,2	5,3	18,5	2,3	29,3
4	3,3	5,5	19,0	2,4	29,6
5	3,4	5,9	19,5	2,5	29,9
6	3,5	6,0	19,9	2,6	31,0
7	3,6	6,3	20,0	2,7	31,5
8	3,7	6,5	21,0	2,8	31,7
9	3,8	6,9	22,0	2,9	31,8
0	3,7	7,4	24,0	3,0	32,0

2.3 Определение энергозатрат на очистку початков кукурузы

Определить полные (совокупные) энергозатраты на очистку початков кукурузы. Доставленные с поля початки очищаются на технологической линии, изготовленной самостоятельно в хозяйстве.

Исходные данные: *общая масса линии; линия находится в закрытом помещении установленной площади; очищенные початки хранятся в складе с известной площадью; вместимость склада; расход электроэнергии на очистку початков; производительность линии; количество человек, обслуживающих линию; время работы технологической линии.*

Решение:

1. Прямые энергозатраты на очистку початков составят:

$$E_n = N_э(K_э + f_э) \quad (2.23)$$

где $K_э$ – коэффициент перевода одного киловатт-часа в один мегаджоуль;

$f_э$ – коэффициент, учитывающий дополнительные затраты энергии на производство электроэнергии, МДж/кВт·ч.

2. Энергозатраты живого труда равны:

$$E_ж = \frac{n_ч a_ж}{W_{см}} \quad (2.24)$$

где $n_ч$ – число основных рабочих (трактористы, комбайнеры и т. д.), чел.;

$a_ж$ – соответствующие энергетические эквиваленты затрат живого труда, МДж/ч;

$W_{см}$ – производительность, га/ч.

3. Энергоемкость технологической линии равна:

$$E_m = \frac{a_m M_m (a_m + a_{mm})}{100 T_{нт} W_{см}} \quad (2.25)$$

где a_m – энергетический эквивалент технологической линии (составляет 104 МДж/кг)

M_m – масса технологической линии, кг;

a_m, a_{mm} – отчисления на реновацию и текущий ремонт технологической линии, %;

$T_{нт}$ – годовая загрузка технологической линии, ч.

4. Энергоемкость производственного помещения составит:

$$E'_3 = \frac{a_3 F_3 a_3}{W'_{см} 100 T_{3л}} \quad (2.26)$$

где a_3 – энергетический эквивалент производственных помещений, МДж/м²;

F_3 – площадь производственного помещения, м²;

a_3 – амортизационные отчисления за год, %;

T_{3n} – период использования помещения при работающем оборудовании в году, ч.

5. Энергоемкость склада определяют:

$$E_{ск} = \frac{F_{ск} a_{ск} a_{ск}}{100 Q_{ск}} \quad (2.27)$$

где a_3 – энергетический эквивалент производственных помещений, МДж/м²;

$F_{ск}$ – площадь склада, м²;

$a_{ск}$ – амортизационные отчисления за год, %;

$Q_{ск}$ – вместимость склада, т.

6. Общие энергозатраты на очистку и хранение початков определяются суммированием всех энергозатрат.

Пример определения энергозатрат на очистку початков кукурузы

Определить полные (совокупные) энергозатраты на очистку початков кукурузы. Доставленные с поля початки очищаются на технологической линии, изготовленной из списанных початкоочистительных аппаратов кукурузоуборочных комбайнов.

Исходные данные:

1) общая масса линии – 3,8 т;

2) линия находится в закрытом помещении площадью 320 м²;

3) очищенные початки хранятся в складе площадью 240 м²;

4) вместимость склада – 840 т;

5) расход электроэнергии на очистку початков – 2,4 кВт·ч/т;

6) производительность линии – 22 т/ч;

7) количество человек, обслуживающих линию – 8 человек;

8) время работы технологической линии – 240 ч/год.

1. Прямые энергозатраты на очистку початков находят по формуле (2.23):

$$2,4(3,6 + 8,7) = 30 \text{ МДж/т}$$

2. Энергозатраты живого труда определяют по формуле (2.24):

$$\frac{8 \cdot 1,3}{22} = 0,47 \text{ МДж/т}$$

3. Энергоемкость технологической линии устанавливают по формуле (2.25) (приложение А):

$$\frac{3800 \cdot 104 \cdot (10,9 + 3,2)}{100 \cdot 20 \cdot 240} = 11,6 \text{ МДж/т}$$

4. Энергоемкость производственного помещения рассчитывают по формуле (2.26):

$$\frac{5025 \cdot 320 \cdot 4,7}{20 \cdot 100 \cdot 240} = 15,1 \text{ МДж/т}$$

5. Энергоемкость склада находят по формуле (2.27):

$$\frac{240 \cdot 5025 \cdot 5,2}{100 \cdot 840} = 74,7 \text{ МДж/т}$$

6. Общие энергозатраты на очистку и хранение початков составят:

$$30 + 0,47 + 11,6 + 15,1 + 74,7 = 131,87 \text{ МДж/т}$$

Индивидуальные задания для самостоятельной работы

Определить полные (совокупные) энергозатраты на очистку початков кукурузы. Доставленные с поля початки очищаются на технологической линии, изготовленной из списанных початкоочистительных аппаратов кукурузоуборочных комбайнов. Исходные данные приведены в таблицах 2.5 и 2.6.

2 Практическое применение методов и способов анализа технологий и средств механизации АПК

Таблица 2.5 – Исходные данные

Последняя цифра зачётки	Общая масса линии, т	Площадь помещения, м ²	Площадь склада, м ²	Вместимость склада, т
0	3,5	300	240	840
1	3,7	320	250	880
2	3,9	350	270	900
3	4,2	390	290	910
4	4,5	420	310	920
5	4,8	430	320	940
6	5,2	450	340	970
7	5,6	470	360	990
8	3,6	330	260	850
9	3,8	400	290	870

Таблица 2.6 – Исходные данные

Предпоследняя цифра зачетки	Расход электроэнергии, кВт·ч/т	Производительность, т/ч	Количество работников, чел.	Время работы, ч/год
0	2,2	20	8	240
1	2,4	20	8	250
2	2,6	21	8	240
3	2,7	21	8	250
4	2,8	22	9	240
5	2,9	23	9	250
6	3,0	24	9	250
7	3,1	25	9	240
8	2,3	21	8	230
9	2,5	22	8	250

2.4 Определение энергозатрат

от использования самолетов в сельском хозяйстве

В технологических картах на возделывание сельскохозяйственных культур предусмотрено использование самолетов и вертолетов на весенней подкормке озимых культур минеральными удобрениями, на внесении ядохимикатов, дефолиантов и др. Определить энергозатраты на весенней подкормке озимых.

Исходные данные: марка самолета; производительность; расход топлива; масса самолета; амортизационные отчисления; отчисления на текущий ремонт и техобслуживание; норма внесения удобрений; годовая загрузка.

Решение:

1. *Прямые энергозатраты* составят:

$$E_n = H_m(a_m + f_m) \quad (2.28)$$

где H_m – расход топлива, кг/га;

a_m – теплосодержание (энергосодержание) топлива, МДж/кг;

f_m – коэффициент, учитывающий дополнительные затраты энергии на производство топлива (энергетический эквивалент), МДж/кг.

2. *Энергозатраты живого труда* равны:

$$E_{ж} = \frac{n_{ч} a_{ж}}{W_{см}} \quad (2.29)$$

где $n_{ч}$ – число основных рабочих, чел.;

$a_{ж}$ – соответствующие энергетические эквиваленты затрат живого труда, МДж/ч;

$W_{см}$ – производительность, га/ч.

3. *Энергоемкость самолета в расчете на один час работы* равна:

$$E_M = \frac{a_M M_M (a_m + a_{mm})}{100 T_{hm}} \quad (2.30)$$

где a_M – энергетический эквивалент самолета (составляет 120 МДж/кг);

M_M – масса самолета, кг;

a_m, a_{mm} – отчисления на реновацию и текущий ремонт самолета, %;

T_{hm} – годовая загрузка самолета, ч.

В расчете на один гектар данный показатель составит:

$$E_M' = \frac{E_M}{W_{см}} \quad (2.31)$$

4. *Затраты овецествленной энергии* составят:

$$E_o = \frac{a_o \cdot H_o}{T_o} \quad (2.32)$$

2 Практическое применение методов и способов анализа технологий и средств механизации АПК

где a_o – энергетический эквивалент (затраты энергии на производство единицы данного вида вещества), МДж/кг;

H_o – норма внесения вещества на единицу площади, кг/га;

T_o – срок действия вещества, лет.

5. Полные энергозатраты процесса определяются суммированием всех энергозатрат.

Пример определения энергозатрат от использования самолетов

В качестве примера определим энергозатраты на весенней подкормке озимых культур, выполняемой самолетом.

