



Министерство сельского хозяйства  
Российской Федерации  
Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего  
профессионального образования  
«Самарская государственная  
сельскохозяйственная академия»  
Кафедра «Технический сервис»

# **ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ПРАКТИКА**

Методические указания

Кинель  
РИЦ СГСХА  
2015

УДК 681.3.06  
ББК 40.72р  
П-80

**П-80** Производственная практика : методические указания / сост. И. Ю. Галенко, И. Н. Гужин, Е. И. Артамонов, Д. С. Сазонов, М. П. Ерзамаев. – Кинель : РИЦ СГСХА, 2015. – 51 с.

Методические указания содержат цели и задачи, требования к содержанию отчетов по производственным практикам, организуемым кафедрой «Технический сервис», рекомендации по их выполнению и подготовке к защите. Учебное издание рекомендовано для студентов, обучающихся по направлению подготовки 110800.62 «Агроинженерия», для профилей подготовки «Технический сервис в АПК» и «Технические системы в агробизнесе».

© ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА, 2015  
© Галенко И. Ю., Гужин И. Н., Артамонов Е. И.,  
Сазонов Д. С., Ерзамаев М. П., 2015

## Оглавление

Предисловие.....	4
1 Общие требования к организации и оформлению отчетов по производственной практике.....	6
2 Производственная технологическая практика.....	12
2.1 Цель и задачи производственной технологической практики...	12
2.2 Организация производственной технологической практики...	14
2.3 Структура и содержание отчета по производственной технологической практике.....	15
3 Производственная эксплуатационная практика.....	18
3.1 Цель и задачи производственной эксплуатационной практики.	18
3.2 Организация производственной эксплуатационной практики...	20
3.3 Структура и содержание отчета по производственной эксплуатационной практике.....	22
4 Производственная практика на предприятиях технического сервиса.....	25
4.1 Цель и задачи производственной практики.....	25
4.2 Организация производственной практики на предприятиях технического сервиса.....	27
4.3 Структура и содержание отчета по производственной практике на предприятиях технического сервиса .....	29
5 Производственная преддипломная практика.....	33
5.1 Цель и задачи производственной преддипломной практики...	33
5.2 Организация производственной преддипломной практики....	35
5.3 Структура и содержание отчета по производственной преддипломной практике.....	37
6 Организация защиты отчетов по производственной практике. Критерии выставления оценки.....	40
Рекомендуемая литература.....	43
Приложения.....	45

## Предисловие

Производственная практика студентов ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА (Академии) является составной частью основной образовательной программы высшего профессионального образования и представляет собой одну из форм организации учебного процесса, заключающуюся в профессионально-практической подготовке студентов на базах практики. Основным принципом проведения производственной практики является интеграция теоретической и профессионально-практической, учебной и научно-исследовательской деятельности студентов.

Методические указания составлены в соответствии с программами производственных практик, организуемых кафедрами «Технический сервис». Целью издания является методическая помощь студентам при прохождении практик, подготовке и защите отчетов. Учебным планом подготовки бакалавров по направлению «Агроинженерия» предусмотрено прохождение студентами трех производственных практик.

Для профиля подготовки «Технический сервис в АПК» это производственная технологическая практика, производственная практика на предприятиях технического сервиса и производственная преддипломная практика. Руководство практиками осуществляет выпускающая кафедра «Технический сервис». Для профиля подготовки «Технические системы в агробизнесе» кафедра «Технический сервис» организует проведение производственной эксплуатационной практики. Цикл производственных практик начинается на третьем курсе и продолжается до четвертого курса, где студенты соответствующего профиля проходят практику на предприятиях технического сервиса или эксплуатационную практику. Завершает процесс обучения на четвертом курсе производственная преддипломная практика. Основной целью при практической подготовке является развитие системы компетенций и получение практических навыков по применению современных технологий эксплуатации, технического обслуживания, хранения, ремонта и восстановления машин и оборудования в АПК для обеспечения их постоянной работоспособности, а также анализ производственно-технологической деятельности предприятий (подразделений), направленный на закрепление и углубление теоретической подготовки обучающегося.

Преддипломная практика проводится для выполнения выпускной квалификационной работы (ВКР) и является обязательной. Она проводится после освоения студентом программ теоретического и практического обучения и предполагает сбор и проработку материалов, необходимых для написания ВКР по определенной теме.

Организация и проведение практик осуществляется на основании разработанных и утвержденных программ в соответствии с ежегодно утверждаемым учебным планом и графиком учебного процесса. Программы практик разрабатываются в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и требованиями СМК 04-58-2014, реализуемыми в Академии [10]. Организация практик на всех этапах в соответствии с установленными целями направлена на приобретение студентами опыта профессионально ориентированной деятельности в соответствии с требованиями к уровню подготовки выпускника.

Общими задачами, решаемыми при прохождении производственных практик являются:

- закрепление, углубление и расширение теоретических знаний, умений и навыков, полученных студентами в процессе теоретического обучения;

- осознание мотивов и ценностей в избранной профессии, изучение различных сторон профессиональной деятельности: гигиенической, технической, технологической, экономической, социальной, правовой и т.д.;

- ознакомление и усвоение методологии и технологии решения профессиональных задач (проблем); овладение профессионально-практическими умениями, производственными навыками и передовыми методами труда;

- ознакомление с деятельностью организаций, являющихся базами практик.

Базами практик являются: ФГБУ «Поволжская МИС», ООО «Волгаагротех», ремонтно-технические, сервисные и сельскохозяйственные предприятия региона, а также структурные подразделения Академии.

По результатам прохождения производственной практики студент представляет отчет и защищает его на оценку, которая приравнивается к оценкам по теоретическому обучению и учитывается при подведении итогов успеваемости студентов.

## **1 ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОРГАНИЗАЦИИ И ОФОРМЛЕНИЮ ОТЧЕТОВ ПО ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРАКТИКЕ**

Производственные практики осуществляются на основе договоров, в соответствии с которыми организации предоставляют места для ее прохождения в сроки, предусмотренные графиком учебного процесса. Регистрация договоров на проведение практики для студентов очной и заочной формы обучения осуществляется деканатами инженерного и заочного факультетов.

Для всех категорий студентов прохождение практик является обязательным.

Студенты, заключившие контракты с будущими работодателями, практику, как правило, проходят в этих организациях. При наличии вакантных должностей студенты могут зачисляться на них, если работа соответствует требованиям программы практики. Допускается проведение практики в составе специализированных сезонных или студенческих отрядов и в порядке индивидуальной подготовки у специалистов, имеющих соответствующую квалификацию. Студентам, имеющим стаж практической работы по профилю подготовки, по решению кафедры на основе промежуточной аттестации производственная практика может быть зачтена. На преддипломную практику они направляются в установленном порядке. Студенты заочной формы обучения, работающие по избранному в Академии направлению подготовки, все виды практик, за исключением преддипломной, организуют самостоятельно. Для остальных категорий студентов этих форм обучения (не работающих или работающих не по профилю подготовки) прохождение практики является обязательным на местах, определяемых выпускающей кафедрой по утвержденной программе [10].

Студенты, не выполнившие программу практики по уважительной причине, направляются на практику вторично, в свободное от учебы время. Студенты, не выполнившие программу практики без уважительных причин или получившие неудовлетворительную оценку, отчисляются из Академии как имеющие академическую задолженность в установленном порядке.

На студентов, принятых на предприятиях, в учреждениях или организациях на должности и проходящих практику,

распространяется Трудовой кодекс Российской Федерации, и они подлежат государственному социальному страхованию наравне со всеми работниками.

На студентов, не зачисленных на рабочие места, распространяются правила труда и режим рабочего дня, действующие на предприятии, в учреждении или организации.

Материальное обеспечение практики осуществляется в соответствии с действующим Положением [10].

Предприятия, учреждения или организации, являющиеся базами практики:

- создают необходимые условия для получения студентами в период прохождения практики профессионально-ориентированных знаний, умений и навыков;

- назначают руководителя практики в подразделениях;

- обеспечивают студентам условия безопасной работы, проводят обязательные инструктажи по охране труда и технике безопасности, в необходимых случаях проводят обучение студентов-практикантов безопасным методам работы;

- несут ответственность за несчастные случаи со студентами, проходящими практику на предприятии, в учреждении или организации;

- оказывают помощь в подборе материалов для курсовых проектов (работ) и выпускных квалификационных работ;

- дают оценку итогам практики студентов.

Несчастные случаи, происшедшие на предприятии со студентами во время прохождения практики, расследуют комиссии совместно с руководителем практики от Академии и учитывают на предприятии.

Предприятия могут налагать взыскания на студентов-практикантов, нарушающих правила внутреннего трудового распорядка, и сообщать об этом деканам факультетов и ректору Академии.

На предприятии назначается руководитель практики из числа квалифицированных специалистов.

В качестве ответственного руководителя практики от вуза назначается преподаватель кафедры «Технический сервис».

Руководитель практики обеспечивает:

- проведение всех организационных мероприятий перед выездом студентов на практику (проведение собраний; инструктаж

о порядке прохождения практики; инструктаж по охране труда и технике безопасности и т.д.);

- разрабатывает тематику индивидуальных заданий и оказывает методическую помощь студентам при выполнении ими индивидуальных заданий, а также в случае необходимости при сборе материалов к курсовому проекту (работе) или выпускной квалификационной работе;

- осуществляет контроль за соблюдением сроков практики и ее содержанием, за обеспечением предприятием нормальных условий труда и быта студентов, контролирует проведение со студентами обязательных инструктажей по охране труда и технике безопасности и совместно с руководителем практики от предприятия несет ответственность за соблюдением студентами правил техники безопасности;

- контролирует выполнение практикантами правил внутреннего трудового распорядка предприятия, учреждения или организации;

- рассматривает отчеты студентов по практике, дает отзывы об их работе и представляет заведующему кафедрой письменный отчет о проведении практики вместе с замечаниями и предложениями по совершенствованию профессионально-ориентированной подготовки студентов.

До направления на практику студент на организационном собрании проходит инструктаж по технике безопасности в соответствии с И 06-15-14 и получает у руководителя индивидуальное задание.

Студент при прохождении практики обязан:

- полностью выполнять задания, предусмотренные программой практики;

- подчиняться действующим на предприятии, в учреждении или организации правилам внутреннего трудового распорядка;

- изучить и строго соблюдать правила охраны труда, техники безопасности и производственной санитарии;

- участвовать в рационализаторской и изобретательской работе;

- нести ответственность за выполняемую работу и ее результаты наравне со штатными работниками;

- представить своевременно руководителю практики дневник, письменный отчет о выполнении всех заданий и защитить отчет по практике.

Продолжительность рабочего дня студентов при прохождении практики в организациях, учреждениях и на предприятиях составляет для студентов в возрасте от 16 до 18 лет не более 36 часов в неделю, в возрасте от 18 лет и старше не более 40 часов в неделю.

С момента зачисления студентов в период практики в качестве практикантов на рабочие места на них распространяются правила охраны труда и правила внутреннего распорядка, действующие на предприятиях, в учреждениях или организациях, с которыми они должны быть ознакомлены в установленном порядке.

При подведении итогов практики в качестве основной формы и вида отчетности устанавливается дневник практики и письменный отчет. Отчет должен содержать сведения о конкретно выполненной студентом работе в период практики [10].

До направления на практику студент и руководитель, с учетом специфики предприятия, формулируют индивидуальное задание. В задании отражены вопросы, подлежащие разработке в отчете. Консультирование по вопросам систематизации полученного материала осуществляет руководитель практики от Академии.

По окончании практики студент-практикант составляет письменный отчет и сдает его руководителю практики от Академии одновременно с дневником, подписанным непосредственным руководителем практики от предприятия и производственной характеристикой.

Отчет по производственной практике оформляется в виде записки на листах формата А4, сопровождаемой схемами, графиками, эскизами, фотографиями и приложениями.

При оформлении отчета следует придерживаться рекомендаций [3] и требований изложенных в настоящих методических указаниях. Для анализа производственных процессов, кроме рекомендуемых источников следует использовать материалы и нормативно-техническую документацию предприятия, а также специальную литературу по рассматриваемой тематике.

Пояснительная записка отчета по производственной практике имеет следующую структуру.

Титульный лист.  
Индивидуальное задание.  
Оглавление.  
Основная часть.  
Выводы и предложения.  
Список литературы и источников.  
Приложения.

*Титульный лист* оформляется по примеру, приведенному в приложении 2.

