Министерство сельского хозяйства и продовольствия

Республики Беларусь

Белорусский Государственный Аграрный

Технический Университет

Кафедра ЭОСХП

# Расчетно-пояснительная записка к

# КУРСОВОМУ ПРОЕКТУ

**по дисциплине «Электропривод»**

**на тему:**

## **«Электропривод автомобилеподъемника»**

Выполнил: студент 4 курса

14эн группы

Баярин Д.И.

### Руководитель: Гурин В.В.

Минск - 2009

**Аннотация**

Курсовая работа представлена расчетно-пояснительной запиской на 27 страницах машинописного текста, содержащей 10 таблиц и графической частью, включающей 12 листов формата А4.

В работе представлены:

описание работы технологической линии; технологические и кинематические схемы.

В процессе выполнения курсового проекта были произведены следующие расчеты: основные параметры передаточного устройства, приведенного момента энергетического машинного устройства и электромеханической постоянной времени переходных процессов; переходных режимов электропривода; расчеты по определению температуры электродвигателя;

Записка также содержит описание работы принципиальной электрической схемы силовых цепей и выбор коммутационной и защитной аппаратуры. В процессе выполнения курсового проекта была разработана схема управления и автоматизации.

Курсовой проект оформлен в соответствии с СТБ БГАТУ 1999г, был оформлен на текстовом редакторе MS Word XP, для расчетов была использована система электронных таблиц MS Excel XP. Для создания графической части проекта использовалась система автоматизированного проектирования типа AutoCAD 2004.

**Содержание**

Ведение

1 Проектирование электродвигательного устройства

2 Проектирование передаточного устройства

3 Переходные процессы в электроприводе

4 Заключение о правильности предварительного выбора электродвгателя по всем критериям

5 Разработка принципиальной электрической схемы управления ...

6 Разработка ящика управления электроприводом

7 Показатели разработанного электропривода

Литература

**Введение**

Автоматизация и электрификация сельскохозяйственного производства приводит к облегчению труда рабочих, и уничтожение существенного различия между умственным и физическим трудом, и дальнейшему повышению материального благосостояния народа.

Современный электропривод определяет собой уровень силовой электровооруженности, является главным средством автоматизации рабочих машин и механизации производственных процессов.

Рост электрификации и автоматизации, создание на этой базе более современных машин ведут к огромному повышению производительности труда.

Производство, переработка и хранение сельскохозяйственной продукции тесно связано с использованием электроприводов.

Преимущества электропривода состоит в том, что электрическая энергия легко передается на большие расстояния, обладает высокой экологической чистотой, что немаловажно в современных технологиях, а также может преобразовываться не только в механическую, но и в тепловую и в другие виды энергии, необходимые как в производстве, так и быту.

Электропривод отличается большим количеством конструктивных решений, функционального назначения, технических параметров и т.д.

Номенклатура электроприводов и область их применения растет. Растет количество электроэнергии, потребляемое электроприводами. Преимущества использования электропривода могут быть реализованы лишь при правильном его выборе.

**1 Проектирование электродвигательного устройства**

Технологическая характеристика рабочей машины

Назначение

Автомобильный подъемник предназначен для подъема автомобиля для выгрузки зерна в бункер зерноочистительного агрегата.

Технологическая схема

Графическая часть курсового проекта, лист 1.

Описание рабочих органов

Автомобилеподъемник поднимает платформу при включении электродвигателя масляного насоса в течении 30 секунд. Опускание платформы производится после отключения электродвигателя в течении 20 секунд. Подъемник рассчитан на нагрузку 30 автомашин в час.

Выбор или обоснование технологических параметров

Масляный насос типа Г 12-23

Q=0.0006 м3/с

H=620\*104 Па

n=950 об/мин



Определение мощности рабочей машины при номинальном режиме работы и при холостом ходе



где - КПД насоса, = 0,7. .0,85;



В итоге, имеем:

кВт;



Расчет и построение механической характеристики и нагрузочной диаграммы рабочей машины

Момент сопротивления машины при номинальной частоте вращения определяется по следующей формуле:

;



где, — мощность машины, Вт; — угловая частота вращения рабочих органов машины, рад/c.