Исходные данные:

- 1) марка самолёта АН-2;
- 2) производительность – 60 га/ч;
- 3) расход топлива – 2,5 кг/га;
- 4) масса самолета – 3 880 кг;
- 4) амортизационные отчисления – 12,5 %;
- 5) отчисления на текущий ремонт и техобслуживание – 7,5 %;
- 6) норма внесения удобрений – 1 ц/га;
- 7) годовая загрузка – 800 ч.

1. Прямые энергозатраты находят по формуле (2.28):

$$2,5 \cdot (44,4 + 10,5) = 137 \text{ МДж/га}$$

2. Энергозатраты живого труда определяют по формуле (2.29):

$$\frac{1 \cdot 1,3}{60} = 0,02 \text{ МДж/га}$$

3. Энергоемкость самолета в расчете на один час работы рассчитывают по формуле (2.30), в расчете на один гектар – по формуле (2.31):

$$\frac{3880 \cdot 120}{100 \cdot 800} \cdot (12,5 + 7,5) = 116 \text{ МДж/ч}$$

$$\frac{116}{60} = 2 \text{ МДж/га}$$

4. Затраты овеществленной энергии устанавливаются по формуле (2.32) и они составят 2 760 МДж/га.

5. Полные энергозатраты процесса составят:

$$137 + 0,02 + 2 + 2760 = 2899 \text{ МДж/га}$$

Индивидуальные задания для самостоятельной работы

Определить полные или совокупные энергозатраты на весенней подкормке озимых культур, выполняемой самолетом, согласно исходных данных, приведенных в таблицах 2.7 и 2.8.

Таблица 2.7 – Исходные данные

Последняя цифра зачетной книжки	Марка самолета	Производительность, га/ч	Расход топлива, кг/га	Масса самолета, кг
1	АН-2	60	2,7	3 840
2	АН-2	62	2,5	3 850
3	АН-2	63	2,6	3 900
4	АН-2	59	2,8	4 000
5	АН-2	58	2,9	4 100
6	АН-2	61	2,3	4 150
7	АН-2	57	2,4	3 860
8	АН-2	64	2,2	3 790
9	АН-2	65	3,0	3 780
0	АН-2	56	3,1	3 770

Таблица 2.8 – Исходные данные

Предпоследняя цифра зачетной книжки	Амортизационные отчисления, %	Отчисления на текущий ремонт и техобслуживание, %	Норма внесения удобрений, ц/га	Годовая загрузка, ч
1	12,6	7,4	0,9	750
2	12,5	7,3	1,1	760
3	12,4	7,2	1,2	765
4	12,3	7,5	1,3	770
5	12,2	7,6	1,4	775

Продолжение таблицы 2.8

Предпоследняя цифра зачетной книжки	Амортизационные отчисления, %	Отчисления на текущий ремонт и техобслуживание, %	Норма внесения удобрений, ц/га	Годовая загрузка, ч
6	12,7	7,7	1,8	780
7	12,8	7,8	1,7	785
8	12,9	7,9	1,6	790
9	13,0	8,0	1,5	795
0	13,1	8,1	0,8	755

2.5 Топливо-энергетическая оценка мелиоративных работ

Необходимо ввести в севооборот закустаренные поля с известной площадью. Для этого требуется проведение следующих технических работ: срезка кустарника и мелколесья; корчевка деревьев, пней корчевателями; корчевка пней корчевальными боронами; сгребание срезанной и выкорчеванной древесной массы; формирование куч для сжигания; уничтожение старых валов; сжигание; фрезерование (глубокое, мелкое); уборка мелких древесных остатков; первичная вспашка; дискование; планировка поверхности.

2.5.1 Топливо-энергетическая оценка на фрезеровании почвы

Определим полные энергозатраты на фрезеровании почвы.

Исходные данные: марка агрегата; производительность агрегата; глубина фрезерования; расход топлива; масса машины; масса трактора; амортизационные отчисления трактора (на полное восстановление и капитальный ремонт); амортизационные отчисления машины; годовое использование трактора; годовое использование машины; количество обслуживающего персонала.

Решение:

1. Прямые затраты энергии составят:

$$E_n = H_T(a_T + f_T) \quad (2.33)$$

где H_T – расход топлива, кг/га;

a_T – теплосодержание (энергосодержание) топлива, МДж/кг;

f_T – коэффициент, учитывающий дополнительные затраты энергии на производство топлива (энергетический эквивалент), МДж/кг.

2. Энергоемкость средств механизации равна:

$$E_T = \frac{M_T a_T (a_{тр} + a_T)}{100 T_T W}, \quad (2.34)$$

$$E_M = \frac{M_M a_M (a_{тм} + a_M)}{100 T_M W} \quad (2.35)$$

где a_T, a_M – соответственно энергетический эквивалент трактора и машины (энергетический эквивалент машины составляет 104 МДж/кг), МДж/кг;

M_T, M_M – соответственно масса трактора и машины, кг;

$a_{тр}, a_T$ – отчисления на реновацию и текущий ремонт трактора, %;

$a_{тм}, a_M$ – отчисления на реновацию и текущий ремонт машины, %;

T_T, T_M – соответственно нормативная годовая загрузка трактора и машины, ч;

W – производительность, га/ч.

3. Энергозатраты живого труда равны:

$$E_{ж} = \frac{n_{ч} a_{ж}}{W} \quad (2.36)$$

где $n_{ч}$ – число основных рабочих, чел.;

$a_{ж}$ – соответствующие энергетические эквиваленты затрат живого труда, МДж/ч;

W – производительность, га/ч.

4. Полные энергозатраты технологического процесса фрезерования составят:

$$E_{тн} = E_n + E_T + E_M + E_{ж} \quad (2.37)$$

Аналогичным образом подсчитывают энергозатраты по другим операциям, предусмотренным в технологической карте.

Пример топливно-энергетической оценки на фрезеровании почвы

Определим полные энергозатраты на фрезеровании почвы.

Исходные данные:

1) марка агрегата 1 ЗОБ + МТП-44А;

2) производительность агрегата – 0,07 га/ч;

3) расход топлива – 450 кг/га;

4) масса машины – 22 550 кг;

5) масса трактора – 15 500 кг;

6) амортизационные отчисления трактора на полное восстановление – 11,1 % и капитальный ремонт – 6,5 %;

7) амортизационные отчисления машины на полное восстановление – 16 % и капитальный ремонт – 5,8 %;

8) годовое использование трактора – 935 ч;

9) годовое использование машины – 420 ч;

10) количество обслуживающего персонала – 1 человек.

1. Прямые затраты энергии находят по формуле (2.33):

$$450 \cdot (42,7 + 10) = 23715 \text{ МДж/га}$$

2. Энергоемкость средств механизации определяют по формулам (2.34) и (2.35):

$$\frac{15500 \cdot 120 \cdot (11,1 + 6,5)}{100 \cdot 950 \cdot 0,07} = 4923 \text{ МДж/га}$$

$$\frac{22550 \cdot 104 \cdot (16 + 5,8)}{100 \cdot 0,07 \cdot 420} = 17390 \text{ МДж/га}$$

3. Энергозатраты живого труда рассчитывают по формуле (2.36):

$$\frac{1 \cdot 1,26}{0,07} = 18 \text{ МДж/га}$$

4. Полные энергозатраты технологического процесса фрезерования составляют (2.37):

$$23715 + 4923 + 17390 + 18 = 46046 \text{ МДж/га}$$

Индивидуальные задания для самостоятельной работы

Определить полные энергозатраты на фрезеровании почвы, выполняемые агрегатом. Количество обслуживающего персонала – один человек. Исходные данные приведены в таблицах 2.9 и 2.10.

Таблица 2.9 – Исходные данные

Последняя цифра зачетной книжки	Производительность агрегата, га/ч	Расход топлива, кг/га	Масса машины, кг	Масса трактора, кг
1	0,06	400	22 500	15 500
2	0,07	405	22 550	15 550
3	0,08	410	22 600	15 600
4	0,09	415	22 650	15 650
5	0,05	420	22 700	15 700
6	0,04	425	22 750	15 750
7	0,06	430	22 800	15 800
8	0,09	435	22 850	14 500
9	0,08	440	22 900	14 000
0	0,07	445	22 450	15 500

Таблица 2.10 – Исходные данные

Предпоследняя цифра зачетной книжки	Амортизационные отчисления трактора, %	Амортизационные отчисления машины, %	Годовое использование машины, ч	Годовое использование трактора, ч
1	17,5	20,1	390	880
2	17,6	20,2	395	885
3	17,7	20,3	400	890
4	17,8	20,4	405	895
5	17,9	20,5	410	900
6	17,4	20,6	415	905
7	17,3	20,7	420	910
8	17,5	20,8	425	915
9	18,0	20,9	430	920
0	17,9	19,5	435	925

2.5.2 Топливоно-энергетическая оценка на корчевании пней

В тех случаях, когда работу агрегата трудно или невозможно оценить через производительность (например, корчевка пней, формирование куч для сжигания, сжигание и др.), полные энергозатраты определяют, исходя из часов работы агрегата и общего расхода топлива.