Производственная характеристика на студента, заверенная печатью предприятия, а также рабочий вариант дневника прохождения практики помещаются в приложения. В приложения помещаются также материалы справочного характера, таблицы, примеры производственных инструкций и документации, фотографии с мест практики и иные материалы, которые при включении в основную часть отчета загромождают текст.

В разделе «*Выводы и предложения*» приводятся основные результаты анализа, приведенного в отчете, в краткой форме отражается сущность выполненных разделов, их значение для производства и формулируются предложения.

*Список литературы и источников* содержит сведения об источниках, использованных при выполнении отчета. В *список* включаются только те источники, на которые имеются ссылки в пояснительной записке.

Отчет должен быть напечатан с применением печатающих устройств ПК в соответствии с требованиями ЕСКД. Текст отчета набирается в текстовом редакторе со следующими установками: размер бумаги – А4 (210×297); поля страницы (см) верхнее – 1,5, нижнее – 2, правое – 1, левое – 3; стиль – обычный; шрифт – Times New Roman, размер – 14; междустрочный интервал – полуторный; режим выравнивания – по ширине; расстановка переносов – автоматическая.

Каждый раздел отчета должен начинаться с нового листа, а подраздел – с новой строки. Название раздела необходимо располагать по центру строки без точки в конце, без подчеркивания и записывать в виде заголовков прописными буквами. Переносы в заголовках не допускаются. Заголовок отделяют от текста снизу пустой строкой.

Страницы отчета нумеруют арабскими цифрами, начиная с титульного листа до последнего листа записки. Рисунок или таблицу, расположенную на листе формата более А4, учитывают как одну страницу.

На титульном листе номер не ставят. Номер страницы представляют в нижней части листа по центру.

Иллюстрации обозначаются «Рис.» и нумеруются последовательно арабскими цифрами сквозной нумерацией. Подписи под иллюстрациями должны составляться так, чтобы их основное содержание было понято без чтения текста, в конце подписи точки не ставят. Шрифт подрисовочной надписи – 14, интервал – 1, выравнивание по центру без абзацного отступа.

Таблицы приводятся непосредственно после текста, в котором они упоминаются впервые или на следующей странице. Нумерация таблиц должна быть сквозной по всему тексту отчета. Порядковый номер таблицы проставляется в правом верхнем углу над ее названием после слова «Таблица». Название таблицы печатается в середине следующей строки (точка после названия таблицы не ставится). Шрифт внутри таблицы – 13, интервал одинарный. В отдельных случаях при большом объеме данных, приводимых в таблице, допускается 12 шрифт. Таблицы, имеющие много граф, печатаются в альбомной ориентации на отдельной странице.

Таблицы, имеющие количество строк больше, чем может поместиться на странице, переносятся на другую (другие) страницу, при этом в таблицу вводится дополнительная служебная строка с нумерацией граф, начиная с 1. На каждой следующей странице вместо шапки таблицы печатается строка с нумерацией граф, а перед ней в правом верхнем углу делается указание «Продолжение таблицы 1» или «Окончание таблицы 1», если она заканчивается.

Формулы в отчете (если их более одной) нумеруют арабскими цифрами в пределах раздела. Номер формулы состоит из номера раздела и порядкового номера формулы в разделе, разделенных точкой. Номер указывают с правой стороны листа на уровне формулы в круглых скобках. Формулы приводятся сначала в буквенном выражении, затем дается расшифровка входящих в них индексов, величин в той же последовательности, в которой они даны в формуле.

Список литературы и источников рекомендуется оформлять в соответствии с требованиями [3].

Сроки сдачи отчета устанавливаются в соответствии с графиком учебного процесса, но не позднее четвертой недели после начала занятий.

Отчет по практике защищается перед комиссией. Форма протокола защиты отчетов, принятая на кафедре, приведена в приложении 4. При оценке итогов работы студента принимается во внимание характеристика, данная ему руководителем практики от предприятия, учреждения или организации. По результатам защиты отчета руководитель практики выставляет студенту оценку.

Требования к основной части отчетов по видам практик, к организации их защиты и критерии выставления оценки приведены в настоящих методических указаниях.

## **2 ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПРАКТИКА**

### **2.1 Цель и задачи производственной технологической практики**

Целью производственной технологической практики является развитие системы знаний и получение практических навыков по применению современных технологий, средств производства сельскохозяйственной техники и изделий машиностроения, а также анализ деятельности предприятия, направленный на закрепление и углубление теоретической подготовки обучающегося.

Задачами практики являются:

- получение практических навыков по применению современных технологий, средств производства сельскохозяйственной техники и изделий машиностроения;
- ознакомление с основными показателями производственной деятельности предприятия (подразделения), организацией работ, охраной труда, вопросами экологической безопасности;
- изучение технологического оснащения предприятия, нормативно-технической и технологической документации на процессы изготовления сельскохозяйственной техники и изделий машиностроения;
- изучение технологических процессов и операций, методов контроля качества продукции, реализуемых на предприятии;

– изучение передовой научно-технической и производственной информации по современным технологиям изготовления деталей и сборки машин и технологического оборудования для агропромышленного комплекса.

В результате прохождения производственной технологической практики обучающийся должен приобрести и развить следующие практические навыки, умения, универсальные и профессиональные компетенции:

- готовность к кооперации с коллегами, работе в коллективе;
- способность обоснованно выбирать материал и назначать его обработку для получения свойств, обеспечивающих высокую надежность детали;

- владение способами анализа качества продукции, организации контроля качества и управления технологическими процессами;

- способность обеспечивать выполнение правил техники безопасности, производственной санитарии, пожарной безопасности и норм охраны труда и природы;

- готовность к использованию технических средств автоматики и систем автоматизации технологических процессов;

- способность использовать современные методы монтажа, наладки машин и установок, поддержания режимов работы электрифицированных и автоматизированных технологических процессов, непосредственно связанных с биологическими объектами;

- способность использовать технические средства для определения параметров технологических процессов и качества продукции;

- способность анализировать технологический процесс как объект контроля и управления;

- готовность систематизировать и обобщать информацию по формированию и использованию ресурсов предприятия;

- готовность изучать и использовать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследований;

- способность осуществлять сбор и анализ исходных данных для расчета и проектирования.

В результате прохождения практики студент должен:

- закрепить полученные теоретические знания при изучении ряда дисциплин по применению современных технологий, средств

производства сельскохозяйственной техники и изделий машиностроения в условиях производства;

- уметь осуществлять поиск технологической информации, систематизировать и обобщать сведения по использованию ресурсов предприятия для применения и внедрения современных технологий, средств производства сельскохозяйственной техники и изделий машиностроения;

- приобрести практические навыки по применению современных технологий, средств производства сельскохозяйственной техники и изделий машиностроения в условиях производства.

## **2.2 Организация производственной технологической практики**

Производственная технологическая практика входит в цикл Б.5 «Учебные и производственные практики» и проводится в конце шестого семестра в течение четырех недель по графику учебного процесса, в конце июня и июля месяцев. Общая трудоемкость практики составляет 6 зачетных единиц (216 часов).

Для прохождения производственной технологической практики студент должен знать:

- основы технологических процессов переработки металлов и сплавов в готовые изделия в условиях современного отечественного машиностроения;

- теоретические основы технологических закономерностей обработки типовых деталей машин, деталей сельскохозяйственных машин и орудий;

- технологические процессы сборки деталей, узлов, агрегатов типовых деталей машин, деталей сельскохозяйственных машин и орудий;

- основы проектирования технологических процессов механической обработки деталей и приспособлений;

- формы и виды технологической документации на изготовление и сборку с.-х. машин и орудий;

- требования техники безопасности при выполнении станочных и сборочных работ;

уметь:

- читать и заполнять технологическую документацию;

- выбирать необходимые измерительные инструменты для проведения замеров;

- выбирать необходимую технологическую оснастку и оборудование согласно технологического процесса;

- пользоваться справочной литературой при расчете или определении режимов обработки деталей машин.

Производственная технологическая практика студентов 3 курса проводится, как правило, на предприятиях, в организациях АПК, в которых осуществляется эксплуатация, техническое обслуживание, ремонт с.-х. техники, сборка, предпродажная подготовка, и заводах, имеющих отношение к сельскохозяйственному машиностроению или производству деталей, используемых в с.-х. производстве, К числу мест предпочтительных для проведения практики для формирования более глубоких профессиональных навыков у студентов относятся предприятия, осуществляющие производство сельскохозяйственной техники и с.-х. машин, и промышленные заводы, производящие детали широкой номенклатуры в массовом и серийном производстве, применяемые для изготовления с.-х. машин, а также крупные с.-х. предприятия, имеющие развитую ремонтно-обслуживающую базу.

### **2.3 Структура и содержание отчета по производственной технологической практике**

Отчет оформляется в виде записки объемом 20-25 страниц текста.

Примеры оформления титульного листа, бланка индивидуального задания приведены в приложениях 1,2.

В приложения помещаются материалы, сопровождающие раскрытие разделов основной части отчета (таблицы, технологические карты, фото).

Рекомендуется, чтобы основная часть отчета содержала следующие разделы.

1 Краткая характеристика предприятия (подразделения).

2 Анализ производственно-технологической базы предприятия (подразделения).

3 Производственно-технологические процессы, выполняемые при проведении работ (по индивидуальному заданию).

4 Требования безопасности при проведении работ (по индивидуальному заданию).

5 Работа, выполненная на практике (дневник прохождения практики).

*В первом разделе* должны быть отражены основные сведения о предприятии (подразделении) (название, дата и место образования, структура управления, виды выпускаемой продукции, услуги, географическое положение и т.д.) и производственно-технологических процессах, связанных с выпускаемой продукцией.

*Во втором разделе* анализируется производственно-технологическая база предприятия (подразделения). Приводится производственное оборудование, технологическая оснастка, задействованное в выпуске продукции или в других видах деятельности организации, а также производственные площади, склады сырья, готовой продукции.

*В третьем разделе* приводится анализ производственно-технологических процессов, осуществляемых на предприятии, связанных прямо с выпускаемой продукцией и сопутствующими технологическими процессами.

*В четвертом разделе* даются инструкции по технике безопасности при выполнении технологических процессов, связанных с производством продукции предприятия (подразделения) или общие требования БЖ в случае отсутствия их по каким-либо причинам в организации.

Для анализа производственных и технологических процессов, кроме рекомендуемых источников следует использовать материалы и нормативно-техническую документацию предприятия, а также специальную литературу по рассматриваемой тематике [8, 9].

*Пятый раздел* основной части заполняется по типовой форме из приложения 3. Содержание данной формы выписывается из дневника производственно-технологической практики, приложенному к отчету в виде тетради, заполненной в производственных условиях от руки, в период прохождения практики по аналогичной форме приложения 3 с печатью предприятия и росписью ответственного лица на предприятии, и раскрывается более широко по видам работ, с указанием на литературные источники, интернет ресурсы и использованием фото материалов практики.

*В разделе «Выводы и предложения»* приводятся основные результаты анализа, приведенного в отчете, и формулируются предложения по совершенствованию технологии (механической обработки, сборки с.-х. машин и орудий, технологии обслуживания, технологии производства продукции).

В тех случаях, когда специфика производства не позволяет применить предложенную структуру выполнения основной части отчета, допускается внесение изменения в порядок и ее содержание, что указывается руководителем в индивидуальном задании.

В отчете, наряду с фактическими данными, излагаются личные наблюдения, выводы, предложения, направленные на совершенствование технологических процессов, связанных с изготовлением или сборкой деталей машин.

*Примерный перечень контрольных вопросов  
для проведения аттестации по итогам  
производственно-технологической практики*

- Приведите общие сведения о предприятии, основные показатели работы предприятия за последние несколько лет.
- Приведите виды продукции, выпускаемой на предприятии, и перечень услуг, оказываемых предприятием, и дайте их характеристику.
- Перечислите технологические процессы, связанные с производством продукции на предприятии, в т.ч. процессы изготовления и сборки деталей машин.
- Назовите оборудование, связанное с технологическим процессом производства продукции. Перечислите технологическую оснастку для оборудования.
- Перечислите и дайте характеристику видам технологической документации, применяемой в технологическом процессе производства продукции на предприятии.
- Дайте характеристику производственных помещений и площадок предприятия (план мастерской с размещением оборудования и т.п.). Дайте анализ обеспеченности площадями и оборудованием.
- Структура управления штатными сотрудниками предприятия, обеспеченность кадрами. Какие требования предъявляются к персоналу?
- Опишите состояние экологической безопасности и охраны труда на предприятии. Приведите основные показатели (при наличии).
- Расскажите об этапах и содержании работ, выполненных в период прохождения производственной технологической практики.