Подставляя числовые значения в формулу получаем:

;



Для построения механической характеристики воспользуемся общей формулой:

;



где, - момент сопротивления механизма при любой частоте вращения, Н м; - начальный момент сопротивления. Нм: х — показатель степени, характеризующий изменение момента при изменении частоты:



Показатель степени х для насоса х = 0, следовательно:

Мс =Мсо +Мсн –Мсо =Мсн = 28 Н м;

Механическая характеристика ω=f(Мсо) будет иметь следующий вид (Графическая часть Л5).

Предварительное определение режима работы электропривода

Длительность работы масляного насоса и электродвигателя приводящего в движение насос задано по условию 30 секунд.

Время паузы примерно равно 10 минут .Делаем вывод, что режим работы двигателя кратковременный (S2).

Постановка задачи энерго- и ресурсосбережения, повышение надежности, производительности и т.д..

Экономия энергии достигается за счет своевременного включения и отключения привода масляного насоса.

Повышение надежности работы установки также достигается правильным выбором двигателя по климатическому исполнению и перегрузочной способности электродвигателя.

Обоснование выбора электродвигателя по роду тока, типу, модификации, по частоте вращения, по климатическому исполнению и категории размещения.

Наиболее надежными и применяемыми в сельском хозяйстве электродвигателями являются двигатели переменного тока. Исходя из этого, а также из нецелесообразности применения преобразователей переменного тока в постоянный, принимаем к установке трехфазный асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором питающийся от сети переменного тока 380/220 В. Серия электродвигателя АИР.

Поскольку электродвигатель и масляный насос находятся на открытом воздухе то принимаем исполнение двигателя IР 54 и категории размещения УХЛЗ.

Выбор электродвигателя по мощности с учетом режима работы.

Исходя из условий и требования технологического процесса, а также значения Рм выбираем асинхронный электродвигатель с частотой вращения 1000 об/мин. Тип АИР112МА6IР54.

Технические данные электродвигателя сводим в таблицу 1.2.

Таблица 1.2 Технические данные электродвигателя серии АИР112МА6.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| n,  об/мин | Pн,  кВт | η,  % | cosφ,  о.е. | Sн.  % | Sк.  % | kп | kmax | kmin | kI | J.  кг м2 |
| 1000 | 2,8 | 81 | 0,76 | 5 | 34 | 2,0 | 2,2 | 1,6 | 6,0 | 0,017 |

Определим постоянную времени нагрева:

,с



где С— теплоемкость ; m — масса двигателя, кг; А — теплоотдача, Вт/°С.



, Вт/0С



где τдоп— допустимое превышение температуры обмотки, 0С (80-100 0С); ΔРН—номинальные потери,кВт.

, кВт;



, кВт;



, Вт/0С;



, с;



Так как tР = 9,7 мин << 4Т = 68.5 мин, то делаем вывод, что режим работы двигателя кратковременный.

Исходя из проведенных расчетов, окончательно выбираем асинхронный электродвигатель с частотой вращения 1000 об/мин. Тип АИР71А4 IР54.

Таблица 1.2 Технические данные электродвигателя серии

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| n,  об/мин | Pн,  кВт | η,  % | cosφ,  о.е. | Sн.  % | m,  кг | kп | kmax | kmin | kI | J.  кг м2 |
| 1000 | 2,2 | 81 | 0,74 | 5,5 | 22,8 | 2,0 | 2,2 | 1,8 | 6 | 0, 013 |

Проверка выбранного электродвигателя по условиям пуска и перегрузочной способности.

Проверка электродвигателя на возможность пуска:

Угловая скорость двигателя:

, рад/с;



, об/мин;



, рад/с;



Номинальный момент двигателя:

Н.м;



Момент сопротивления насоса приведенный к валу двигателя:

Н.м;



Н.м;



Так как Мн = 22,2 Н.м > Мн.п =20,5 Н.м, пуск двигателя при максимальной нагрузке 2,7 кВт обеспечивается.

Проверка электродвигателя на перегрузочную способность:

кВт;



Pн=2,2 >Pпер=1,7 кВт;

Расчеты по определению температуры электродвигателя за цикл нагрузочной диаграммы.