Исходные данные: марка корчевателя-бульдозера; марка трактора; время работы агрегата; расход топлива; масса трактора; масса машины; амортизационные отчисления трактора (на полное восстановление и капитальный ремонт); амортизационные отчисления машины (на полное восстановление и капитальный ремонт); площадь.

Решение:

1. Прямые затраты энергии составят:

$$E_{\text{п}} = \frac{Q(a_{\text{т}} + f_{\text{т}})}{F} \quad (2.38)$$

где Q – общий расход топлива, кг;

$a_{\text{т}}$ – теплосодержание (энергосодержание) топлива, МДж/кг;

$f_{\text{т}}$ – коэффициент, учитывающий дополнительные затраты энергии на производство топлива (энергетический эквивалент), МДж/кг;

F – площадь поля, га.

2. Энергоемкость средств механизации (трактора и машины) равна:

$$E_{\text{т}} = \frac{M_{\text{т}}a_{\text{т}}(a_{\text{тр}} + a_{\text{т}})T_{\text{ис}}}{100FT_{\text{т}}}, \quad (2.39)$$

$$E_{\text{м}} = \frac{M_{\text{м}}a_{\text{м}}(a_{\text{тм}} + a_{\text{м}})T_{\text{ис}}}{100FT_{\text{ч}}} \quad (2.40)$$

где $a_{\text{т}}$, $a_{\text{м}}$ – соответственно энергетический эквивалент трактора и машины (составляет 120 и 104 МДж/кг), МДж/кг;

$M_{\text{т}}$, $M_{\text{м}}$ – соответственно масса трактора и машины, кг;

$a_{\text{тр}}$, $a_{\text{т}}$ – отчисления на реновацию и текущий ремонт трактора, %;

$a_{\text{тм}}$, $a_{\text{м}}$ – отчисления на реновацию и текущий ремонт машины, %;

$T_{\text{ч}}$ – нормативная годовая загрузка трактора и машины, ч;

$T_{\text{ис}}$ – время использования агрегата, ч.

3. Энергозатраты живого труда равны:

$$E_{\text{ж}} = \frac{n_{\text{ч}} a_{\text{ж}} F}{W} \quad (2.41)$$

где $n_{\text{ч}}$ – число основных рабочих, чел.;

$a_{\text{ж}}$ – соответствующие энергетические эквиваленты затрат живого труда, МДж/ч;

W – производительность, га/ч.

Пример топливно-энергетической оценки на корчевании пней

Определить полные энергозатраты на корчевании пней.

Исходные данные:

- 1) марка корчевателя-бульдозера погрузчика КПБ-2;
- 2) марка трактора Т-74;
- 3) время работы агрегата – 200 ч;
- 4) расход топлива – 2 200 кг;
- 5) масса трактора – 5 600 кг;
- 6) масса машины – 3 630 кг;
- 7) амортизационные отчисления трактора – 18,5 % (на полное восстановление – 12,5 % и капитальный ремонт – 6 %);
- 8) амортизационные отчисления машины – 21,8 % (на полное восстановление – 16 % и капитальный ремонт – 5,8 %);
- 9) площадь – 100 га.

1. Прямые затраты энергии находят по формуле (2.38):

$$\frac{2200 \cdot (42,7 + 10)}{100} = 1159,4 \text{ МДж/га}$$

2. Энергоемкость средств механизации определяют по формулам (2.39) и (2.40):

$$\frac{5600 \cdot 120 \cdot (12,5 + 6) \cdot 200}{100 \cdot 100 \cdot 910} = 273 \text{ МДж/га}$$

2 Практическое применение методов и способов анализа технологий и средств механизации АПК

$$\frac{3630 \cdot 104 \cdot (16 + 5,8) \cdot 200}{100 \cdot 100 \cdot 430} = 383 \text{ МДж/га}$$

3. Энергозатраты живого труда рассчитывают по формуле (2.41):

$$\frac{1 \cdot 200 \cdot 1,26}{100} = 2,52 \text{ МДж/га}$$

4. Полные энергозатраты составят:

$$1159,4 + 273 + 383 + 2,52 = 1818 \text{ МДж/га}$$

Полные энергозатраты на культуртехнические работы складываются из суммы энергозатрат всех технологических процессов.

Индивидуальные задания для самостоятельной работы

Определить полные энергозатраты на корчевании пней. Исходные данные приведены в таблицах 2.11 и 2.12.

Таблица 2.11 – Исходные данные

Последняя цифра зачетной книжки	Марка корчевателя	Время работы агрегата, ч	Расход топлива, кг	Масса трактора, кг
1	КПБ-2	190	2 000	5 600
2	КПБ-2	195	2 050	5 650
3	КПБ-2	200	2 100	5 700
4	КПБ-2	205	2 150	5 800
5	КПБ-2	210	2 200	5 750
6	КПБ-2	215	2 250	5 850
7	КПБ-2	220	2 300	5 900
8	КПБ-2	225	2 350	5 950
9	КПБ-2	230	2 400	6 050
0	КПБ-2	235	2 450	6 000

Таблица 2.12 – Исходные данные

Предпоследняя цифра зачетной книжки	Масса машины, кг	Амортизационные отчисления машины, %	Амортизационные отчисления трактора, %	Площадь, га
1	3 500	21,0	17,5	105
2	3 550	21,2	17,7	110

Продолжение таблицы 2.12

Предпоследняя цифра зачетной книжки	Масса машины, кг	Амортизационные отчисления машины, %	Амортизационные отчисления трактора, %	Площадь, га
3	3 600	21,3	17,8	115
4	3 650	21,5	17,9	120
5	3 700	21,7	18,0	125
6	3 750	21,9	18,3	130
7	3 800	22,0	18,5	135
8	3 850	22,3	18,1	140
9	3 900	22,5	18,2	145
0	3 950	22,7	17,4	150

2.5.3 Энергетическая эффективность проведения мелиоративных работ

Энергетическую эффективность проведения мелиоративных работ для возделывания пшеницы можно определить по формуле (2.42):

$$R = \frac{H_y a_y}{\sum E_k} \quad (2.42)$$

где a_n – энергетический эквивалент основной продукции, МДж/т;

H_y – урожайность основной продукции, т/га;

$\sum E_k$ – суммарная энергоёмкость всех проведенных мелиоративных работ, МДж/га.

Например, суммарная энергоёмкость всех проведенных мелиоративных работ составляет 185 000 МДж/га с учетом затрат на возделывание и уборку. Энергетический эквивалент пшеницы равен 13,7 МДж/кг. Средняя урожайность пшеницы на мелиоративной площади – 22 ц/га.

С учетом этого, энергетическая эффективность проведения мелиоративных работ будет равна:

$$\frac{2200 \cdot 13,7}{185000} = 0,16$$

Срок компенсации энергозатрат устанавливается по формуле (2.43):

$$T = \frac{\sum E_k}{H_y a_y} \quad (2.43)$$

Таким образом, имеем:

$$\frac{185000}{2200 \cdot 13,7} = 6,41 \text{ года}$$

Следовательно, энергозатраты на культуртехнические работы могут быть компенсированы через 6,41 лет при посеве пшеницы с урожайностью 22 ц/га.

2.5.4 Энергетическая эффективность строительства оросительной сети

Для орошения полей, находящихся в севообороте, необходимо строительство оросительной сети для работы дождевальной машины, включающей закрытый трубопровод с гидрантами, насосную станцию, временные оросители.

Исходные данные:

- 1) общая площадь орошаемых полей – 200 га;
- 2) прямые затраты на строительство оросительной сети – 450 000 МДж/га;
- 3) амортизация насосной станции ($a_t + a_{тр}$) – 20,1 %;
- 4) амортизация стального трубопровода ($a_n + a_{нр}$) – 4,3 %;
- 5) амортизация земляных каналов ($a_k + a_{кр}$) – 3,9 %;
- 6) количество орошений в году – шесть раз.

Полные энергозатраты оросительной сети определяют по формуле (2.44):

$$E_{oc} = \sum E_{oc} \frac{(a_n + a_{нр} + a_t + a_{тр} + a_k + a_{кр})}{100 F_o n} \quad (2.44)$$

В нашем примере: $450000 \cdot \frac{(20,1+4,3+3,9)}{100 \cdot 200 \cdot 6} = 106 \text{ МДж/га.}$

При возделывании кукурузы на поливных участках потребуется дополнительно нарезка поливных борозд и поливка.