- Какие практические навыки и умения вы приобрели при прохождении производственной практики?
- Сформулируйте выводы и предложения по результатам прохождения практики (предложения должны содержать конкретные задачи, направленные на совершенствование технологических процессов, связанных с изготовлением и сборкой деталей машин).

Сроки сдачи отчета – в течение четырех недель после начала занятий в седьмом семестре.

### **3 ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ ПРАКТИКА**

#### **3.1 Цель и задачи производственной эксплуатационной практики**

Целью производственной эксплуатационной практики является развитие системы компетенций и получение практических навыков по решению инженерных задач в современном с.-х. производстве, планированию производства, организации и эффективному использованию машин и МТП в целом, а так же организации и выполнению технического обслуживания и технической диагностики машин.

Задачами практики являются:

- углубление и закрепление теоретических знаний по дисциплинам «Эксплуатация машинно-тракторного парка» и «Технологии механизированных работ и проектирование МТП» путем непосредственного участия в работе сельскохозяйственного предприятия;

- приобретение необходимых навыков и углубление знаний в области планирования, оперативного руководства, учета и анализа эффективности использования техники в современном сельскохозяйственном производстве;

- приобретение практических навыков по организации и технологии выполнения механизированных сельскохозяйственных работ в растениеводстве и животноводстве;

- изучение технологических процессов технического обслуживания и диагностирования тракторного и автомобильного парков, машин и оборудования, а так же изучение опыта организации инженерно-технической службы на предприятии АПК;

- приобретение практических навыков и опыта по руководству и организации труда механизаторов в современном сельскохозяйственном предприятии;

- освоение передового опыта, развитие инициативы и творческого подхода к решению инженерно-технических задач в сельскохозяйственном производстве.

В результате прохождения производственной эксплуатационной практики обучающийся должен приобрести и развить следующие практические навыки, умения, универсальные и профессиональные компетенции:

- владение культурой мышления, способностью к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей её достижения;

- готовность к кооперации с коллегами, работе в коллективе;

- способность обоснованно выбирать материал и назначать его обработку для получения свойств, обеспечивающих высокую надежность детали;

- владение способами анализа качества продукции, организации контроля качества и управления технологическими процессами;

- способность использовать информационные технологии и базы данных в агроинженерии;

- готовность к профессиональной эксплуатации машин и технологического оборудования для производства, хранения и первичной переработки сельскохозяйственной продукции;

- способность использовать типовые технологии технического обслуживания, ремонта и восстановления изношенных деталей машин и электрооборудования;

- способность использовать современные методы монтажа, наладки машин и установок, поддержания режимов работы электрифицированных и автоматизированных технологических процессов, непосредственно связанных с биологическими объектами;

- способность использовать технические средства для определения параметров технологических процессов и качества продукции;

- способность организовывать работу исполнителей, находить и принимать решения в области организации и нормирования труда;

- способность анализировать технологический процесс как объект контроля и управления;

- способность проводить стоимостную оценку основных производственных ресурсов и применять элементы экономического анализа в практической деятельности;

- готовность систематизировать и обобщать информацию по формированию и использованию ресурсов предприятия;

- готовность изучать и использовать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследований;

- готовность к участию в проведении исследований рабочих и технологических процессов машин;

- способность осуществлять сбор и анализ исходных данных для расчета и проектирования;

- готовность к участию в проектировании технических средств и технологических процессов производства, систем электрификации и автоматизации сельскохозяйственных объектов.

В результате прохождения практики студент должен:

- закрепить полученные теоретические знания по изучению дисциплин «Эксплуатация машинно-тракторного парка» и «Технология механизированных работ и проектирование МТП», а также приобрести практические навыки по эффективному использованию машин и МТП в целом;

- приобрести способность в организации работы при выполнении механизированных полевых работ и проведении технического обслуживания техники;

- уметь выполнять основные операции технического обслуживания и диагностики тракторов, автомобилей и с.-х. машин.

### **3.2 Организация производственной эксплуатационной практики**

Производственная эксплуатационная практика (Б.5.4) входит в цикл «Учебные и производственные практики» (Б.5) и проводится в конце восьмого семестра. Общая трудоемкость производственной эксплуатационной практики составляет 6 зачетных единиц, 216 часов.

Основой для прохождения практики является изучение дисциплин «Эксплуатационные материалы», «Сельскохозяйственные машины», «Тракторы и автомобили», «Безопасная эксплуатация тракторов и с.-х. техники», «Эксплуатация машинно-тракторного парка», «Технологии механизированных работ и проектирование

МТП» и прохождение «Учебной практики по управлению с.-х. техники»

Для прохождения эксплуатационной производственной практики студент должен знать:

- теоретические основы расчета состава МТА и производительности МТА;

- операционные технологии выполнения полевых механизированных работ основных с.-х. культур;

- методы расчета состава МТП и анализ показателей его использования;

- организационные основы планирования и организации ТО и диагностирования машин;

- основные принципы организации инженерно-технической службы по использованию МТП;

уметь:

- комплектовать МТА;

- составлять календарный план механизированных работ и графики загрузки МТП;

- составлять операционно-технологические карты ТО;

- выполнять операции по ТО и диагностированию основных узлов и систем тракторов и машин;

владеть:

- навыками определения эксплуатационных затрат и затраты труда.

Производственная эксплуатационная практика проводится на успешно работающих предприятиях агропромышленного комплекса, имеющих развитую материально-техническую базу по техническому обслуживанию и ремонту машин и способных обеспечить выполнение ее программы (в товариществах, акционерных обществах, фермерских крестьянских хозяйствах, учебных и опытных хозяйствах, подсобных хозяйствах предприятий, на сельскохозяйственных предприятиях, машинно-технологических станциях, предприятиях технического сервиса, автотранспортных предприятиях).

Во время прохождения практики студент должен подчиняться правилам внутреннего распорядка предприятия.

В соответствии с поставленными задачами студент, выполняя на предприятии производственные обязанности, детально знако-

мится в соответствующих подразделениях и на производственных участках с их работой и собирает статистическую информацию:

- по основной производственной деятельности предприятия;
- по имеющемуся МТП предприятия и показателям его использования;
- по вопросам технического обслуживания, диагностики, хранения и ремонта МТП;
- по охране труда, технике безопасности и вопросам экологии на предприятии;
- по вопросам, отражающим индивидуальную специфику предполагаемой темы выпускной квалификационной работы.

При прохождении практики следует внимательно прислушиваться к советам инженерно-технических работников и опытных механизаторов. Взаимный обмен знаниями и умениями, деловое обсуждение и консультации специалистов должны быть использованы при решении возникающих в процессе практики вопросов.

### **3.3 Структура и содержание отчета по производственной эксплуатационной практике**

К моменту окончания практики студент на основании собранных исходных данных составляет отчет, в котором инженерно грамотно излагает свои мысли и соображения о деятельности предприятия и дает предложения по улучшению его работы.

Состав основной части отчета должен включать следующие разделы:

- 1 Общие сведения о хозяйстве и его основных производственных показателях.
- 2 Анализ работы инженерно-технической службы предприятия.
- 3 Операционно-технологическая карта (в соответствии с заданием руководителя).
- 4 Требования безопасности при проведении работ (по индивидуальному заданию).
- 5 Работа, выполненная на практике (дневник прохождения практики).

Выполняя *раздел «Общие сведения о хозяйстве и его основных производственных показателях»*, студент приводит месторасположение, производственное направление, природно-климатические условия, землепользование, структуру посевных

площадей предприятия. Анализируются производственные показатели предприятия.

Дается описание организационной структуры предприятия, оценка кадрового состава: руководитель предприятия, главные специалисты. Приводятся сведения о численности рабочих.

Приводится состав машинно-тракторного парка и даётся общая оценка машинно-тракторного парка, его состояние и анализируются его показатели.

*Во втором разделе «Анализ работы инженерно-технической службы предприятия»,* в зависимости от предполагаемой темы выпускной квалификационной работы и по согласованию с руководителем, студентом проводится анализ: принятой на предприятии системы технического обслуживания МТП и ее организации; технологий возделываний основных с.-х. культур и организация полевых с.-х. работ; системы обслуживания оборудования нефтесклада и организация снабжения хозяйства нефтепродуктами.

При анализе принятой на предприятии системы технического обслуживания МТП и ее организации необходимо дать сведения о центральном инженерном комплексе, ремонтной мастерской, пункте технического обслуживания, центральном машинном дворе, гаражах, а так же о имеющемся оборудовании для выполнения технического обслуживания и ремонта МТП. По возможности необходимо представить план-схему ремонтной мастерской или пункта технического обслуживания.

При анализе технологий возделываний основных с.-х. культур и организации полевых с.-х. работ проводится оценка принятой в предприятии технологии и комплекса машин для ее выполнения. По возможности необходимо представить технологию возделывания одной из основных культур предприятия в виде технологической карты, которая помещается в приложения к отчету.

При анализе системы обслуживания оборудования нефтесклада и организации снабжения хозяйства нефтепродуктами необходимо дать сведения об оборудовании нефтехозяйства и его состоянии, расходе нефтепродуктов за отчетные годы, обеспечении нефтепродуктами. По возможности необходимо представить план-схему нефтесклада предприятия.

*В третьем разделе «Операционно-технологическая карта»* с учетом планируемой темы выпускной квалификационной работы

и по согласованию с руководителем студентом приводится операционно-технологическая карта на выполнение определенного вида ТО какой-либо марки автомобиля, трактора или с.-х. машины предприятия, операционно-технологическая карта на выполнение полевой технологической операции основной с.-х. культуры предприятия, либо операционно-технологическая карта на обслуживание оборудования нефтесклада предприятия.

*В четвертом разделе* даются инструкции по технике безопасности при выполнении технологических процессов связанных с производством продукции предприятия (подразделения) или общие требования БЖ в случае отсутствия их по каким либо причинам в организации.

*Пятый раздел* основной части заполняется по типовой форме из приложения (3) данных методических указаний. Содержание данной формы выписывается из дневника эксплуатационной практики (прикладывается к отчету в виде тетради, заполненной в производственных условиях, в период прохождения практики по примерной форме приложения 3 с печатью предприятия и росписью ответственного лица на предприятии) и раскрывается более широко, по видам работ, с указанием на литературные источники, интернет ресурсы с использованием фото материалов практики.

Окончательно структура отчета указывается руководителем практики в индивидуальном задании.

Объем отчета 20-25 страниц текста, без приложений.

*Примерный перечень контрольных вопросов  
для проведения аттестации по итогам  
производственной эксплуатационной практики*

- Дайте общую характеристику предприятия. Приведите основные показатели работы предприятия за последние несколько лет.
- Какова оснащенность предприятия оборудованием для проведения ТО и ремонта машин?
- Дайте характеристику составу МТП предприятия.
- Приведите основные показатели работы МТП предприятия.
- Охарактеризуйте состояние производственных помещений предприятия (ремонтная мастерская, пункт ТО, пост ТО).
- Охарактеризуйте организацию ТО и ремонта МТП предприятия.

- Охарактеризуйте существующие технологии возделывания основных с.-х. культур предприятия.
- Дайте характеристику нефтехозяйства и его оборудования. Как происходит оценка качества приобретаемых нефтепродуктов в предприятии?
- Как происходит снабжение предприятия запасными частями и топливо-смазочными материалами?
- Как осуществляется оплата труда на предприятии?
- Назначение операционно-технологической карты.
- Какие основные звенья включает в себя инженерно-техническая служба предприятия?
- Какие практические навыки и умения вы приобрели при прохождении производственной практики?
- Выводы и предложения по улучшению деятельности инженерно-технической службы и предприятия в целом.

## **4 ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ПРАКТИКА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА**

### **4.1 Цель и задачи производственной практики**

Производственная практика на предприятиях технического сервиса базируется на содержании дисциплин вариативной части профессионального цикла «Технология технического сервиса»: («Диагностика и техническое обслуживание машин», «Технология ремонта машин»), «Организация ремонта технических средств в АПК», «Проектирование предприятий технического сервиса» и основных положениях дисциплин базовой части, а также является логическим продолжением производственной технологической практики.

Целью производственной практики на предприятиях технического сервиса является развитие системы компетенций и получение практических навыков по применению современных технологий технического обслуживания, хранения, ремонта и восстановления для обеспечения постоянной работоспособности машин и оборудования, а также анализ деятельности предприятия (подразделения) технического сервиса, направленный на закрепление и углубление теоретической подготовки обучающегося.