Когда нагрузка меняется медленно (tц > 10мин) методы определения мощности по среднеквадратичной величине не точны. В этом случае надо определить повышение температуры электродвигателя над окружающей средой, пользуясь уравнением нагрева электродвигателя:

,



где τуст = ΔР/А -- установившееся превышение температуры электродвигателя; Т = С/А -- постоянная времени нагрева электродвигателя; t - время от начала участка; τнач - превышение температуры в начале участка; А -удельная теплоотдача электродвигателя:

0C;



Принимая, что в начале работы τнач=20 строим кривую нагрева электродвигателя. Расчеты сводим в таблицу 1.3.

Таблица 1.3 Зависимость температуры двигателя от времени и охлаждения.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| t, c | τнаг, 0С | τохл, 0С |
| 0 | 20,00 | 34,67 |
| 30 | 34,67 | 33,21 |
| 120 |  | 27,56 |
| 240 |  | 23,48 |
| 360 |  | 21,14 |
| 480 |  | 20 |
| 600 |  | 20 |

**2 Проектирование передаточного устройства**

Выбор и обоснование кинематической схемы электропривода.

Проанализировав условия работы электропривода, принимаем соединение вала двигателя и вала масляного насоса через муфту.

* 1. Обоснование и выбор монтажного исполнения двигателя.

Изучив машину, приходим к выводу что менее материало- и металлоемким будет конструкция машины при использовании электродвигателя на лапах, также при использовании такого двигателя его обслуживание будет более удобным по сравнению с другими типами двигателей.

* 1. Составление расчетной исходной и одномассовой приведенной схемы механической части электропривода.

Для составления расчетной исходной схемы определим момент инерции рабочего колеса.

, кг м2



Где m-масса рабочего колеса насоса,R-радиус рабочего колеса

, кг м2



Приведенный момент инерции

кг м2



**3 Переходные процессы в электроприводе**

Определение электромеханической постоянной времени при рабочем и критическом скольжениях.

Электромеханическая постоянная времени переходных процессов привода с асинхронным электродвигателем вычисляется по Формуле:

,



где ω0 - угловая скорость машинного устройства, ω0 = 99,75рад/с;

Sк = 12,1 % --критической скольжение электродвигателя (паспортные данные электродвигателя).

Критический моменты электродвигателя определяются по следующим формулам:

;



Мн =22,2 Н.м, пункт 1.8.

Имеем:

Мк =Н.м



Подставляя полученные значения получаем:

— электромеханической постоянной времени при номинальном скольжении:

с;



— электромеханической постоянной времени при критическом скольжении:

c.



Обоснование способа пуска и торможения электропривода.

Так как установленный двигатель имеет относительно не большую мощность и соответственно не большие пусковые токи, то примем прямой пуск двигателя. Торможение осуществляется без применения дополнительных устройств.

Определение времени пуска и торможения, максимального ускорения графоаналитическим методом.

Время пуска, tп определяется следующим образом:

,



где J - приведенный момент инерции; ωн- номинальная угловая скорость; Мп - вращающий момент электродвигателя при пуске; Мс - средний приведенный момент сопротивления рабочей машины при пуске;

Н.м;



Получаем:

с;



Время остановки, tТ определяется следующим образом:



В итоге имеем:

с.



Определение максимального ускорения графоаналитическим методом:

Построив механические характеристики двигателя и рабочей машины, строим кривую избыточного момента.

Механическую характеристику электродвигателя строим по пяти точкам и следующим величинам моментов и скоростей вращения. Результаты расчетов заносим в таблицу 3.1

Таблица 3.1 Построение механической характеристики

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Точка | Момент, Н.м | Скорость, рад/с |
| 1 | М1=0 | ω1= ω0=99,75 |
| 2 | М2= Мн=22,2 | ω2= ωн=98,9 |
| 3 | М3= Мк=48,8 | ω3= ωк=217,6 |
| 4 | М4= Мmin=35,5 | ω4= ωmin=14,96 |
| 5 | М5= Мп=44,4 | ω5= ωп=0 |

Кривую избыточного момента заменяют ступенчатым графиком. В пределах каждой ступени избыточный момент не меняется и время разгона на i-том участке ti будет равно:

,



Таким образом, для первого участка получаем:

с.