Исходные данные для нарезки полевых борозд:

- 1) агрегат для нарезки полевых борозд МТЗ-80 + КРН-4,2;
- 2) амортизационные отчисления – 24,9 %;
- 3) масса трактора – 3 160 кг;
- 4) энергетический эквивалент – 120 МДж/кг;
- 5) производительность – 1,8 га/ч;
- 6) расход топлива – 6,2 кг/га;
- 7) годовая загрузка – 1 100 ч.

Исходные данные для полива:

- 1) агрегат для полива ДТ-75М + ДДА-ЮОМА;
- 2) амортизационные отчисления – 30,4 %;
- 3) масса трактора – 6 550 кг;
- 4) производительность – 0,7 га/ч;
- 5) расход топлива – 23 кг/га;
- 6) норма полива за весь сезон – 3 500 м³/га;
- 7) годовая нагрузка – 950 ч.

Расход электроэнергии на работу насосной станции составляет 130 кВт·ч/1 000 м³ воды.

Прямые энергозатраты на этих операциях при шестикратном поливе составят:

$$6 \cdot (6,2 + 23) \cdot (42,7 + 10,0) = 9233 \text{ МДж/га}$$

Расход электроэнергии насосной станции равен:

$$130 \cdot 3,5 \cdot (3,6 + 12) = 7098 \text{ МДж/га}$$

Энергоемкость средств механизации составит:

$$\frac{3160 \cdot 120 \cdot 24,9}{100 \cdot 1,8 \cdot 1100} + \frac{6550 \cdot 120 \cdot 30,4}{100 \cdot 0,7 \cdot 950} = 47,7 + 359,3 = 407 \cdot 6 = 2442 \text{ МДж/га}$$

Энергозатраты живого труда равны:

$$6 \cdot \left(\frac{1 \cdot 1,26}{1,8} + \frac{1 \cdot 1,26}{0,7} \right) = 15 \text{ МДж/га}$$

Тогда полные энергозатраты орошения составят:

$$106 + 9233 + 7098 + 2442 + 15 = 18894 \text{ МДж/га}$$

Таким образом, на орошение поля требуется затратить дополнительно 18 894 МДж/га.

Орошение позволяет повысить урожайность кукурузы на 18 ц/га по сравнению с урожайностью на богарных полях.

Энергетическая эффективность орошения определяется по формуле (2.45):

$$R = \frac{\Delta H_y a_y}{\sum E_{op}} \quad (2.45)$$

В нашем примере имеем:

$$\frac{1800 \cdot 14,6}{18894} = 1,39$$

На основании изложенного, можно сделать вывод, что *выход энергии, заключенной в дополнительном урожае, в 1,39 раз превышает энергозатраты на орошение.*

3 ПРИМЕРЫ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ МОДЕРНИЗИРОВАННЫХ СРЕДСТВ МЕХАНИЗАЦИИ

3.1 Топливо-энергетическая оценка использования автомобиля КамАЗ-4350 с перераспределяющим устройством и серийного автомобиля КамАЗ-4350 на перевозке зерновых культур

При проведении топливо-энергетической оценки в качестве сравнения брались полные энергозатраты, в которые вошли следующие показатели:

- 1) прямые затраты энергии;
- 2) энергозатраты живого труда;
- 3) удельная энергоёмкость.

Топливо-энергетическую оценку проведем с использованием предложенной методики при проведении транспортных работ энергетическим средством.

1. Прямые затраты энергии составят:

$$E_n = H_m(a_m + f_m) \quad (3.1)$$

где H_m – расход топлива, кг/т·км;

a_m – теплосодержание (энергосодержание) топлива, МДж/кг;

f_m – коэффициент, учитывающий дополнительные затраты энергии на производство топлива (энергетический эквивалент), МДж/кг.

2. Энергозатраты живого труда определяются по формуле (3.2):

$$E_{\text{ж}} = \frac{n_{\text{ч}} a_{\text{ж}}}{W_{\text{см}}} \quad (3.2)$$

где $n_{\text{ч}}$ – число основных рабочих, чел.;

$a_{\text{ж}}$ – энергетический эквивалент затрат живого труда, МДж/ч;

$W_{\text{см}}$ – производительность, т·км/ч.

3. Удельная энергоёмкость в расчете на один час работы энергетического средства равна:

$$E_m = \frac{M_m A_{mp} (a_m + a_{mk} + a_{mm})}{100 T_H} \quad (3.3)$$

где A_{mp} – энергетический эквивалент энергетического средства, МДж/кг;
 M_m – масса энергетического средства, кг;
 a_m, a_{mk}, a_{mm} – отчисления на реновацию, капитальный и текущий ремонт энергетического средства, %;
 T_H – годовая загрузка энергетического средства, ч.

4. Удельная энергоёмкость прицепа равна:

$$E_M = \frac{M_M A_M (a_M + a_{Mm})}{100 T_{HM}} \quad (3.4)$$

где A_M – энергетический эквивалент прицепа, МДж/кг;
 M_M – масса прицепа, кг;
 a_M, a_{Mm} – отчисления на реновацию, капитальный и текущий ремонт прицепа, %;
 T_{HM} – годовая загрузка прицепа, ч;

5. Суммарная энергоёмкость энергетического средства и прицепа в расчете на один гектар составит:

$$E_{mM} = \frac{E_m + E_M}{W_{cm}} \quad (3.5)$$

6. Совокупные или полные энергозатраты равны:

$$E_{mn} = E_n + E_{ж} + E_{mM} \quad (3.6)$$

7. Экономия полных энергозатрат составит:

$$\Delta E_{mn} = E_{mnp} - E_{mnб} \quad (3.7)$$

где E_{mnp} – совокупные энергозатраты новой машины, МДж/га;
 $E_{mnб}$ – совокупные энергозатраты базовой машины, МДж/га.

Произведем расчеты эффективности использования автомобиля КамАЗ-4350 с перераспределяющим устройством и серийного автомобиля КамАЗ-4350.

Исходные данные получены на основании проведенных сравнительных хозяйственных испытаний [1].

Для серийного автомобиля:

- 1) расход топлива – 29 л на 100 км пробега;
- 2) производительность – 196 т·км.

Для модернизированного автомобиля:

- 1) расход топлива – 26 л на 100 км пробега;
- 2) производительность – 289 т·км.

Составляющие топливно-энергетической оценки использования автомобиля КамАЗ-4350 на перевозке зерновых культур:

Для серийного варианта:

1. $E_{нс} = 0,29 \cdot (42,7 + 10) = 15,289$ МДж/т · км.
2. $E_{жс} = 1,26/196 = 0,006$ МДж/т · км.
3. $E_{ав} = 0,406$ МДж/т · км.
4. $E_{тпс} = 15,289 + 0,006 + 0,406 = 15,695$ МДж/т · км.

Для экспериментального автомобиля КамАЗ-4350 на арочных шинах:

1. $E_{нс} = 0,26 \cdot (42,7 + 10) = 13,702$ МДж/т · км.
2. $E_{жс} = 1,26/289 = 0,004$ МДж/т · км.
3. $E_{ав} = 0,275$ МДж/т · км.
4. $E_{тпс} = 13,702 + 0,004 + 0,275 = 13,981$ МДж/т · км.

Полученные данные занесены в таблицу 3.1.

Таким образом, использование автомобиля КамАЗ-4350 (с догружающим модулем для грузового автомобиля) на арочных шинах и прицепом 2ПН-4М, также на арочных шинах, позволяет получить экономию на вывозе зерновых культур 495,346 МДж/т·км за один рабочий день.

Это позволит получить экономию в энергетическом эквиваленте дизельного топлива в количестве 11,48 литров, в денежном эквиваленте стоимости

3 Примеры топливно-энергетической оценки
модернизированных средств механизации

топлива на период осени 2021 г. – 52,99 руб. Общая экономия денежных средств составит 608,33 руб.

Таблица 3.1 – Энергетическая оценка использования автомобиля КамАЗ-4350 на вывозе зерновых культур

Показатели	В МДж/т·км	
	Серийный КамАЗ-4350	Экспериментальный КамАЗ-4350
Прямые затраты энергии	15,283	13,702
Затраты живого труда	0,006	0,004
Удельная энергоёмкость	0,406	0,275
Полные энергозатраты	15,695	13,981
Экономия полных энергозатрат	–	1,714
Экономия полных энергозатрат за один рабочий день	–	495,346

**3.2 Топливо-энергетическая оценка использования
автомобиля КамАЗ-5350 с перераспределяющим устройством
и серийного автомобиля КамАЗ-5350 на перевозке зерновых культур**

Топливо-энергетическую оценку проведем с использованием описанной методики при проведении транспортных работ энергетическим средством.

1. Прямые затраты энергии составят:

$$E_n = H_m(a_m + f_m) \quad (3.8)$$

где H_m – расход топлива, кг/т·км;

a_m – теплосодержание (энергосодержание) топлива, МДж/кг;

f_m – коэффициент, учитывающий дополнительные затраты энергии на производство топлива (энергетический эквивалент), МДж/кг.