Задачами практики являются:

- получение практических навыков по применению современных технологий технического сервиса для обеспечения постоянной работоспособности машин и оборудования;

- получение практических навыков по осуществлению производственного контроля параметров технологических процессов и оказываемых услуг технического сервиса;

- ознакомление с основными показателями производственной деятельности предприятия (подразделения) технического сервиса, организацией работ, охраной труда, вопросами экологической безопасности;

- изучение технологического оснащения предприятия, нормативно-технической документации в сфере обслуживания, ремонта машин и технологического оборудования в агропромышленном комплексе и восстановления изношенных деталей;

- изучение технологических процессов и операций, методов контроля качества продукции и оказываемых услуг технического сервиса, реализуемых на предприятии;

- изучение передовой научно-технической и производственной информации по современным методам восстановления деталей, технологиям обслуживания, ремонта машин, механизмов и технологического оборудования в агропромышленном комплексе.

В результате прохождения производственной практики на предприятиях технического сервиса обучающийся должен приобрести и развить следующие практические навыки, умения, универсальные и профессиональные компетенции:

- готовность к кооперации с коллегами, работе в коллективе;

- способность использовать информационные технологии и базы данных в агроинженерии;

- способность использовать типовые технологии технического обслуживания, ремонта и восстановления изношенных деталей машин и электрооборудования;

- способность использовать современные методы монтажа, наладки машин и установок, поддержания режимов работы электрифицированных и автоматизированных технологических процессов, непосредственно связанных с биологическими объектами;

- способность использовать технические средства для определения параметров технологических процессов и качества продукции;

- способность организовывать работу исполнителей, находить и принимать решения в области организации и нормирования труда;
- способность анализировать технологический процесс как объект контроля и управления;
- способность проводить стоимостную оценку основных производственных ресурсов и применять элементы экономического анализа в практической деятельности;
- готовность систематизировать и обобщать информацию по формированию и использованию ресурсов предприятия;
- готовность изучать и использовать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследований;
- готовность к участию в проведении исследований рабочих и технологических процессов машин;
- способность осуществлять сбор и анализ исходных данных для расчета и проектирования;
- готовность к участию в проектировании технических средств и технологических процессов производства, систем электрификации и автоматизации сельскохозяйственных объектов.

В результате прохождения практики студент должен:

- приобрести практические навыки по применению отдельных технологий технического сервиса, по сбору и анализу фактического материала, работе со справочной и нормативно-технической документацией, для ее анализа при решении профессиональных задач в сфере оказания услуг технического сервиса;
- уметь систематизировать и обобщать информацию по формированию и использованию ресурсов предприятия технического сервиса.

#### **4.2 Организация производственной практики на предприятиях технического сервиса**

Производственная практика на предприятиях технического сервиса входит в цикл Б.5 «Учебные и производственные практики» и проводится в конце восьмого семестра в течение четырех недель по графику учебного процесса, в конце марта и апреле-месяце. Общая трудоемкость практики составляет 6 зачетных единиц (216 часов).

Для прохождения производственной практики на предприятиях технического сервиса студент должен знать:

- теоретические основы технического сервиса, содержание производственного процесса и основных технологических операций диагностики, обслуживания и ремонта машин и технологического оборудования, классификацию и технологические особенности применяемых способов ремонта и восстановления;

- основные средства технологического оснащения предприятий и подразделений технического сервиса;

- характерные дефекты деталей, методы их контроля, содержания технологических процессов ремонта и восстановления типовых дефектов деталей;

- организационные основы технического обслуживания и ремонта машин и оборудования, материально-технического снабжения;

- общие положения по расчету и размещению объектов ремонтно-обслуживающей базы АПК;

- основы проектирования предприятий технического сервиса;  
уметь:

- анализировать и давать характеристику отдельным процессам технического сервиса, способам ремонта и восстановления, обосновывать выбор рационального способа для восстановления дефектов детали;

- выполнять технико-экономическую оценку инженерных решений по организации технического обслуживания и ремонта в с.-х. производстве;

- выполнять отдельные операции технического обслуживания, хранения, ремонта и восстановления деталей машин и технологического оборудования;

- быть готовым к производственно-практической деятельности по применению отдельных технологий технического сервиса и самостоятельной работе со справочной и нормативно-технической документацией, для ее анализа для решения профессиональных задач в сфере оказания услуг технического сервиса.

Практика проводится на предприятиях (подразделениях) технического сервиса или организациях АПК, в которых осуществляется техническое обслуживание и ремонт техники и технологического оборудования. Предпочтительные места проведения практик – специализированные предприятия (подразделения) по оказанию услуг технического сервиса технических средств, эксплуатируемых в агропромышленном комплексе, ремонтные заводы,

специализированные ремонтные предприятия, а также с.-х. предприятия, имеющие развитую ремонтную базу, машиноиспытательные и машинно-технологические станции, научно-исследовательские и проектные институты, связанные с разработкой вопросов организации и технологии обслуживания и ремонта машинно-тракторного парка, его материально-технического обеспечения.

В соответствии с поставленными задачами студент, выполняя на предприятии производственные обязанности, детально знакомится в соответствующих подразделениях и на производственных участках с их работой и собирает статистическую информацию:

- по состоянию производственной базы предприятия, технологическим процессам, технологическому оборудованию, конструкторской и технологической документации;
- по процессам и услугам технического сервиса, реализуемым на предприятии (в подразделении);
- по охране труда, технике безопасности в отделе охраны труда и техники безопасности;
- по вопросам, отражающим индивидуальную специфику предполагаемой темы выпускной квалификационной работы.

При этом следует обращать особое внимание на используемую на предприятии нормативно-техническую и технологическую документацию и сведения об этом отразить в отчете.

По результатам производственной практики на предприятиях технического сервиса студент представляет отчет и характеристику с места практики, заверенную печатью предприятия, а также дневник прохождения практики.

### **4.3 Структура и содержание отчета по производственной практике на предприятиях технического сервиса**

Отчет оформляется в виде краткой пояснительной записки на 20-25 страниц текста, в которой предоставляется информация о собранных материалах в соответствии с заданием и сведения о выполненной работе в период производственной практики на предприятиях технического сервиса, материалы справочного характера, а также заверенные на предприятии дневник прохождения практики и характеристику на студента.

При оформлении отчета по производственной практике на предприятиях технического сервиса следует придерживаться

требований [3] и настоящих рекомендаций. Для анализа производственных процессов, кроме рекомендуемых источников [1, 2, 4, 5, 6] следует использовать материалы и нормативно-техническую документацию предприятия, доступные электронные ресурсы [7] и др., а также специальную литературу по рассматриваемой тематике.

Титульный лист отчета оформляется по примеру, приведенному в приложении 2, форма индивидуального задания приведена в приложении 1.

Примерное содержание основной части отчета по производственной практике на предприятиях технического сервиса может быть представлено в следующем виде.

1 Краткая характеристика предприятия (подразделения технического сервиса).

2 Анализ ремонтной базы предприятия (подразделения технического сервиса).

3 Производственно-технологические процессы, выполняемые при проведении работ (по индивидуальному заданию).

4 Требования безопасности при проведении работ (по индивидуальному заданию).

5 Работа, выполненная на практике (дневник прохождения практики).

Следует отметить, что рабочий дневник прохождения практики, а также производственная характеристика на студента, заверенные печатью предприятия, помещаются в приложения. В *пятом разделе* студент, используя данные дневника, приводит развернутое описание работы, выполненной на практике, дополняя его ссылками на источники, используемые при ознакомлении с рабочими процессами, фактическими данными, личными наблюдениями, фотографиями и т.п.. Вариант (пример) подобного описания приведен в приложении 3.

«*Выводах и предложениях*» по результатам производственной практики на предприятиях технического сервиса приводятся основные результаты анализа, приведенного в отчете, в краткой форме отражается сущность выполненных разделов, их значение для производства и формулируются предложения по совершенствованию технологии и организации оказания услуг технического сервиса на предприятии (в подразделении).

В список литературы и источников следует обязательно включать нормативно-техническую документацию (отчеты предприятия, руководства по эксплуатации и ремонту обслуживаемой техники и т.п.), которая использовалась при выполнении рабочих процессов и подготовке отчета.

В случае прохождения студентом производственной практики на выпускающей кафедре и выполнения НИР с последующим включением результатов в ВКР содержание основной части отчета формулируется в соответствии с программой исследований. Структура отчета предполагает анализ сведений по предприятиям или объектам технического сервиса, анализ процессов, элементы теоретического обоснования, методику и результаты проводимых исследований (при наличии). В основной части отчета приводятся сведения из предметной области исследования, связанной с совершенствованием технологии и средств технического сервиса в АПК.

Конкретное содержание разделов отчета указывается руководителем в индивидуальном задании с учетом специфики предприятия, направлений исследований выпускающей кафедры и планируемой темы ВКР.

В отчете, наряду с фактическими данными, излагаются личные наблюдения, выводы, предложения, направленные на совершенствование технологических процессов, связанных с поддержанием и восстановлением работоспособности машин и оборудования.

Отчет представляется руководителю практики, который организует защиту в комиссии, созданной на кафедре.

*Примерный перечень контрольных вопросов  
для проведения аттестации по итогам практики  
на предприятиях технического сервиса*

- Дайте общую характеристику предприятия технического сервиса. Приведите основные показатели работы предприятия за последние несколько лет.
- Приведите перечень услуг, оказываемых предприятием и дайте их характеристику.
- Какие существуют перспективы развития предприятия и сферы услуг технического сервиса?

- Какова технологическая оснащенность предприятия (подразделения) технического сервиса?
- Состав и состояние парка предприятия по маркам машин (при наличии).
- Охарактеризуйте производственные помещения и площадки предприятия (план мастерской с размещением оборудования и т.п.). Дайте анализ обеспеченности площадями и оборудованием.
- Охарактеризуйте штат предприятия, обеспеченность кадрами. Какие требования предъявляются к персоналу?
- Какие технологические процессы ремонта и восстановления реализуются на предприятии?
- Дайте характеристику используемой нормативно-технической и технологической документации.
- Как производится расчет себестоимости ремонта (услуг) на примере основных марок (узлов, агрегатов)? Как производится расчет за услуги, выполняемые для сторонних организаций и населения? Как осуществляется оплата труда на предприятии?
- Охарактеризуйте состояние экологической безопасности и охраны труда на предприятии. Приведите основные показатели (при наличии).
- Доложите о этапах и содержании работ, выполненных в период прохождения производственной практики.
- Какие практические навыки и умения вы приобрели при прохождении производственной практики?
- Сформулируйте собственные выводы и предложения по результатам прохождения практики (предложения должны содержать конкретные задачи, направленные на развитие технического сервиса).

По результатам защиты отчета в комиссии руководитель выставляет студенту оценку. Итоги практики, по результатам защиты отчета, оцениваются по 5-ти бальной системе и заносятся в зачетную книжку.

На основании сведений, изложенных в отчете, возможна корректировка предполагаемой темы выпускной квалификационной работы бакалавра и содержания индивидуального задания, выдаваемого на последующую производственную преддипломную практику.

## **5 ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ПРЕДДИПЛОМНАЯ ПРАКТИКА**

### **5.1 Цель и задачи производственной преддипломной практики**

Целью преддипломной практики студентов, обучающихся по профилю «Технический сервис в АПК» является анализ сведений из предметной области исследования, связанной с совершенствованием технологии и средств технического сервиса в АПК, деятельности предприятия (подразделения) технического сервиса, направленный на закрепление и углубление теоретической подготовки обучающегося, развитие системы компетенций и обоснование актуальности темы выпускной квалификационной работы.

Задачами практики являются:

- изучение передовой научно-технической и производственной информации по современным методам восстановления деталей и технологиям обслуживания, ремонта машин, механизмов и технологического оборудования в агропромышленном комплексе;

- изучение современных технологий технического обслуживания, хранения, ремонта и восстановления деталей для обеспечения постоянной работоспособности машин и оборудования;

- изучение методов производственного контроля параметров технологических процессов, контроля качества продукции и оказываемых услуг технического сервиса;

- ознакомление с основными показателями производственной деятельности предприятия (подразделения) технического сервиса за последний период, организацией, охраной труда, вопросами экологической безопасности;

- изучение технологического оснащения предприятия, нормативно-технической документации в сфере обслуживания, ремонта машин и технологического оборудования в агропромышленном комплексе и восстановления изношенных деталей;

- изучение потенциальных объемов производства (оказания услуг), обоснование перспективных направлений технического сервиса, программ производства и разработок для проектирования технологических процессов обслуживания и ремонта сельскохозяйственной техники на основе современных методов и средств при выполнении выпускной квалификационной работы.