Аналогично рассчитываем для остальных участков. Результаты расчетов заносим в таблицу 3.2.

Таблица 3.2 Построение кривой разбега.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ω, рад/с | 45 | 65 | 120 |
| М, Н.м | 0,65 | 1,26 | 1,8 |
| Δt, с | 0,39 | 0,09 | 0,15 |

Расчеты по определению превышения температуры электродвигателя за время пуска.

Повышение температуры обмоток асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором во время пуска можно определить упрощенным методом, считая, что все потери идут на нагрев:

,



где ΔU - потери энергии во время пуска, Дж; C - теплоемкость обмоток.

;



Дж,



где с1 -удельная теплоемкость меди, с1 = 385Дж/кг-К; m - масса обмоток, примем m=2,5, кг.

Имеем:

0C.



**4 Заключение о правильности предварительного выбранного электродвигателя по всем критериям**

Заключение о правильности выбора электродвигателя делаем с учетом тепловых и механических переходных режимов, колебаний напряжений в сети. Выбранный двигатель был проверен:

— на нагрев.

0С;



— по условиям пуска,

Мн = 22,5 Н.м > Мн.п =20,5 Н.м,

— по перегрузочной способности,

кВт;



Pн=2,2 кВт > Pпер=1,7 кВт;

— перегрев обмоток за время пуска двигателя,

0C



Все условия удовлетворяют необходимым требованиям, следовательно, выбор электродвигателя осуществлен, верно.

**5 Разработка принципиальной электрической схемы управления**

Пояснения по составлению схемы.

Принципиальная схема должна обеспечивать защиту электродвигателя и кабелей от токов короткого замыкания и токов перегрузки, защиту от неполнофазных режимов работы.

Основным параметром защитно-коммутационной аппаратуры является электрический ток, пропорциональный нагрузке.

Для защиты электродвигателя от действия токов короткого замыкания и от перегрузки используем автоматический выключатель, тогда расчет параметров коммутационных аппаратов выполняется в следующей последовательности.

Находим расчетный ток электродвигателя (в нашем случае при полной загрузке он будет равен номинальному):



Имеем:

А



Далее находим максимальный ток электродвигателя (в нашем случае он равен пусковому):

,



Получаем:

А



В связи с новыми стандартами республики Беларусь на электроснабжение и электробезопасность зданий и сооружений требуется повсеместно применение защиты от токов КЗ и от чрезмерной утечки на землю.

Исходя из этих значений, выбираем автоматический выключатель АЕ2413-120 УЗ на номинальный ток 16 А с возможностью регулирования номинального тока теплового расцепителя, с уставкой по типу несимметричной утечки на землю 0,03 и 0,1

Тип магнитного пускателя и его номинальный ток выбираем исходя из условия:

А



Выбираем пускатель-- ПМ12-010211 УХЛЗ на ток 10А.

В качестве коммутационного аппарата выбираем рубильник по условию:

,



где Iрасч.общ. - расчетный ток на всю электрическую схему нашей установки, А.

Выбираем рубильник ВА51Г31-44000Р IP54 УХЛ на ток 100А.

Выбор аппаратов защиты электрических цепей и аппаратов защиты электродвигателя по критерию эффективности.

Критерий эффективности срабатывания защит рассчитывается по формуле:

,



где Рi — вероятность отказа установки по i-той причине,qki - вероятность срабатывания k-той защиты по i-той причине.

Таблица 5.2 Значения вероятностей срабатывания защит по различным причинам.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип аппарата защиты | Неполно-  фазного режима | Заторможенного ротора | Перегрузки | Увлажненная изоляция | Наруше-  ние охлаждения |
| Тепловое реле РТЛ | 0,6 | 0,45 | 0,75 | 0 | 0 |
| Автоматический выключатель с тепловым расце-пителем | 0.5 | 0.4 | 0,7 | 0 | 0 |
| УВТЗ-1М | 0,76 | 0,67 | 0,91 | 0 | 0,91 |
| УВТЗ-5М | 0,95 | 0,67 | 0,91 | 0 | 0,91 |
| ФУЗ-М | 0,95 | 0,85 | 0,66 | 0 | 0 |
| ЕЛ-8, ЕЛ-10ит.п. | 0,7 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| РУД-05, ЗОУП1-25 и т.п. | - | - | - | 0,95 | - |