2. Энергозатраты живого труда определяются по формуле (3.9):

$$E_{\text{ж}} = \frac{n_{\text{ч}} a_{\text{ж}}}{W_{\text{см}}} \quad (3.9)$$

где $n_{\text{ч}}$ – число основных рабочих, чел.;

$a_{\text{ж}}$ – энергетический эквивалент затрат живого труда, МДж/ч;

$W_{\text{см}}$ – производительность, т·км/ч.

3. Удельная энергоёмкость в расчете на один час работы энергетического средства равна:

$$E_m = \frac{M_m A_{mp} (a_m + a_{mk} + a_{mm})}{100 T_H} \quad (3.10)$$

где A_{mp} – энергетический эквивалент энергетического средства, МДж/кг;

M_m – масса энергетического средства, кг;

a_m, a_{mk}, a_{mm} – отчисления на реновацию, капитальный и текущий ремонт энергетического средства, %;

T_H – годовая загрузка энергетического средства, ч.

4. Удельная энергоёмкость прицепа равна:

$$E_M = \frac{M_M A_M (a_M + a_{Mm})}{100 T_{HM}} \quad (3.11)$$

где A_M – энергетический эквивалент прицепа, МДж/кг;

M_M – масса прицепа, кг;

a_M, a_{Mm} – отчисления на реновацию, капитальный и текущий ремонт прицепа, %;

T_{HM} – годовая загрузка прицепа, ч;

5. Суммарная энергоёмкость энергетического средства и прицепа в расчете на один гектар составит:

$$E_{mM} = \frac{E_m + E_M}{W_{cm}} \quad (3.12)$$

6. Совокупные или полные энергозатраты равны:

$$E_{mn} = E_n + E_{ж} + E_{mM} \quad (3.13)$$

7. Экономия полных энергозатрат составит:

$$\Delta E_{mn} = E_{mnp} - E_{mnб} \quad (3.14)$$

где E_{mnp} – совокупные энергозатраты новой машины, МДж/га;

$E_{mnб}$ – совокупные энергозатраты базовой машины, МДж/га.

Исходные данные получены на основании проведенных сравнительных хозяйственных испытаний [2].

3 Примеры топливно-энергетической оценки модернизированных средств механизации

Для серийного автомобиля:

- 1) расход топлива – 47 л на 100 км пробега;
- 2) производительность – 182 т·км.

Для модернизированного автомобиля:

- 1) расход топлива – 41 л на 100 км пробега;
- 2) производительность – 194 т·км.

Выполним расчеты эффективности использования автомобиля КамАЗ-5350 с рамочным регулятором и серийного автомобиля КамАЗ-5350.

Для серийного автомобиля КамАЗ-5350:

1. $E_{нс} = 0,47 \cdot (42,7 + 10) = 24,769$ МДж/т · км.
2. $E_{жс} = 1,26/182 = 0,007$ МДж/т · км.
3. $E_T = 1,279$ МДж/т · км.
4. $E_{тпс} = 24,769 + 0,007 + 1,279 = 26,055$ МДж/т · км.

Для экспериментального автомобиля КамАЗ-5350:

1. $E_{нс} = 0,41 \cdot (42,7 + 10) = 21,607$ МДж/т · км.
2. $E_{жс} = 1,26/194 = 0,006$ МДж/т · км.
3. $E_T = 1,200$ МДж/т · км.
4. $E_{тпс} = 21,607 + 0,006 + 1,200 = 22,813$ МДж/т · км.

Полученные данные занесены в таблицу 3.2.

Таблица 3.2 – Энергетическая оценка использования автомобиля КамАЗ-5350
В МДж/т·км

Показатели	Серийный КамАЗ-5350	Экспериментальный КамАЗ-5350
Прямые затраты энергии	24,769	21,607
Затраты живого труда	0,007	0,006
Удельная энергоёмкость	1,279	1,200
Полные энергозатраты	26,055	22,813
Экономия полных энергозатрат	–	3,242
Экономия полных энергозатрат за один рабочий день	–	628,948

Таким образом, использование автомобиля КамАЗ-5350 с установленным регулятором нагрузки позволяет получить экономию 3,242 МДж/т·км, а в пересчете на один рабочий день – 628,948 МДж, что в денежном эквиваленте составит 225,1 рублей.

3.3 Топливо-энергетическая оценка использования трактора класса МТЗ-80 с устройством для перераспределения веса агрегата и серийного трактора на дисковании почвы

При определении эффективности применения колесного трактора класса 1,4 учитывались методические нормативные материалы.

1. Прямые затраты энергии составят:

$$E_n = N_T(a_T + f_T) \quad (3.15)$$

где N_T – расход топлива, кг/га;

a_T – теплосодержание (энергосодержание) топлива, МДж/кг;

f_T – коэффициент, учитывающий дополнительные затраты энергии на производство топлива (энергетический эквивалент), МДж/кг.

2. Энергозатраты живого труда определяются по формуле (3.16):

$$E_{ж} = \frac{n_{ч} a_{ж}}{W_{см}} \quad (3.16)$$

где $n_{ч}$ – число основных трактористов, чел.;

$a_{ж}$ – энергетический эквивалент затрат живого труда, МДж/ч;

$W_{см}$ – производительность машинно-тракторного агрегата, га/ч.

3. Удельная энергоемкость трактора в расчете на один час его работы равна:

$$E_T = \frac{M_T C_{тр} (K_T + K_{ТК} + K_{Тр})}{100 T_{нт}} \quad (3.17)$$

где $C_{тр}$ – энергетический эквивалент энергетического средства, МДж/кг;

M_T – масса энергетического средства, кг;

3 Примеры топливно-энергетической оценки модернизированных средств механизации

K_T, K_{TK}, K_{Tp} – отчисления на реновацию, капитальный и текущий ремонт энергетического средства, %;

T_{HT} – годовая загрузка трактора, ч.

4. Удельная энергоёмкость сельскохозяйственной машины равна:

$$E_M = \frac{M_M \Pi_M (\Phi_M + \Phi_{MK})}{100 T_{HT}} \quad (3.18)$$

где Π_M – энергетический эквивалент сельскохозяйственной машины, МДж/кг;

M_M – масса сельскохозяйственной машины, кг;

Φ_M, Φ_{MK} – отчисления на реновацию, капитальный и текущий ремонт сельскохозяйственной машины, %;

T_{HT} – годовая загрузка сельскохозяйственной машины, ч;

5. Суммарная энергоёмкость энергетического средства и сельскохозяйственной машины в расчете на один гектар составит:

$$E_{TM} = \frac{E_T + E_M}{W_C} \quad (3.19)$$

6. Совокупные или полные энергозатраты равны:

$$E_{ТП} = E_{П} + E_{Ж} + E_{TM} \quad (3.20)$$

7. Экономия полных энергозатрат составит:

$$\Delta E_{ТП} = E_{ТНБ} - E_{ТПП} \quad (3.21)$$

где $E_{ТНБ}$ – совокупные энергозатраты новой машины, МДж/га;

$E_{ТПП}$ – совокупные энергозатраты базовой машины, МДж/га.

Исходные данные для расчета взяты из проведенных хронометражных наблюдений за работой машинно-тракторных агрегатов.

Для серийного трактора:

1) расход топлива – 1,9 кг/га;

2) производительность – 2,5 га/ч.

Для модернизированного трактора:

1) расход топлива – 1,6 кг/га;

2) производительность – 2,83 га/ч.

Проведем расчет эффективности использования на дисковании почвы серийного трактора класса 1,4 и опытного трактора с устройством для перераспределения сцепного веса.

Для серийного машинно-тракторного агрегата в составе трактора МТЗ-80 и бороны БДТ-3:

1. $E_{nc} = 1,9 \cdot (42,7 + 10) = 100,13$ МДж/га.

2. $E_{жс} = 1,26/2,5 = 0,504$ МДж/га.

3. $E_{тс} = \frac{3160 \cdot 86 \cdot (10+14,9)}{100 \cdot 1095} = 61,79$ МДж/га.

4. $E_{мс} = \frac{195 \cdot 1328 \cdot (14,2+7)}{100 \cdot 150} = 365,99$ МДж/га.

5. $E_{тмс} = \frac{61,79+365,99}{2,5} = 208,2$ МДж/га.

6. $E_{тпс} = 100,13 + 0,504 + 208,2 = 308,8$ МДж/га.

Для экспериментального машинно-тракторного агрегата:

1. $E_{нэ} = 1,6 \cdot (42,7 + 10) = 84,32$ МДж/га.

2. $E_{жэ} = 1,26/2,83 = 0,445$ МДж/га.

3. $E_{тэ} = \frac{3200 \cdot 86 \cdot (10+14,9)}{100 \cdot 1095} = 60,82$ МДж/га.