В результате прохождения производственной преддипломной практики обучающийся должен приобрести и развить следующие

практические навыки, умения, универсальные и профессиональные компетенции:

- готовность к кооперации с коллегами, работе в коллективе;
- владение основными методами организации защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий;
- способность использовать информационные технологии и базы данных в агроинженерии;
- способность анализировать технологический процесс как объект контроля и управления;
- способность проводить стоимостную оценку основных производственных ресурсов и применять элементы экономического анализа в практической деятельности;
- готовность систематизировать и обобщать информацию по формированию и использованию ресурсов предприятия;
- готовность изучать и использовать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследований;
- готовность к участию в проведении исследований рабочих и технологических процессов машин;
- готовность к обработке результатов экспериментальных исследований;
- способность осуществлять сбор и анализ исходных данных для расчета и проектирования;
- готовность к участию в проектировании технических средств и технологических процессов производства, систем электрификации и автоматизации сельскохозяйственных объектов;
- способность использовать информационные технологии при проектировании машин и организации их работы;
- готовность к участию в проектировании новой техники и технологии.

В результате прохождения практики студент должен:

- приобрести *практические навыки* по сбору и анализу исходных данных для расчета и проектирования отдельных процессов обслуживания, ремонта и восстановления изношенных деталей, машин и технологического оборудования, участков и подразделений по оказанию услуг технического сервиса;

- *уметь* систематизировать и обобщать информацию по формированию и использованию ресурсов предприятия (подразделения) технического сервиса.

## **5.2 Организация производственной преддипломной практики**

Производственная преддипломная практика входит в цикл «Учебные и производственные практики» (Б.5) и проводится в соответствии с графиком учебного процесса в конце восьмого семестра в течение 2 недель (апрель-май месяцы). Общая трудоемкость производственной преддипломной практики составляет 2 зачетных единицы, 72 часа.

Производственная преддипломная практика базируется на содержании дисциплин вариативной части профессионального цикла «Технология технического сервиса» («Диагностика и техническое обслуживание машин», «Технология ремонта машин»), «Организация ремонта технических средств в АПК», «Проектирование предприятий технического сервиса» и основных положениях дисциплин базовой части, а также является логическим продолжением производственной практики на предприятии технического сервиса.

Для прохождения производственной преддипломной практики студент должен знать:

- теоретические основы технического сервиса, содержание производственного процесса и основных технологических операций диагностики, обслуживания и ремонта машин и технологического оборудования, классификацию и технологические особенности применяемых способов ремонта и восстановления;

- основные средства технологического оснащения предприятий и подразделений технического сервиса;

- характерные дефекты деталей, методы их контроля, содержания технологических процессов ремонта и восстановления типовых дефектов деталей;

- организационные основы технического обслуживания и ремонта машин и оборудования, материально-технического снабжения;

- общие положения по расчету и размещению объектов ремонтно-обслуживающей базы АПК;

- основы проектирования предприятий технического сервиса;

уметь:

- анализировать и давать характеристику отдельным процессам технического сервиса, способам ремонта и восстановления, обосновывать выбор рационального способа для восстановления дефектов детали;

- выполнять технико-экономическую оценку инженерных решений по организации технического обслуживания и ремонта в с.-х. производстве.

Студент должен быть готовым к самостоятельной работе со справочной и нормативно-технической документацией, к ее анализу для решения профессиональных задач по разработке и проектированию отдельных процессов обслуживания, ремонта и восстановления изношенных деталей, машин и технологического оборудования, проектированию участков и подразделений по оказанию услуг технического сервиса, а также к проведению исследований в области совершенствования технологий и средств технического сервиса.

В соответствии с планируемой тематикой и задачами дипломного проектирования студент детально знакомится в соответствующих подразделениях или на производственных участках с их работой и собирает и дополняет статистическую информацию:

- по производственно-финансовой деятельности за последний период (два-три года);

- по состоянию производственной базы предприятия, технологическим процессам, технологическому оборудованию, конструкторской и технологической документации;

- по охране труда, технике безопасности;

- по вопросам, отражающим индивидуальную специфику указанной темы выпускной квалификационной работы.

Предпочтительные места проведения практик – специализированные предприятия (подразделения) по оказанию услуг технического сервиса технических средств, эксплуатируемых в агропромышленном комплексе, ремонтные заводы, специализированные ремонтные предприятия, а также с.-х. предприятия, имеющие развитую ремонтную базу, машиноиспытательные и машинно-технологические станции, научно-исследовательские и проектные институты, связанные с разработкой вопросов организации и технологии обслуживания и ремонта машинно-тракторного парка, его материально-технического обеспечения.

В течение преддипломной практики студенты работают индивидуально, в соответствии с заданием: изучая и анализируя сведения по технологическим процессам, по стоимостным показателям основных производственных ресурсов, по исходным данным для расчета и проектирования, систематизируют и обобщают информацию по формированию и использованию ресурсов предприятия, изучают и используют научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследований, а также работают непосредственно с главными специалистами предприятия (подразделения) в качестве практиканта, принимая участие в обработке результатов экспериментальных исследований, проведении исследований рабочих и технологических процессов машин, в проектировании технических средств и технологических процессов производства, новой техники и технологии. При этом студент использует информационные технологии и базы данных в агроинженерии.

Прохождение преддипломной практики предшествует итоговой государственной аттестации и выполнению выпускной квалификационной работы бакалавра.

В качестве ответственного руководителя практики от Академии назначается руководитель ВКР. Общее руководство практикой осуществляет заведующий кафедрой.

### **5.3 Структура и содержание отчета по производственной преддипломной практике**

Отчет о прохождении практики оформляется в виде пояснительной записки объемом 15-20 страниц текста и приложений.

Общая структура отчета соответствует общим требованиям и предполагает наличие титульного листа, индивидуального задания, оглавления, основной части, выводов и предложений, списка литературы и источников. Рабочий дневник прохождения практики и характеристику на студента, заверенные по месту прохождения практики, помещают в приложения.

Содержание основной части отчета формулирует руководитель ВКР в индивидуальном задании в соответствии с планируемой тематикой дипломного проектирования. Содержание основной части отчета по производственной преддипломной практике должно включать не менее трех разделов.

*В основной части* отчета предоставляется информация о собранных материалах по формированию и использованию ресурсов предприятия, по стоимостным показателям его основных производственных ресурсов, по исходным данным для расчета и проектирования по тематике исследований, по методике и результатам исследований (при наличии), по основным направлениям совершенствования технологических процессов, средств технологического оснащения, охраны труда и окружающей среды, которые найдут отражение в выпускной квалификационной работе.

По результатам прохождения практики и анализа собранных данных, в отчете необходимо выполнить обоснование выпускной квалификационной работы, в котором показать актуальность и элементы технико-экономической эффективности организационных, технологических и конструкторских решений, подлежащих разработке в ВКР.

В случае прохождения студентом производственной преддипломной практики на выпускающей кафедре и выполнения НИР с последующим включением результатов в ВКР содержание основной части отчета формулируется в соответствии с программой исследований. *В основной части* отчета приводятся сведения из предметной области исследования, связанной с совершенствованием технологии и средств технического сервиса в АПК и элементы технико-экономического обоснования тематики исследования.

На основании проделанной работы в разделе *«Выводы и предложения»* в качестве предложений формулируются цель и предварительные задачи для дипломного проектирования.

При выполнении отчета, кроме рекомендуемых источников следует использовать материалы и нормативно-техническую документацию предприятий, доступные электронные ресурсы, а также специальную литературу по тематике исследований.

Отчет представляется на проверку руководителю дипломного проектирования, который организует защиту в комиссии, созданной на кафедре.

Защита отчета в комиссии проводится по графику до начала итоговой государственной аттестации (работы ГЭК). Студенты, не защитившие отчеты по производственной преддипломной практике, до сдачи Государственного экзамена не допускаются, в связи с чем следует своевременно представить отчет на проверку

руководителю ВКР – не позднее чем за день до установленной даты защиты.

*Примерный перечень контрольных вопросов  
для проведения аттестации*

*по итогам производственной преддипломной практики*

- Назовите планируемую тему выпускной квалификационной работы и задачи, решаемые при прохождении практики.
- Доложите о этапах и содержании работ, выполненных в период прохождения производственной преддипломной практики.
- Дайте общую характеристику предприятия (места) прохождения преддипломной практики. Приведите основные показатели работы за последние несколько лет. Приведите перечень услуг оказываемых предприятием, и дайте их характеристику. Какова технологическая оснащенность предприятия (подразделения) технического сервиса? Приведите состав и состояние парка предприятия по маркам машин (при наличии). Охарактеризуйте производственные помещения и площадки предприятия (план мастерской, участков с размещением оборудования и т.п.). Охарактеризуйте штат предприятия, обеспеченность кадрами. Какие требования предъявляются к персоналу? Дайте характеристику используемой нормативно-технической и технологической документации. Охарактеризуйте состояние экологической безопасности и охраны труда на предприятии. Приведите основные показатели (при наличии).
- Какие методы стоимостной оценки основных производственных ресурсов и элементы экономического анализа вы использовали в практической деятельности?
- Какие существуют перспективы развития предприятий и сферы услуг технического сервиса?
- Изложите сущность производственных проблем, стоящих перед предприятием. В чем заключается актуальность производственной заявки на выполнение дипломного проекта (работы) (при наличии)?
- Какие процессы технического сервиса вы анализировали? В чем особенности вашей работы?

- Изложите программу и методику исследований. Каким образом осуществляли сбор и обработку экспериментальных данных (при наличии)?
- Дайте характеристику лабораторному оборудованию, применяемому в исследованиях, а также для контроля качества основных производственных процессов (при наличии).
- Какие источники и базы данных в агроинженерии вы использовали?
- Изложите выводы и предложения по результатам прохождения производственной преддипломной практики (предложения должны содержать цель и предварительные задачи для дипломного проектирования).
- Обоснуйте актуальность предлагаемой темы дипломного проектирования. Дайте технико-экономическое обоснование предлагаемой тематике.

По результатам защиты отчета в комиссии оценку студенту выставляет руководитель дипломного проектирования. Итоги производственной преддипломной практики оцениваются по 5-ти бальной шкале и заносятся в зачетную книжку.

На основании сведений, изложенных в отчете, возможна корректировка темы выпускной квалификационной работы, которая окончательно утверждается на заседании кафедры.

## **6 ОРГАНИЗАЦИЯ ЗАЩИТЫ ОТЧЕТОВ ПО ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРАКТИКЕ. КРИТЕРИИ ВЫСТАВЛЕНИЯ ОЦЕНКИ**

Оформленный отчет по производственной практике сдается на проверку, после исправления ошибок и недочетов студент в обязательном порядке защищает отчет перед комиссией из трех квалифицированных преподавателей. Защита проводится по графику, в специально отведенное время. Организует защиту руководитель практики от Академии.

Защита проводится в виде доклада студента по основным разделам отчета (до 8 мин) и ответов на вопросы членов комиссии и присутствующих (до 10 мин). Защита может проводиться с применением оргтехники.

Студент (по согласованию с руководителем) может представить презентацию по материалам отчета в виде слайдов.

Подготовка к защите сводится к написанию тезисов доклада и оформлению иллюстративных материалов (презентации). Для иллюстрации доклада студентом могут быть использованы графические материалы отчета, фотографии с места прохождения практики, а также специально подготовленные плакаты или слайды. При подготовке доклада и презентации следует придерживаться общих требований, принятых в Академии.

Рекомендуется следующая последовательность изложения: сведения о месте прохождения практики; постановка задач и проблемы; анализ состояния анализируемых вопросов; работа, выполненная на практике, выводы и предложения.

Членам комиссии рекомендуется оценивать отчеты по производственной практике по следующим критериям:

- соответствие содержания и задания на практику;
- полнота раскрытия и уровень выполнения представленных вопросов;
- достоверность представленных материалов;
- практическая ценность представленных материалов отчета и возможность их дальнейшего использования;
- применение информационных технологий при анализе;
- качество оформления и соответствие требованиям;
- качество доклада;
- правильность и полнота ответов на вопросы;
- наличие и содержание производственной характеристики организации.

Оценку *«отлично»* рекомендуется выставлять, если разделы отчета разработаны грамотно и обоснованы представленными материалами. Содержание отчета отличается новизной и оригинальностью, пояснительная записка выполнена качественно. Студент сделал логический доклад, раскрыл особенности, проявил большую эрудицию, аргументировано ответил на 90-100% вопросов, заданных членами комиссии.