Таблица 5.3 Результаты расчета критерия эффективности.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип аппарата защиты | Тепловое реле РТЛ | Автоматический выключатель с тепловым рас- целителем | УВТЗ-  1М | УВТЗ-  5М | ФУЗ-М | ЕЛ-8, ЕЛ-10 и т.п. | РУД-05, ЗОУП-25 и т.п. |
| Э | 0,435 | 0,392 | 0,753 | 0,784 | 0,8 | 0,22 | 0 |

Как показывает расчет, наиболее подходящей защитой является ФУЗ-М.

Выбор других элементов схемы.

Для ручного управления установкой выбираем кнопочные выключатели серии КМЕ предназначенных для вторичных цепей контакторов, электромагнитных пускателей и других аппаратов управления.

Кнопки имеют электрически не связанные замыкающие и размыкающие контакты с двойным разрывом. Номинальное напряжение - до 500 В, 50 и 60 Гц переменного и до 220 В постоянного тока. Номинальный ток контактов 10А.

В качестве сигнальной арматуры выбираем АЛСУ-12У2 на напряжение 220 В.

Описание работы схемы.

Управление автомобилеподъемником (см. графическую часть) может быть осуществлено в ручном режиме. Питание на схему управления подаётся автоматическим выключателем SF. Управление приводом насоса осуществляется с помощью кнопок SB1 («Стоп») и SB2 («Пуск»). Сигнализация работы привода осуществляется лампой HL1.

Принципиальная электрическая схема и схема соединений щита управления представлены в графической части.

Автоматический выключатель имеет как электромагнитный расцепитель так и тепловой и защищает как от короткого замыкания так и от перегрузки. ФУЗ-М защищает от многих аварийных режимов. Это осуществляется срабатыванием размыкающего контакта катушки КT в цепи управления электродвигателями.

Защита цепи управления осуществляется автоматическим выключателем SF.

**6 Разработка ящика управления электроприводом**

Пояснения о компоновке аппаратов в ящике управления.

Приборы и аппаратуру размещают как внутри, так и на лицевой панели щитов (или на стенке шкафного щита). Их группируют по объектам управления пли по управляемому параметру. В центре щита устанавливают приборы для управления наиболее важным параметром или приборы большего габарита.

На лицевой панели приборы и аппаратуру размещают так, чтобы расстояния от них до основания щита (или площадки обслуживания) находились в пределах:

— для регулирующих и регистрирующих приборов: 1000......1800 мм;

— для показывающих приборов и сигнальной арматуры: 800......2100 мм;

— для аппаратуры оперативного управления: 700......1600 мм;

— для мнемосхем: 1000......2100 мм.

Источники питания, аппаратура защиты и другие безшкальные приборы и устройства устанавливают с внутренней стороны щита на определенной высоте от его основания:

— источники питания, трансформаторы и стабилизаторы: 1700.....2000 мм;

— предохранители: 1000.....1700 мм;

— реле: 600.....1700мм;

— наборные рейки: не менее 200 мм.

Арматура для освещения щита с газоразрядными источниками света или светильниками типа бра устанавливается в его верхней части таким образом, чтобы хорошо освещалась лицевая панель.

При размещении средств контроля, сигнализации и управления в щитах и пультах, позволяет не только сконцентрировать средства автоматики, но и предохранить их от вредных механических, температурных и других воздействий.

Для определения размеров щитов и пультов необходимо:

1) уточнить вид и количество, размеры приборов устанавливаемых на щите(пульте), размеры приборов и средств автоматизации принимают по паспортным данным;

2) распределить приборы, аппараты по монтажным панелям щита(пульта) с учетом правил их расположения;

3) выбрать требуемые размеры щита и выбрать стандартный типоразмер щита.

Определение монтажных зон.