4. $E_{мэ} = \frac{195 \cdot 1328 \cdot (14,2+7)}{100 \cdot 150} = 365,99$ МДж/га.

5. $E_{тмэ} = \frac{60,82+365,99}{2,83} = 191,11$ МДж/га.

6. $E_{тпэ} = 84,32 + 0,445 + 191,11 = 275,875$ МДж/га.

Следовательно экономия полных энергозатрат составит 32,93 МДж/га.

Таким образом, приведенные расчеты показали, что использование трактора класса 1,4 с устройством для перераспределения веса машинно-тракторного агрегата при дисковании почвы позволяет снизить энергозатраты на 32,93 МДж/га по сравнению с серийным вариантом (табл. 3.3). Использование машинно-тракторного агрегата с устройством для перераспределения сцепного веса позволяет получить годовой экономический эффект на дисковании в перерасчете на рублевый эквивалент в размере 38,6 руб./га.

3 Примеры топливно-энергетической оценки модернизированных средств механизации

Данные таблицы 3.3 показывают, что *общая экономия полных энергозатрат при бороновании составила 32,93 МДж/га обрабатываемой площади. Таким образом, для крестьянских (фермерских) хозяйств с посевными площадями до 400 га общая экономия в рублевом эквиваленте при внедрении предложенных конструкций в принятую технологию растениеводства составит 16 966 руб. на используемую техническую единицу (в ценах дизельного топлива на февраль 2021 г.).*

Таблица 3.3 – Топливо-энергетическая оценка использования трактора класса 1,4 на дисковании почвы

В МДж/га

Показатели	Серийный агрегат	Предлагаемый агрегат
Прямые затраты энергии	100,13	84,32
Затраты живого труда	0,504	0,445
Суммарная энергоёмкость	208,2	191,1
Полные энергозатраты	308,8	275,9
Экономия полных энергозатрат	–	32,9

3.4 Топливо-энергетический анализ использования мобильных энергетических средств с прижимно-разгрузочным механизмом на полевых работах

Исходные данные для расчета взяты из проведенных хронометражных наблюдений за работой машинно-тракторного агрегата. Расчет эффективности выполнен по методике, предложенной в работе [3].

1. Прямые затраты энергии составят:

$$E_n = N_T(a_T + f_T) \quad (3.22)$$

где N_T – расход топлива, кг/га;

a_T – теплосодержание (энергосодержание) топлива, МДж/кг;

f_T – коэффициент, учитывающий дополнительные затраты энергии на производство топлива (энергетический эквивалент), МДж/кг.

2. Энергозатраты живого труда определяются по формуле (3.23):

$$E_{\text{ж}} = \frac{n_{\text{ч}} a_{\text{ж}}}{W_{\text{см}}} \quad (3.23)$$

где $n_{\text{ч}}$ – число основных трактористов, чел.;

$a_{\text{ж}}$ – энергетический эквивалент затрат живого труда, МДж/ч;

$W_{\text{см}}$ – производительность машинно-тракторного агрегата, га/ч.

3. Удельная энергоемкость трактора в расчете на один час его работы равна:

$$E_{\text{т}} = \frac{M_{\text{т}} C_{\text{тр}} (K_{\text{т}} + K_{\text{тк}} + K_{\text{тр}})}{100 T_{\text{нт}}} \quad (3.24)$$

где $C_{\text{тр}}$ – энергетический эквивалент энергетического средства, МДж/кг;

$M_{\text{т}}$ – масса энергетического средства, кг;

$K_{\text{т}}, K_{\text{тк}}, K_{\text{тр}}$ – отчисления на реновацию, капитальный и текущий ремонт энергетического средства, %;

$T_{\text{нт}}$ – годовая загрузка трактора, ч.

4. Удельная энергоемкость сельскохозяйственной машины равна:

$$E_{\text{м}} = \frac{M_{\text{м}} \Pi_{\text{м}} (\Phi_{\text{м}} + \Phi_{\text{мк}})}{100 T_{\text{нт}}} \quad (3.25)$$

где $\Pi_{\text{м}}$ – энергетический эквивалент сельскохозяйственной машины, МДж/кг;

$M_{\text{м}}$ – масса сельскохозяйственной машины, кг;

$\Phi_{\text{м}}, \Phi_{\text{мк}}$ – отчисления на реновацию, капитальный и текущий ремонт сельскохозяйственной машины, %;

$T_{\text{нт}}$ – годовая загрузка сельскохозяйственной машины, ч;

5. Суммарная энергоемкость энергетического средства и сельскохозяйственной машины в расчете на один гектар составит:

$$E_{\text{тм}} = \frac{E_{\text{т}} + E_{\text{м}}}{W_{\text{с}}} \quad (3.26)$$

6. Совокупные или полные энергозатраты равны:

$$E_{\text{тп}} = E_{\text{п}} + E_{\text{ж}} + E_{\text{тм}} \quad (3.27)$$

7. Экономия полных энергозатрат составит:

3 Примеры топливно-энергетической оценки модернизированных средств механизации

$$\Delta E_{\text{ТП}} = E_{\text{ТНб}} - E_{\text{ТПП}} \quad (3.28)$$

где $E_{\text{ТНб}}$ – совокупные энергозатраты новой машины, МДж/га;

$E_{\text{ТПП}}$ – совокупные энергозатраты базовой машины, МДж/га.

Расчет эффективности использования колесного трактора класса 1,4 с прижимно-разгрузочным механизмом проведен на примере боронования [5].

Исходные данные для расчета взяты из проведенных хронометражных наблюдений за работой машинно-тракторного агрегата.

Для серийного трактора:

- 1) расход топлива – 1,49 кг/га;
- 2) производительность – 6,49 га/ч.

Для модернизированного трактора:

- 1) расход топлива – 1,31 кг/га;
- 2) производительность – 7,03 га/ч.

Для серийного машинно-тракторного агрегата в составе колесного трактора 1,4 и бороны БЗСС-1.0 (15 шт.):

1. $E_{\text{нс}} = 1,49 \cdot (42,7 + 10) = 78,52$ МДж/га.
2. $E_{\text{жс}} = 1,26/6,49 = 0,19$ МДж/га.
3. $E_{\text{тс}} = \frac{3340 \cdot 120 \cdot (10 + 14,9)}{100 \cdot 650} = 153,53$ МДж/га.
4. $E_{\text{мс}} = \frac{107 \cdot 860 \cdot (14,2 + 7)}{100 \cdot 120} = 162,56$ МДж/га.
5. $E_{\text{тмс}} = \frac{153,53 + 162,56}{6,49} = 48,70$ МДж/га.
6. $E_{\text{тпс}} = 78,52 + 0,19 + 48,70 = 127,41$ МДж/га.

Для экспериментального машинно-тракторного агрегата:

1. $E_{\text{нэ}} = 1,31 \cdot (42,7 + 10) = 69,03$ МДж/га.
2. $E_{\text{жэ}} = 1,26/7,03 = 0,18$ МДж/га.
3. $E_{\text{тэ}} = \frac{3840 \cdot 120 \cdot (10 + 14,9)}{100 \cdot 650} = 176,52$ МДж/га.
4. $E_{\text{мэ}} = \frac{107 \cdot 860 \cdot (14,2 + 7)}{100 \cdot 120} = 162,56$ МДж/га.

$$5. E_{\text{ТМЭ}} = \frac{176,52+162,56}{7,03} = 48,23 \text{ МДж/га.}$$

$$6. E_{\text{ТПЭ}} = 69,03 + 0,18 + 48,23 = 117,44 \text{ МДж/га.}$$

Таким образом, экономия полных энергозатрат на бороновании от использования трактора с прижимно-разгрузочным механизмом, определяемая по формуле (3.28), составила:

$$127,41 - 117,44 = 9,97 \text{ МДж/га}$$

Следовательно, можно сделать вывод, что *общая экономия полных энергозатрат при бороновании достигает 59,27 МДж/га. Для крестьянских (фермерских) хозяйств с посевными площадями до 400 га общая экономия в рублевом эквиваленте соответствует 837 453 руб.*

3.5 Топливо-энергетический анализ использования трактора класса 1,4 с дополнительным мостом на сельскохозяйственных операциях

Исходные данные для расчета взяты из сравнительных хозяйственных испытаний, проведенных в реальных условиях эксплуатации.

1. *Прямые затраты энергии* составят:

$$E_n = N_T(a_T + f_T) \quad (3.29)$$

где N_T – расход топлива, кг/га;

a_T – теплосодержание (энергосодержание) топлива, МДж/кг;

f_T – коэффициент, учитывающий дополнительные затраты энергии на производство топлива (энергетический эквивалент), МДж/кг.