Оценка *«хорошо»* выставляется студенту, если отчет выполнен в соответствии с заданием, разделы выполнены грамотно, но их обоснование не является достаточно глубоким. При этом ошибки не имеют принципиального характера, а отчет оформлен в соответствии с установленными требованиями с небольшими

отклонениями. Студент сделал хороший доклад и правильно ответил на 70-80% вопросов.

Оценка *«удовлетворительно»* выставляется, если отчет выполнен в полном объеме, но содержит несущественные технические ошибки, свидетельствующие о проблемах в знаниях студента, но в целом не ставящие под сомнение его профессиональную подготовку. При этом пояснительная записка выполнена небрежно. Студент не раскрыл основные положения своего отчета, ответил правильно на 50-60% вопросов, заданных членами комиссии, показал минимум теоретических и практических знаний, которые, тем не менее, позволяют выполнять производственные обязанности, а также самостоятельно повышать свою квалификацию.

Оценка *«неудовлетворительно»* выставляется, если отчет содержит грубые ошибки, количество и характер которых указывает на недостаточную подготовку студента к профессиональной деятельности. Доклад сделан неудовлетворительно, содержание основных разделов отчета не раскрыто; качество оформления низкое, студент не правильно ответил на большинство вопросов, показал слабую профессиональную подготовку.

Лицам, получившим неудовлетворительную оценку при защите отчета, назначается дата повторной защиты, после устранения замечаний.

Более высоко оцениваются отчеты, направленные на решение реальных задач применительно к предприятиям технического сервиса АПК, с.-х. предприятиям, организациям, фирмам по тематике регионов, содержащие результаты НИР студента, связанные с эксплуатацией и техническим сервисом новой техники, применением новой технологии, модернизацией оборудования, содержащие сведения по совершенствованию технологий и средств технического сервиса в АПК на примере новой техники и технологического оборудования.

Рекомендуется учитывать наличие у студента владения навыками находить теоретическим путем ответы на сложные вопросы производства, а также знаний и умений пользоваться научными методами познания, творческого подхода к решению поставленных задач.

## Рекомендуемая литература

1. Варнаков, В. В. Организация и технология технического сервиса машин [Текст] / В. В. Варнаков, В. В. Стрельцов, В. Н. Попов, В. Ф. Карпенков. – М. : КолосС, 2007. – 277 с.
2. Пучин, Е. А. Практикум по ремонту машин [Текст] / Е. А. Пучин, В. С. Новиков, Н. А. Очковский [и др.] ; под ред. Е. А. Пучина. – М. : КолосС, 2009. – 327 с.
3. Петрова, С. С. Методические рекомендации по оформлению курсовых работ и дипломных проектов для агроинженерных специальностей [Текст] / С. С. Петрова, Г. С. Бухвалов, С. В. Машков, А. П. Быченин, С. В. Денисов. – Самара. : РИЦ СГСХА, 2010. – 38 с.
4. Справочник инженера по техническому сервису машин и оборудования в АПК. – М. : ФГНУ «Росинформагротех», 2003. – 604 с.
5. Курчаткин, В. В. Надежность и ремонт машин [Текст] / В. В. Курчаткин, Н. Ф. Тельнов, К. А. Ачкасов [и др.] ; под ред. В. В. Курчаткина. – М. : Колос, 2000. – 776 с.
6. Бельских, В. И. Диагностирование и обслуживание сельскохозяйственной техники / В. И. Бельских. – М. : КолосС, 2001. – 376 с.
7. Национальный цифровой ресурс «Рукоонт» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://rucont.ru>
8. Некрасов, С. С. Технология сельскохозяйственного машиностроения [Текст] : учебник / С. С. Некрасов. – М. : КолосС, 2004. – 360 с.
9. Абрамов, В. А. Курсовое проектирование по технологии сельскохозяйственного машиностроения [Текст] : учебное пособие / В. А. Абрамов. – Саратов : ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2012. – 301 с.
10. СМК 04-58-2014 «Положение о разработке программ практик обучающихся, осваивающих образовательные программы высшего профессионального образования» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://old.ssaa.ru/\\_np\\_doc/582rf/polog/СМК\\_04-58-2014.pdf](http://old.ssaa.ru/_np_doc/582rf/polog/СМК_04-58-2014.pdf)
11. Сборник нормативных материалов на работы, выполняемые машинно-технологическими станциями (МТС). – М. : ФГНУ «Росинформагротех», 2001. – 190 с.

12. Производственно-техническая эксплуатация МТП : учебное пособие [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://window.edu.ru/resource/156/80156>.

13. Брумин, И. М. Методические указания по производственной практике на автотранспортном предприятии / И. М. Брумин, В. М. Янзин. – Кинель : РИЦ СГСХА, 2011. – 20 с.

14. Зангиев, А. А. Эксплуатация машинно-тракторного парка [Текст] / А. А. Зангиев, А. В. Шпилько, А. Г. Левшин. – М. : КолосС, 2008. – 320 с.

*Пример оформления задания*

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Самарская государственная сельскохозяйственная академия»

Кафедра «Технический сервис»  
Направление подготовки: 110800 Агроинженерия  
Профиль подготовки: Технический сервис в АПК

**ЗАДАНИЕ**

на производственную практику на предприятиях технического сервиса

Студенту

\_\_\_\_\_ (Фамилия, Имя, Отчество, полностью)

Курс, группа \_\_\_\_\_  
Место прохождения практики \_\_\_\_\_

Время практики с \_\_\_\_\_ по \_\_\_\_\_ Должность (разряд) \_\_\_\_\_

Предварительная тема ВКР \_\_\_\_\_

Руководитель ВКР (кафедра) \_\_\_\_\_

Вопросы, подлежащие разработке в отчете  
(формулируются с учетом специфики предприятия и предполагаемой  
темы ВКР совместно с руководителем практики от академии)

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Срок сдачи отчета \_\_\_\_\_

Задание выдано « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Руководитель \_\_\_\_\_

*Пример оформления титульного листа*

**Министерство сельского хозяйства Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего профессионального образования  
«Самарская государственная сельскохозяйственная академия»**

кафедра «Технический сервис»

**Отчет**

по производственной практике  
на предприятии технического сервиса  
в условиях \_\_\_\_\_  
*наименование предприятия (подразделения)*

Выполнил:

Студент 4 курса

Группы 3

направления подготовки 110800.62 «Агроинженерия»

профиля подготовки «Технический сервис в АПК»

личный номер \_\_\_\_\_  
*(номер зачетной книжки)*

---

*(Фамилия, Имя, Отчество студента полностью)*

К защите допущен: \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /  
*(подпись) (инициалы, фамилия)*

Оценка \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /  
*(цифрой и прописью) подписи членов комиссии (расшифровка подписи)*

Самара 20\_\_

*Пример оформления элементов раздела  
о прохождения практики на предприятии технического сервиса*

### 5 РАБОТА, ВЫПОЛНЕННАЯ НА ПРАКТИКЕ

При прохождении производственной практики в должности инженера сервисной службы велся дневник. Основные виды работ, выполненные на практике представлены в таблице 6.

Таблица 6

Дата и место прохождения	Вид работы
1	2
30.06.14, ТД «ПодшипникМаш», г. Самара, ул. Утевская 20А, выезд: с. Александровка, Большеглушицкий р-н.	Прибытие на предприятие, оформление документации, вводный инструктаж, инструктаж по технике безопасности, ознакомление с предприятием и рабочей документацией сервисной службы. Ознакомительный выезд на гарантийное ТО трактора К744Р4 (ТО-1 проведено на 4 тракторах)
01.07 ТД «ПодшипникМаш», Утевская 20А, выезд с. Приволжье Приволжский р-н.	Изучение рабочей документации [5], [9]. Ознакомительный выезд на ТО трактора К744Р4 проведено на 1 единице
02.07 ТД «ПодшипникМаш», Утевская 20А, выезд с.Александровка Большеглушицкий р-н.	ТО на тракторе кировец К744Р3, ТО «Палессе» КЗС-1218
03.07 ТД «ПодшипникМаш», Утевская 20А, выезд с.Александровка Большеглушицкий р-н.	ТО «Палессе» 812 а также замена вала привода гидронасоса, ТО трактора Т-150
04.07 ТД «ПодшипникМаш», Утевская 20А, выезд п.Новоселки, Ульяновская область.	Анализ руководства по эксплуатации [10]. Ремонт приемного вальца «Палессе» КСК-600

## Окончание таблицы 6

1	2
05.07. ТД «Подшипник-Маш», Утевская 20А	Анализ руководства по эксплуатации комбайнов «Палессе» [6]. Предпродажная сборка комбайнов КЗС 1218 и 812
07.07 ТД «ПодшипникМаш», Утевская 20А, выезд с.Пестровка пестровский р-н. Александровка Большеглушицкий р-н	Анализ ремонтной документации [7], [8]. Регулировка клапанов трактора Т-150, ТО, заправка кондиционера «Палессе» КЗС-812
08.07 ТД «ПодшипникМаш», Утевская 20А, выезд в СПК «Куйбышевский», Красноармейский р-н	Послеобкаточное ТО «Палессе» КЗС-1218, диагностика кондиционеров, ТО «Палессе» КЗС-1218 проведено на 2 комбайнах
....	.....
<i>Дата, место</i>	... Согласование материалов отчета с руководителем практики на предприятии. Оформление дневника и производственной характеристики. Убытие с предприятия

Основной неисправностью обслуживаемых нами в период практики комбайнов «Палессе» GS 1218 была неисправность КП. По причине не внимательности механизатора из-за отсутствия масла, либо заводского брака (рис. 7).



Рис. 7. Замена КП на ПАЛЕССЕ GS 12

Процесс состоит в следующем: перед началом работы жатка комбайна устанавливается в транспортное положение и фиксируется; очищается место под работу; снимается неисправная КПП; транспортируется на специальной тележке с подъемным механизмом от места установки новой КПП; на тележку ставится новая КПП и устанавливается на комбайн; заливка масла и проверка КПП.

Операцию проводит сервисная бригада из трех человек. При проведении работ используется НТД завода-изготовителя [12], где изложены основные требования.

Рабочий дневник прохождения практики с подписями руководителя и примечаниями находится в приложении.

Пример протокола защиты отчета

ПРОТОКОЛ №

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Члены комиссии:

1. \_\_\_\_\_

(Фамилия, инициалы)

2. \_\_\_\_\_

(Фамилия, инициалы)

3. \_\_\_\_\_

(Фамилия, инициалы)

Слушали защиту отчета по \_\_\_\_\_ :

(название практики)

\_\_\_\_\_  
(Ф.И.О. студента)

в условиях: \_\_\_\_\_

(название предприятия, район, область)

Вопросы:

1. \_\_\_\_\_

2. \_\_\_\_\_

3. \_\_\_\_\_

Подписи членов комиссии:

\_\_\_\_\_/ \_\_\_\_\_

(подпись)

(инициалы, фамилия)

\_\_\_\_\_/ \_\_\_\_\_

(подпись)

(инициалы, фамилия)

Оценка \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_/ \_\_\_\_\_

(подпись)

(инициалы, фамилия)

Учебное издание

# **ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ПРАКТИКА**

Методические указания

**Составители:**

**Галенко Иван Юрьевич**

**Гужин Игорь Николаевич**

**Артамонов Евгений Иванович**

**Сазонов Дмитрий Сергеевич**

**Ерзамаев Максим Павлович**

Отпечатано с готового оригинал-макета  
Подписано в печать 2.06.2015. Формат 60×84 1/16  
Усл. печ. л. 2,96, печ. л. 3,19.  
Тираж 30. Заказ №166.

Редакционно-издательский центр ФГБОУ ВПО Самарской ГСХА  
446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная 2  
Тел.: (84663) 46-2-47  
Факс 46-6-70  
E-mail: [ssaariz@mail.ru](mailto:ssaariz@mail.ru)



**Министерство сельского хозяйства  
Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«Самарская государственная  
сельскохозяйственная академия»**

**Кафедра «Технический сервис»**

# **ТЕХНОЛОГИЯ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ РАБОТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО ПАРКА**

**Методические указания для выполнения курсового проекта**

Кинель  
РИЦ СГСХА  
2015

УДК 631.372  
ББК 40.72р  
К-89

Кузнецов, С.А.

К-89 Технология механизированных работ и проектирование машинно-тракторного парка: методические указания для выполнения курсового проекта / С. А. Кузнецов, Д. С. Сазонов. – Кинель: РИЦ СГСХА, 2015. – 67 с//

В методических указаниях приведены основные требования и рекомендации при выполнении курсового проекта: разработки рационального состава МТП, планирование технических обслуживаний, а также анализ использования МТП. Приведены методы рационального использования имеющегося парка машин в напряженные периоды работ.