Таблица 6.1. Размеры элементов аппаратов.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Позицио  нное обозначение | | Наименование | Кол-  во,  шт. | Размеры  аппаратов, мм. | | | | Размеры  аппаратов с  учетом монтажных зон,  мм. | | | |
|
|
|
| 1 | Н | В | | L’ | | Н’ | В’ |
| QS | | Рубильник | 1 | 160 | 100 | 100 | | 210 | | 150 | 150 |
| QF | | Автоматический выключатель | 2 | 90 | 75 | 60 | | 280 | | 250 | 220 |
| КМ | | Магнитный пускатель | 2 | 70 | 70 | 90 | | 240 | | 240 | 280 |
| SB | Кнопка управления | | 3 | 75 | 75 | | 40 | | 375 | 375 | 270 |
| ХТ1 | Клемная колодка | | 1 | 100 | 35 | | 10 | | 150 | 85 | 60 |
| SА | Тумблер | | 1 | 15 | 35 | | 25 | | 65 | 85 | 75 |
| HL | Сигнальная арматура | | 3 | 20 | 20 | | 50 | | 210 | 210 | 300 |
| KT | Реле времени | | 1 | 130 | 130 | | 70 | | 180 | 180 | 120 |
| А1, А2 | ФУЗ-ЗМ | | 2 | 160 | 160 | | 100 | | 420 | 420 | 300 |

Выбор типа ящика управления.

Определяем ширину шкафа:

мм,



где L — ширина аппаратов, мм; а — расстояние между аппаратами, мм; l — расстояние от края шкафа, мм.

мм;



Высоту шкафа:

H=600мм;

Глубина шкафа:

B=250мм;

В связи с тем, что требуемые размеры, стандартных размеров шкафов отсутствуют, делаем заказ на изготовление шкафа управления с необходимыми нам размерами.

**7 Показатели разработанного электропривода**

Определение расчетных показателей надежности разработанного электропривода коэффициентным методом.

Для отдельных разработок требуется произвести экономическую оценку надежности технических средств. Решение этой проблемы является одной из важнейших задач народного хозяйства. Повышение надежности сокращает простои, упрощает организацию ремонта, сокращает потребность в запчастях и т.д., т.е. в конечном итоге приводит к экономическому эффекту.

Вычисляем параметры надежности:

1. Параметр потока отказов:

;



где λδ—интенсивность отказа базового элемента системы(λδ=0.03 10-6);

;



2. Наработка на отказ:

ч;



3. Среднее время восстановления системы:

ч;



1. Вероятность восстановления системы в заданное время:



где τ3 —минимальное время, заданное техническими условиями для восстановления системы, чтоб не нарушить ход технологического процесса, не было порчи продуктов и т.п.

;



5. Коэффициент готовности:

;



6.Показатель безопасности системы:



Как показал расчет, в связи с тем, что установка используется непродолжительно в течение дня, она имеет высокие показатели надежности.

Определение удельных показателей электропривода.

Определяем мощность потребляемую из сети:

кВт;



Определяем потребляемую установкой энергию за год (примем что привод работает 0,265 часа в сутки, 365 дней в году):

;



Определим удельную энергию машины:

;



Определение показателей, достигнутых по пункту 1.5

Потребляемая энергия из сети при ручном управлении:

;



Экономия электроэнергии в :



ΔW=Wруч.-Wавт.= 265-212,8 =52,2 кВт • ч.

Экономия электроэнергии в:



.



**Литература**

1 . А. П. Фоменков. Электропривод сельскохозяйственных машин, агрегатов и поточных линий.: М.:Колос, 1984.

2. А. Э. Кравчик, М. М. Шлаф и др. Справочник: Асинхронные двигатели серии 4А.

3. В. К. Гриб, С. С. Жук и др. Механизация животноводства. — Мн.: Ураджай, 1997.

4. Методические указания, по выполнению курсовой работы «Электропривод».

5. Электропривод. Методические указания, к практическим занятиям для студентов специальности С 03.02.01 . Часть 2.2.

6. Энергосбережение в электрооборудовании. Методические указания.

7. Автоматизация технологических процессов. Методические указания.

8. Электропривод. Методические указания к самостоятельной работе студентов специальности 74.06.05 «Энергетическое обеспечение сельскохозяйственного производства».