2. *Энергозатраты живого труда* определяются по формуле (3.30):

$$E_{\text{ж}} = \frac{n_{\text{ч}} a_{\text{ж}}}{W_{\text{см}}} \quad (3.30)$$

где $n_{\text{ч}}$ – число основных трактористов, чел.;

$a_{\text{ж}}$ – энергетический эквивалент затрат живого труда, МДж/ч;

$W_{\text{см}}$ – производительность машинно-тракторного агрегата, га/ч.

3. *Удельная энергоемкость трактора в расчете на один час его работы*

3 Примеры топливно-энергетической оценки модернизированных средств механизации

равна:

$$E_T = \frac{M_T C_{Тр} (K_T + K_{TK} + K_{Тр})}{100 T_{HT}} \quad (3.31)$$

где $C_{Тр}$ – энергетический эквивалент энергетического средства, МДж/кг;

M_T – масса энергетического средства, кг;

$K_T, K_{TK}, K_{Тр}$ – отчисления на реновацию, капитальный и текущий ремонт энергетического средства, %;

T_{HT} – годовая загрузка трактора, ч.

4. Удельная энергоёмкость сельскохозяйственной машины равна:

$$E_M = \frac{M_M \Pi_M (\Phi_M + \Phi_{MK})}{100 T_{HT}} \quad (3.32)$$

где Π_M – энергетический эквивалент сельскохозяйственной машины, МДж/кг;

M_M – масса сельскохозяйственной машины, кг;

Φ_M, Φ_{MK} – отчисления на реновацию, капитальный и текущий ремонт сельскохозяйственной машины, %;

T_{HT} – годовая загрузка сельскохозяйственной машины, ч;

5. Суммарная энергоёмкость энергетического средства и сельскохозяйственной машины в расчете на один гектар составит:

$$E_{TM} = \frac{E_T + E_M}{W_c} \quad (3.33)$$

6. Совокупные или полные энергозатраты равны:

$$E_{ТП} = E_{П} + E_{Ж} + E_{TM} \quad (3.34)$$

7. Экономия полных энергозатрат составит:

$$\Delta E_{ТП} = E_{ТНб} - E_{ТПп} \quad (3.35)$$

где $E_{ТНб}$ – совокупные энергозатраты новой машины, МДж/га;

$E_{ТПп}$ – совокупные энергозатраты базовой машины, МДж/га.

Расчет эффективности использования трактора МТЗ-80 с дополнительным мостом произведен на примере сельскохозяйственной операции – боронование [2, 6].

Исходные данные для расчета взяты из проведенных хронометражных

наблюдений за работой машинно-тракторного агрегата.

Для серийного трактора:

- 1) расход топлива – 1,58 кг/га;
- 2) производительность – 6,57 га/ч.

Для модернизированного трактора:

- 1) расход топлива – 1,38 кг/га;
- 2) производительность – 8,14 га/ч.

Для серийного машинно-тракторного агрегата в составе трактора МТЗ-80 и бороны БЗСС-1.0:

1. $E_{nc} = 1,58 \cdot (42,7 + 10) = 83,27$ МДж/га.
2. $E_{жс} = 1,26/6,57 = 0,19$ МДж/га.
3. $E_{тс} = \frac{3160 \cdot 120 \cdot (10,0 + 14,9)}{100 \cdot 1095} = 86,23$ МДж/га.
4. $E_{мс} = \frac{107 \cdot 969 \cdot (14,2 + 7)}{100 \cdot 160} = 137,38$ МДж/га.
5. $E_{тмс} = \frac{86,23 + 137,38}{7,03} = 34,04$ МДж/га.
6. $E_{тпс} = 83,27 + 0,19 + 34,04 = 117,50$ МДж/га.

Для экспериментального машинно-тракторного агрегата:

1. $E_{нэ} = 1,38 \cdot (42,7 + 10) = 72,73$ МДж/га.
2. $E_{жэ} = 1,26/8,14 = 0,15$ МДж/га.
3. $E_{тэ} = \frac{3360 \cdot 120 \cdot (10 + 14,9)}{100 \cdot 1314} = 76,41$ МДж/га.
4. $E_{мэ} = \frac{107 \cdot 969 \cdot (14,2 + 7)}{100 \cdot 160} = 137,38$ МДж/га.
5. $E_{тмэ} = \frac{76,41 + 137,38}{8,14} = 26,26$ МДж/га.
6. $E_{тпэ} = 72,73 + 0,15 + 26,26 = 99,14$ МДж/га.

Экономия полных энергозатрат при бороновании от использования трактора с дополнительным мостом составит 18,36 МДж/га (117,5 – 99,14).

Расчет эффективности использования трактора МТЗ-80 с дополнитель-

3 Примеры топливно-энергетической оценки модернизированных средств механизации

ным мостом произведен на примере сельскохозяйственной операции – прикатывание.

Исходные данные для расчета взяты из проведенных хронометражных наблюдений за работой машинно-тракторного агрегата.

Для серийного трактора:

- 1) расход топлива – 1,75 кг/га;
- 2) производительность – 4,7 га/ч.

Для модернизированного трактора:

- 1) расход топлива – 1,56 кг/га;
- 2) производительность – 5,94 га/ч.

Для серийного машинно-тракторного агрегата в составе трактора МТЗ-80 и ЗКШШ-6:

1. $E_{nc} = 1,75 \cdot (42,7 + 10) = 92,23$ МДж/га.
2. $E_{жс} = 1,26/4,7 = 0,27$ МДж/га.
3. $E_{тс} = \frac{3160 \cdot 120 \cdot (10,0 + 14,9)}{100 \cdot 1095} = 86,23$ МДж/га.
4. $E_{мс} = \frac{107 \cdot 969 \cdot (14,2 + 7)}{100 \cdot 160} = 137,38$ МДж/га.
5. $E_{тмс} = \frac{86,23 + 137,38}{4,7} = 47,58$ МДж/га.
6. $E_{тпс} = 92,23 + 0,27 + 47,58 = 140,08$ МДж/га.

Для экспериментального машинно-тракторного агрегата:

1. $E_{нэ} = 1,56 \cdot (42,7 + 10) = 82,21$ МДж/га.
2. $E_{жэ} = 1,26/5,94 = 0,21$ МДж/га.
3. $E_{тэ} = \frac{3360 \cdot 120 \cdot (10 + 14,9)}{100 \cdot 1314} = 76,41$ МДж/га.
4. $E_{мэ} = \frac{107 \cdot 969 \cdot (14,2 + 7)}{100 \cdot 160} = 137,38$ МДж/га.
5. $E_{тмэ} = \frac{76,41 + 137,38}{5,94} = 35,99$ МДж/га.
6. $E_{тпэ} = 82,21 + 0,21 + 35,99 = 118,41$ МДж/га.

Экономия полных энергозатрат при прикатывании от использования трактора с дополнительным ведущим мостом составит 21,41 МДж/га (140,08 – 118,41).

Аналогичным образом сделан расчет и при других сельскохозяйственных операциях. Расчет эффективности использования трактора МТЗ-80 с дополнительным мостом выполнен на примере культивации.

Исходные данные для расчета взяты из проведенных хронометражных наблюдений за работой машинно-тракторного агрегата.

Для серийного трактора:

- 1) расход топлива – 4,56 кг/га;
- 2) производительность – 1,8 га/ч.

Для модернизированного трактора:

- 1) расход топлива – 4,21 кг/га;
- 2) производительность – 2,29 га/ч.

Для серийного машинно-тракторного агрегата в составе трактора МТЗ-80 и культиватора КПС-4:

1. $E_{нс} = 4,56 \cdot (42,7 + 10) = 240,3$ МДж/га.
2. $E_{жс} = 1,26/1,8 = 0,7$ МДж/га.
3. $E_{тс} = \frac{3160 \cdot 120 \cdot (10,0 + 14,9)}{100 \cdot 1095} = 86,23$ МДж/га.
4. $E_{мс} = \frac{107 \cdot 969 \cdot (14,2 + 7)}{100 \cdot 160} = 137,38$ МДж/га.
5. $E_{тмс} = \frac{86,23 + 137,38}{1,8} = 124,2$ МДж/га.
6. $E_{тпс} = 240,3 + 0,7 + 124,2 = 364,9$ МДж/га.

Для экспериментального машинно-тракторного агрегата:

1. $E_{нэ} = 4,21 \cdot (42,7 + 10) = 221,87$ МДж/га.
2. $E_{жэ} = 1,26/2,29 = 0,55$ МДж/га.
3. $E_{тэ} = \frac{3360 \cdot 120 \cdot (10 + 14,9)}{100 \cdot 1314} = 76,41$ МДж/га.

3 Примеры топливно-энергетической оценки
модернизированных средств механизации

$$4. E_{\text{мэ}} = \frac{107 \cdot 969 \cdot (14,2 + 7)}{100 \cdot 160} = 137,38 \text{ МДж/га.}$$

$$5. E_{\text{тмэ}} = \frac{76,41 + 137,38}{2,29} = 93,37 \text{ МДж/га.}$$

$$6. E_{\text{тпэ}} = 221,87 + 0,55 + 93,37 = 315,79 \text{ МДж/га.}$$

Экономия полных энергозатрат при культивации от использования трактора с дополнительным ведущим мостом составит 49,11 МДж/га (364,9 – 315,79).