Издание предназначено для студентов высших учебных заведений очной и заочной форм обучения, обучающихся по направлению 35.03.06 «Агроинженерия». Профиль подготовки – «Технические системы в агробизнесе»

© ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА, 2015  
© Кузнецов С. А., Сазонов Д. С., 2015

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие .....	4
1 Структура и содержание курсового проекта .....	6
2 Разработка плана механизированных работ	10
2.1 Выбор типов и марок тракторов .....	10
2.2 Разработка плана механизированных работ.....	12
3 Расчёт состава машинно-тракторного парка	15
3.1 Расчет необходимого количества тракторов и с.х. машин.....	15
3.2 Определение общего количества тракторов (комбайнов).....	18
3.3 Определение состава машинно-тракторного парка.....	23
4 Разработка годового плана технических обслуживаний и ремонтов МТП.....	24
4.1 Разработка годового плана технических обслуживаний и ремонтов.....	24
4.2 Определение годового объёма работ по техническому обслуживанию МТП.....	32
4.3 Расчет количества исполнителей по техническому обслуживанию МТП.....	32
5 Техничко-экономические показатели проекта.....	35
6 Разработка индивидуального задания.....	37
6.1 Разработка операционно-технологической карты на выполнение технологического процесса ТО.....	37
6.2 Разработка технологической карты на подготовку машин к хранению.....	38
6.3 Разработка операционно-технологической карты на выполнение полевого технологического процесса.....	38
7 Выводы и предложения.....	39
8 Указания по подготовке к защите курсового проекта.....	40
9 Защита курсового проекта и критерии выставления оценки	41
Рекомендуемая литература.....	43
Приложения.....	45

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Машинный парк сельскохозяйственного предприятия включает в себя тракторы, комбайны, сельскохозяйственные машины, автомобили, прицепы, стационарное силовое и технологическое оборудование для растениеводства, животноводства, технического обслуживания, ремонта и другие средства механизации сельскохозяйственного производства, обслуживающих и вспомогательных отраслей.

Эксплуатация машин (ГОСТ 25866-83) представляет собой рабочий цикл, при котором реализуется, поддерживается и восстанавливается их боеспособность. В общем случае эксплуатация включает в себя использование по назначению, транспортирование, хранение, техническое обслуживание и ремонт техники.

Для эффективного использования МТП, улучшения организации труда и управления производством создают механизированные подразделения (бригады, отряды, звенья). При этом различают бригады и звенья по производству продукции и выполнению определённых видов работ.

Цель методических указаний – облегчить работу студентов по расчёту состава машинотракторных агрегатов, так как особые затруднения у студентов вызывают поиск и использование расчётных формул, таблиц, справочных данных, которые располагаются в различных разделах учебников, справочной литературы. К методическим указаниям прилагаются необходимые таблицы, используемые в ходе расчётов.

Курсовое проектирование по дисциплине направлено на формирование следующих профессиональных компетенций:

- способность использовать информационные технологии и базы данных в агроинженерии;
- готовность к профессиональной эксплуатации машин и технологического оборудования для производства, хранения и первичной переработки сельскохозяйственной продукции;
- готовность систематизировать и обобщать информацию по формированию и использованию ресурсов предприятия;
- способность осуществлять сбор и анализ исходных данных для расчета и проектирования;
- готовность к участию в проектировании технических средств и технологических процессов производства, систем электрификации и автоматизации сельскохозяйственных объектов.

В результате выполнения курсового проекта студент должен  
Знать:

- методы обоснования оптимального состава МТП, определения и анализа показателей его использования;
- методы планирования и организации ТО и диагностирования машин.

Уметь:

- составлять календарный план механизированных работ и использования МТП;
- составлять графики проведения ТО;
- определять потребность в ТСМ при выполнении полевых работ;
- проводить анализ показателей использования МТП;

Владеть навыками:

- разработки операционных технологий;
- расчёта состава машинно-тракторного парка;
- планирования технической эксплуатации машинно-тракторного парка.

# 1 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

## 1.1 Тематика курсового проектирования

Тема курсового проекта выбирается студентом с учётом прохождения производственной эксплуатационной практики и согласовывается с преподавателем, осуществляющим руководство проектированием.

**ТЕМА 1: «Проектирование рационального состава МТП и его технической эксплуатации в условиях с/х предприятия для хозяйства площадью ... га»**

**ТЕМА 2 «Проектирование рационального состава МТП для хозяйства площадью .... га и анализ его использования»**

## 1.2 Цель и задачи курсового проекта

Целью курсового проектирования является освоение методов расчета и принятия самостоятельных решений при:

- проектировании механизированных технологических процессов в растениеводстве;
- определении рационального состава машинно-тракторного парка;
- освоение методов рационального использования имеющегося парка машин в напряженные периоды работ;
- разработке планов технического обслуживания и ремонтов тракторов и с.х. машин.

Задачи курсового проектирования:

- обоснование марочного состава машинно-тракторного парка машин и разработка плана механизированных работ;
- определение качественного и количественного состава машинно-тракторного парка и сельскохозяйственных машин;
- разработка плана технического обслуживания тракторного парка.
- выполнение индивидуального задания;
- определение технико-экономических показателей проекта.

## **З а д а н и е на курсовой проект**

Каждый студент получает индивидуальное задание на выполнение курсового проекта на кафедре «Технический сервис», образец которого представлен в приложении 2.

## Оформление пояснительной записки

Курсовой проект по дисциплине «Технология механизированных работ и проектирование МТП» включает в себя пояснительную записку объемом 40..50 страниц текста и графическую часть, выполняемую на 3 листах формата А1 с использованием графических редакторов (Компас, Автокад), при этом допускается распечатка на формате А4.

Расчетно-пояснительная записка содержит следующие разделы:

- Реферат
- Оглавление.
- Введение
- Разработка плана механизированных работ.
- Расчет состава машинно-тракторного парка.
- Разработка годового плана технических обслуживаний и ремонтов МТП.
- Техничко-экономические показатели проекта.
- Индивидуальное задание.
- Заключение.
- Список использованной литературы и источников..

Титульный лист оформляют по образцу, приведенному в приложении.

*Задание* содержит исходные данные для выполнения курсовой работы.

*Реферат* – краткое точное изложение содержания курсового проекта, включающее основные фактические сведения и выводы. Рекомендуемый объем текста реферата 1 печатная страница

*Оглавление* размещают после реферата. В нем перечисляют номера и названия всех глав, параграфов и указывают номера страниц, с которых они начинаются.

*Введение* в объеме 1-2 страниц должно освещать состояние и перспективы развития машинно-тракторного парка и формы организации его использования, цель и задачи курсового проекта.

Основная часть должна содержать 5 разделов: 1-Разработка плана механизированных работ. 2- Расчет состава машинно-тракторного парка. 3- Разработка годового плана технических обслуживаний и ремонтов МТП. 4- Техничко-экономические показатели проекта. 5 - Индивидуальное задание.

При оформлении разделов необходимо записывать промежуточные вычисления. После формулы записывается расшифровка всех её буквенных обозначений, после чего в формулу подставляются численные значения.

*Заключение.* В разделе должны содержаться выводы по результатам расчётов в курсовом проекте и приведены основные технико-экономические показатели.

*Список использованной литературы и источников.* В тексте пояснительной записки необходимо указывать ссылки на использованные литературные источники, методические и нормативные материалы. При ссылке на литературные источники указывается порядковый номер источника по списку. Номера источников в тексте указываются в квадратных скобках. Все источники в списке должны быть составлены в соответствии с ГОСТ 7.1–2003 «Библиографическое описание документа. Общие требования и правила сокращения».

Текст пояснительной записки может быть выполнен рукописным способом или с применением печатающих и графических устройств через полтора интервала. Размер шрифта – 14, Times New Roman, абзацный отступ 1,27 см. Должны соблюдаться следующие размеры полей: левое – 3 см, правое – 1 см, верхнее – 1,5 см, нижнее – 2 см.

Каждый раздел должен начинаться с нового листа.

Страницы проекта нумеруют арабскими цифрами. На титульном листе номер не ставится, но включается в общую нумерацию. На страницах номер проставляют в центре нижней части листа без точки.

Иллюстрации обозначаются «Рис.» и нумеруются последовательно арабскими цифрами сквозной нумерацией.

Таблицы должны быть помещены в тексте после абзацев, содержащих ссылку на них. Таблицы, имеющие много граф, печатаются в альбомной ориентации на отдельной странице. Нумерация таблиц сквозная или в пределах раздела.

Формулы в работе нумеруют арабскими цифрами в пределах раздела. Номер формулы состоит из номера раздела и порядкового номера формулы в разделе, разделенных точкой. Номер указывают с правой стороны листа на уровне формулы в круглых скобках.

В работах обязательно применение единиц Международной системы единиц (СИ), а также кратных и дольных от них. Все слова должны быть написаны полностью. Сокращения могут допускаться только общепринятые [9].

### **Оформление графической части курсового проекта**

Графическая часть выполняется на трех листах формата А1 (594<sup>x</sup>841 мм):

- первый лист - графики загрузки тракторов;
- второй лист - графики (план-графики) проведения ТО и ремонтов;
- третий лист - индивидуальное задание.

При использовании графических редакторов (Компас, Автокад) графическая часть выполняется в формате А1, при этом допускается распечатка на формате А4.

При распечатке в формате А2 или А3 на листах А4, листы должны быть склеены в требуемый формат.

При выполнении чертежей в карандаше должен использоваться формат А1 (594<sup>x</sup>841 мм)

Обозначения чертежей должны включать в себя:

- код работы (для курсового проекта КП)
- код кафедры ТСё-12;
- номер группы (приказа) и номер по списку.

Шифр документа:

- для графиков загрузки тракторов (графиков машиноиспользования): диаграмма – ДИ1, табличная форма графиков загрузки тракторов – ТБ1;
- для графиков проведения ТО и ремонтов – ДИ2; табличная форма проведения ТО и ремонтов – ТБ2;
- для индивидуального задания – технологической карты- ДТ.

Образец записи: **КП.12.01– 14.ДИ1** расшифровывается следующим образом: КП – курсовой проект, 12 – код кафедры, 01 – группа №1, 14 – номер по списку, ДИ1 – график загрузки тракторов (график машиноиспользования).

## 2 РАЗРАБОТКА ПЛАНА МЕХАНИЗИРОВАННЫХ РАБОТ

Цель выполнения раздела. Изучить и освоить методы оптимизации состава тракторного парка. Изучить методы проектирования механизированных производственных процессов и методы определения количественного и качественного состава машинно-тракторного парка.

### 2.1 Выбор типов и марок тракторов

Одним из направлений ресурсосбережения в сельскохозяйственном производстве является использование высокопроизводительных агрегатов, обеспечивающих минимальные прямые эксплуатационные затраты. Это требование достигается в первую очередь выбором соответствующей марки трактора.. Поэтому для определения рационального состава тракторного парка необходимо выбрать марки тракторов из числа предложенных в задании.

Одним из оптимизационных методов является выбор марочного состава тракторов по минимальным прямым эксплуатационным затратам.

Прямые эксплуатационные затраты по каждой операции определяются по формуле:

$$\mathcal{E}_z = 7 \cdot H_{cm} \cdot K \cdot D, \text{ руб.}, \quad (1.1)$$

где  $H_{cm}$  – количество нормосмен;

$K$  – коэффициент перевода тракторов в условные эталонные;

$D$  – прямые эксплуатационные затраты, руб./усл. эт. га (табл. 1).

Количество нормосмен определяется делением суммарного объема работ по данной операции на сменную норму выработки (суммарный объем работ определяется на основании заданного севооборота и соответствующей технологии возделывания каждой культуры):

$$H_{cm} = \frac{W_{об}}{W_{cm}}, \quad (1.2)$$

где  $W_{об}$  – объем работ по данной операции, га;

$W_{cm}$  – сменная норма выработки.

Таблица 1

Прямые эксплуатационные затраты  
при использовании тракторов  
(для учебных целей)

Марка трактора	Руб. /усл. эт. га	Марка трактора	Руб./усл. эт. га
1	2	3	4
К-744Р	286	ДТ-75М	158

Окончание таблицы 1

1	2	3	4
К-744Р2	296	ЛТЗ-155	167
К-701	238	Беларус 3022ДВ	218
К-700А	224	Беларус-1523	182
ХТЗ-21042	221	Беларус-1221	169
К5280 АТМ	232	Беларус-1025	146
ХТЗ-150-03	216	Беларус-592	124
ХТЗ-17421	216	Беларус-826	137
ХТЗ-150	215	МТЗ-2522	218
ХТЗ-150К	219	МТЗ-80	115
Т-4А.01	203	МТЗ-82	118
Т-402.01	210	ЮМЗ-6АКЛ	116
Т-406	207	Агромаш-90ТГ	166

Примечание. Прямые эксплуатационные затраты при использовании тракторов могут корректироваться с учётом инфляции при выдаче задания.