Полученные расчетные данные приведены в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Результаты сравнительных данных при расчете энергозатрат

В МДж/га

Показатели	МТЗ-80 и БЗСС-1,0		МТЗ-80 и ЗККШ-6		МТЗ-80 и КПС-4	
	серийный	экспериментальный	серийный	экспериментальный	серийный	экспериментальный
Прямые затраты	83,27	72,73	92,23	82,21	240,3	221,87
Затраты живого труда	0,19	0,15	0,27	0,21	0,7	0,55
Суммарная энергоёмкость машинно-тракторного агрегата	34,04	26,26	47,58	35,99	124,2	93,37
Совокупные энергозатраты	117,50	99,14	140,08	118,41	364,9	315,79
Экономия полных затрат	–	18,36	–	21,41	–	49,11

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вторников, А. С. Повышение эффективности использования колесных энергетических средств на транспортных работах в условиях Амурской области : дис. канд. техн. наук : 05.20.01 / Вторников А. С. ; Дальневосточный государственный аграрный университет. – Благовещенск, 2022. – 147 с.

2. Марков, С. Н. Повышение эффективности транспортно-технологического обеспечения уборочных работ : дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / Марков С. Н. ; Дальневосточный государственный аграрный университет. – Благовещенск, 2022. – 146 с.

3. Методика энергетического анализа технологических процессов в сельскохозяйственном производстве. – М. : Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, 1995. – 95 с.

4. Повышение продольно-поперечной устойчивости и снижение техногенного воздействия на почву колесных мобильных энергетических средств : монография / Е. Е. Кузнецов, С. В. Щитов, Е. С. Поликутина, О. А. Кузнецова. – Благовещенск : Дальневосточный государственный аграрный университет, 2020. – 148 с.

5. Поликутина, Е. С. Повышение эффективности использования и снижение техногенного воздействия на почву средств механизации на полевых и транспортных работах : дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / Поликутина Е. С. ; Дальневосточный государственный аграрный университет. – Благовещенск, 2018. – 133 с.

6. Худовец, В. И. Использование многоосных энергетических средств класса 1,4 : монография / В. И. Худовец, С. В. Щитов, Е. Е. Кузнецов. – Благовещенск : Дальневосточный государственный аграрный университет, 2013. – 153 с.

7. Щитов, С. В. Повышение эффективности использования мобильных энергетических средств в технологии возделывания сельскохозяйственных культур : монография / С. В. Щитов, Е. Е. Кузнецов. – Благовещенск : Дальневосточный государственный аграрный университет, 2017. – 272 с.

8. Экономико-математические методы и прикладные модели : учебное пособие / под ред. В. В. Федосеева. – М. : ЮНИТИ, 1999. – 391 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

**ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ЭКВИВАЛЕНТЫ
И СООТНОШЕНИЯ МЕЖДУ ЕДИНИЦАМИ ЭНЕРГИИ**

Таблица А.1 – Энергетические эквиваленты некоторых объектов

Показатель	Энергетический эквивалент	Энергосодержание продуктов
Дизельное топливо, МДж/кг	10	42,7
Бензин авиационный, МДж/кг	10,5	44,4
Бензин автомобильный, МДж/кг	10,5	43,9
Керосин тракторный, МДж/кг	10	43,9
Биогаз, МДж/кг		36,2
Электроэнергия, МДж/кВт·ч	8,7	–
Тепловая энергия, МДж/ккал	0,0055	–
Тракторы, самолеты, вертолеты, МДж/кг	120	–
Сельскохозяйственные машины, сцепки, МДж/кг	104	–
Продукция машиностроения, МДж/кг	144	–
Сталь (прокат), МДж/кг	45,5	–
Алюминий, МДж/кг	343	–
Медь, МДж/кг	83,7	–
Цемент, МДж/кг	7,0	–
Кирпич, МДж/кг	8,5	–
Бетонные конструкции, МДж/кг	8,3	–
Здания и сооружения, МДж/м ²	4 810	–
Производственные здания, МДж/м ²	5 025	–
Административные и культурно-бытовые здания, МДж/м ²	5 662	–
Подсобные помещения, МДж/м ²	4 180	–
Ограждения, МДж/м ²	383	–
Траншеи для хранения, МДж/м ² :		
силоса	177	–
сенажа	258	–
Затраты живого труда по категориям работ, МДж/чел-ч		
Очень легкая	0,6	–
Легкая (работа на сеялках)	0,9	–
Средняя	1,26	–
Тяжелая	1,89	–
Очень тяжелая	2,5	–
Удобрения, МДж/кг		
Органические	0,4	–

Практическое применение методов оптимизации энергетических затрат при использовании средств механизации в АПК

Продолжение таблицы А.1

Показатель	Энергетический эквивалент	Энергосодержание продуктов
Известковые материалы	3,8	–
Местные минеральные	2,9	–
Продукты, МДж/кг		
Картофель	8,0	3,0
Подсолнечник	5,0	15,0
Кукуруза на зерно	5,0	14,6
Пшеница	6,8	13,7
Сахарная свекла (корни)	18,4	2,5

Таблица А.2 – Энергетические эквиваленты ядохимикатов

Ядохимикаты	Содержание действующего вещества, %	Энергетический эквивалент, МДж	
		на 1 кг д. в.	на 1 кг физической массы
Гербициды			
2,4 ДА	40	264	105,6
Агелон	50	264	132,0
Алирокс	72	419,8	302,3
Вернан	84	419,8	352,7
Диален	40	264	105,6
Дуал	50	420	210,0
Зеанин (агразин)	50	264	132,0
Линурон	50	264	132,0
Лассо-атразин	48	420	201,5
Нитазин	70	254	184,8
Олеогезаприм-400	40	420	168,0
Прометрин	50	264	132,0
Примэкстра	50	420	210,0
Рзмрод (пропахлор)	65	264	171,6
Реглон	33	420	138,5
Сутан плюс	80	420	335,9
Сурпас	80	420	335,9
Симазин	50	264	132,0
Эптам 6Е	75	420	314,9
Эрадикан 6Е	80	420	335,9
Инсектициды			
Гранулы	–	–	363,7
Смешивающиеся масла	–	–	365,0
Смачивающийся порошок	–	–	253,2

Список рекомендуемой литературы

Продолжение таблицы А.2

Ядохимикаты	Содержание действующего вещества, %	Энергетический эквивалент, МДж	
		на 1 кг д. в.	на 1 кг физической массы
Гранулы дуста	–	–	216,6
Фунгициды			
Смачивающийся порошок	–	–	116,6
Смешивающиеся масла	–	–	272,6
Известь (гашеная)	–	–	11,6
Медный купорос	–	–	86,0

Соотношения между единицами энергии

$$1 \text{ ккал} = 427 \text{ кгм}$$

$$1 \text{ ккал} = 4,19 \text{ кДж}$$

$$1 \text{ кВт}\cdot\text{ч} = 3,6 \text{ МДж}$$

$$1 \text{ ккал} = 1,163 \text{ Вт}\cdot\text{ч}$$

$$1 \text{ МДж} = 0,034 \text{ кг у. т.}$$

$$1 \text{ кг у. т.} = 29,33 \text{ МДж}$$

$$1 \text{ кг у. т.} = 7\,000 \text{ ккал}$$

$$1 \text{ л. с. ч} = 2,65 \text{ МДж}$$

$$1 \text{ кВт}\cdot\text{ч} = 0,12 \text{ кг у. т.}$$

$$1 \text{ МДж} = 0,278 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$$

$$1 \text{ кг дизельного топлива} = 1,45 \text{ кг у. т.}$$

$$1 \text{ кг автобензина} = 1,52 \text{ кг у. т.}$$

Учебное издание

Щитов Сергей Васильевич, доктор технических наук, профессор

Кривуца Зоя Федоровна, доктор технических наук, доцент

Кузнецов Евгений Евгеньевич, доктор технических наук, доцент

Поликутина Елена Сергеевна, кандидат технических наук

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ
ОПТИМИЗАЦИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЗАТРАТ
ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СРЕДСТВ МЕХАНИЗАЦИИ В АПК**

Учебное пособие

Подписано в печать 21.11.2022 г.

Формат 60x90/16. Уч.-изд. л – 2,25. Усл. печ. л. – 4,54.

Тираж по требованию. Заказ 51.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Дальневосточный государственный аграрный университет»

Отпечатано в отделе оперативной полиграфии
Дальневосточного государственного
аграрного университета
675005, г. Благовещенск, ул. Политехническая, 86