Для расчётов прямых эксплуатационных затрат составляется таблица 2. В этой таблице производится расчет по каждой из заданных марок тракторов. Сравнение работы тракторов производится при выполнении ими одинаковых операций. Так, например, для тракторов общего назначения это вспашка, культивация, посев яровых зерновых культур.

Таблица 2

Выбор типов и марок тракторов

№ операции	Наименование сельскохозяйственных операций	Объем работ, га	Трактор ....		Трактор ....		и т.д.
			сменная норма выработки	кол-во нормо-смен	сменная норма выработки	кол-во нормо-смен	
1	2	3	4	5	6	7	8
ИТОГО:		—	—		—		
Прямые эксплуатационные затраты, руб.							

Для универсально-пропашных тракторов специфическими операциями являются: междурядная обработка, посев или посадка пропашных культур, уборка кукурузы или подсолнечника на силос. Также возможно выполнять расчеты для этих типов тракторов и по другим энергоёмким операциям.

Таблица 2 заполняется в следующем порядке.

В графе 2 указывается наименование приведенных выше операций, в графе 3 – объем работ (например, 1000 га). В графах 4 и 6 и т. д. указываются сменные нормы выработки (за 7 часов).

В графах 5, 7 и т. д. проставляется количество нормо-смен, необходимое для выполнения заданного объема работ. Это определяется путем деления объема работ (графа 3) на сменную норму выработки (графа 4). После заполнения всех граф таблицы суммируется количество нормо-смен и подводится по ним итог. Выбор типов и марок тракторов, из числа предложенных заданием, производится по минимальным значениям прямых эксплуатационных затрат, которые определяются по формуле (1.1).

На основании полученных данных делается обоснованный выбор тракторов, при этом следует исключить многомарочность, учесть технологические особенности возделываемых культур, агротехнологические возможности тракторов, условия сельскохозяйственного региона.

## 2.2 Разработка плана механизированных работ

План механизированных работ разрабатывается на основании технологических карт на возделывание с.-х. культур на период, указанный в задании.

В расчетно-пояснительной записке приводится согласно заданию план посевных площадей и разрабатывается сводный план механизированных полевых работ (табл. 3).

В заглавной части таблицы 3 в графах 5-9 вписываются наименования сельскохозяйственных культур заданного севооборота.

В графе 1 указывается порядковый номер сельскохозяйственной операции. В графе 2 записываются все сельскохозяйственные операции в строгой календарной последовательности их выполнения. Для этого следует воспользоваться технологическими картами [6, 9, 13], где представлен перечень операций при возделывании сельскохозяйственных культур, на основании которых и разрабатывается план механизированных работ. При этом следует обратить внимание: из отдельных технологических карт необходимо составить сводный план механизированных работ, операции в котором должны располагаться в строгой календарной последовательности, причем за основу берется первое значение даты календарных сроков выполнения операции.

Одноименные операции по различным сельскохозяйственным культурам, отличающиеся между собой сроками выполнения, агротехническими требованиями или составом применяемых сельскохозяйственных машин, должны записываться в графу 2 как отдельные операции.



В графе 3 указываются агротехнические календарные сроки выполнения процесса(операции), а в графе 4 – единица измерения ( га, т, ткм). В графах 5 – 9 после записи соответствующей операции проставляются цифры объема выполняемых работ в физических единицах (га, т, ткм). В графе 10 – по каждой операции и проставляется суммарный объем работ в единицах, указанных в графе 4.

После того как проведен выбор рациональных марок тракторов, проводится распределение работ по энергосредствам и другим машинам (графы 11, 12, 13). В первую очередь распределяются работы, которые выполняются универсально-пропашными тракторами. В основном это работы по возделыванию пропашных культур: посев (посадка), междурядная обработка и работы, связанные с уходом за растениями ( борьба с сорняками, вредителями, болезнями), также работы по заготовке сена, сенажа, уборке соломы, боронованию трав, внесению удобрений и подкормке.

В графе 13 указываются марки комбайнов, транспортных средств и других машин.

Номера, присвоенные операциям в таблице 3, сохраняются на протяжении всех последующих расчетов.

При использовании для расчётов редакторов Excel или Access таблица 3 может быть пропущена и план работ выполнен сразу по таблице 4. В этом случае номера, присвоенные операциям в таблице 4, сохраняются на протяжении всех последующих расчетов.

### 3 РАСЧЕТ СОСТАВА МАШИННО-ТРАКТОРНОГО ПАРКА

Цель выполнения раздела. Изучить методы проектирования механизированных производственных процессов и методы определения количественного и качественного состава машинно-тракторного парка. Изучить и освоить методы оптимизации состава тракторного парка.

#### 3.1 Расчет потребного количества тракторов и с.-х. машин

Расчет потребного количества тракторов, агрегатов и самоходных машин проводится отдельно по каждой марке тракторов и по самоходным машинам (комбайнам или энергетическим средствам) на период работ, указанный в задании.

В начале выписываются работы, выполняемые тракторами общего назначения (табл. 3), откуда выбираются операции, выполняемые одной маркой трактора, и записываются в таблицу 4. Затем операции, выполняемые другой маркой трактора и т.д.

С этой целью составляется таблица 4. В этой таблице графы 1, 2, 3, 4, 5 заполняются на основании плана механизированных работ.

Количество рабочих дней (графа 6) определяется на основании календарных сроков, при этом учитывается первый и последний день. Влияние метеоусловий, выходных дней и простоев по причине отказов учитывается поправочными коэффициентами. Значения коэффициентов принимаются следующие. При продолжительности технологической операции от 5 до 10 дней равным 0,9; от 10 до 15 дней - 0.85 – 0.90 и свыше 15 дней - 0.80 – 0.85. Количество рабочих дней указывается в целых числах.

Длительность рабочего дня (графа 7) указывается в часах и устанавливается с учетом характера выполняемых работ. Она может быть равна продолжительности одной смены (7 часов), двух или трех смен (соответственно 14, 21 час). Общее количество часов работы одного агрегата – графа «Всего часов» (графа 8) определяется путем перемножения продолжительности рабочего дня на количество дней работы одного агрегата на данной операции.

Марка с.-х. машины и их количество (графы 9 и 10) по каждой операции указывается для той же марки трактора [8,12], которому распределена данная операция. При выборе с.-х. машин в первую очередь учитывается выполнение агротехнических требований. Количество машин в агрегате должно отвечать требованиям по составлению агрегатов [1, 2, 3, 8]. При необходимости указывается сцепка.



Например, состав агрегата для ранне-весеннего боронования, выполняемого трактором ХТЗ-150-03, должен быть записан: ХТЗ-150-03 + СГ-21А + 44 БЗСС-1.0. При составлении агрегатов необходимо согласовывать с.х.машины по ширине захвата (например, при посеве пропашных культур и последующих обработках); по производительности на последующих операциях и т.д.

Количество обслуживающего персонала, работающего на данном агрегате в одну смену, указывается в графах 11 и 12.

Удельный расход топлива (кг на 1га, 1т, 1 ткм ) при выполнении данной операции и сменная норма выработки (графы 13 и 14) принимается на основании данных типовых норм [12] или из приложения 4.

С допустимой для расчетов точностью норма выработки за смену и расход топлива могут быть определены по следующим формулам [1, 2, 8].

Сменная производительность:

$$W_{см} = 0,1 B_{ар} \cdot V_{рб} \cdot T \cdot \tau, \quad \text{га / см}, \quad (3.1)$$

где  $B_{ар}$  – ширина захвата агрегата, м;

$V_{рб}$  – рабочая скорость агрегата, км/ч;

$T$  – продолжительность смены, ч;

$\tau$  - коэффициент использования времени смены.

Удельный расход топлива определяется в соответствии с формулой:

$$Q = \frac{G'_q}{W_{см}} \cdot T, \quad \text{кг/га}, \quad (3.2)$$

где  $G'_q$  - часовой расход топлива двигателя трактора при выполнении с.х. операции:

$G'_q$  - часовой расход топлива двигателя трактора на вспашке и плоскорезной обработке составляет 90 – 95% от часового расхода по паспортным данным;

$G'_q$  - часовой расход топлива двигателя трактора на культивации, посевах и др. операциях составляет 80 – 90% от часового расхода по паспортным данным.

Сменная норма выработки, указанная в типовых нормах [12], приведена из расчета 7-ми часовой рабочей смены. Часовая норма выработки (графа 15) определяется путем деления сменной нормы выработки, указанной в [12] на длительность смены, равной 7 часам.

В том случае, если длительность смены отличается от семичасовой, выработка за смену пересчитывается через часовую выработку.

При отсутствии данных по удельному расходу топлива и сменной норме выработке норма выработки агрегата и удельный расход топлива определяется по методике, изложенной в [8].

Дневная выработка (графа 16) определяется путем перемножения сменной выработки на количество смен.

Выработка агрегата за агротехнический срок (графа 17) определяется путем перемножения общего количества часов (графа 8) при выполнении данной операции на часовую норму выработки (графа 15). Потребное количество тракторов (графа 18) на выполнение полного объема работ определяется как отношение объема работ по данной операции (графа 4) к выработке за агротехнический срок (графа 17). При расчетах количество тракторов часто получается дробной величиной. В связи с этим необходима корректировка, которая проводится округлением до ближайшего целого числа (как правило, в большую сторону). Также корректировка может осуществляться путём изменения числа дней работы агрегата в пределах установленного агротехническими требованиями календарного периода, изменением длительности рабочей смены с последующими перерасчетами.

Общее количество с.-х.машин необходимых, для выполнения операции (графа 19), определяется перемножением количества с.-х. машин (данные граф 9 и 10) в агрегате на количество тракторов (графа 18). Потребное количество механизаторов для выполнения сельскохозяйственной операции (графа 20) определяется путем умножения количества механизаторов, обслуживающих агрегат (графа 11), на количество тракторов (графа 18) и на количество смен. Количество вспомогательных рабочих определяется аналогично.

Потребное количество нормо-часов, нормо-смен и нормо-дней (графы 22, 23, 24) определяется путем деления общего объема работ (графа 4) соответственно на часовую, сменную и дневную нормы выработки (соответственно графы 14, 15, 16).

Расход топлива на выполнение технологической операции определяется путем умножения удельного расхода топлива (графа 13) на объем работ в физических единицах (графа 4).

Объем работ в условных эталонных гектарах определяется путем умножения количества нормо-часов (графа 23) на эталонную часовую выработку трактора (прил. 3)

Общий объем работ на выполнение технологической операции для комбайнов (энергетических средств типа КСК-100М, СК-5НЭ или ДОН-1500Б, Акрос и др. ) определяется в физических гектарах. При скашивании объем работ умножается на коэффициент 0,7. При подборе коэффициент равен 1.

### 3.2 Определение необходимого количества тракторов (комбайнов)

После составления таблицы 4 определяется общее количество тракторов (комбайнов), необходимое для выполнения заданного объема работ. С этой целью производится построение графиков машиноиспользования отдельно для каждой марки трактора или комбайна (энергетического средства).

Графики загрузки тракторов могут быть в основном двух типов.

**Первый тип графиков - таблично-линейный график (рис. 1).**



В первой и второй графах указываются операции из таблицы 4, причём каждая только один раз, в следующей графе – марки тракторов, комбайнов и других энергосредств, которыми будут выполняться операции. Здесь может быть указан и полный состав машинно-тракторного агрегата.

Определение минимально необходимого количества тракторов или комбайнов производится по месяцам наиболее напряженных полевых работ, т.е. с апреля по сентябрь, имея в виду что в другие менее напряженные периоды техники будет достаточно. Построение графика производится в масштабе (например 1 день – 2 – 5 мм), на графике вертикально наносятся линии пятидневок. Работа машин по каждой операции обозначается в виде горизонтальных линий, положение и размеры которых определяются сроками начала и продолжительностью выполнения технологической операции. Над линией указывается число тракторов или комбайнов, определённых в таблице 4, а под линией номер этой технологической операции.

**Второй тип графиков – это диаграмма (рис. 2).**

Построение графиков проводится следующим образом: по оси абсцисс откладывается количество календарных дней по месяцам, в течение которых должен быть выполнен заданный объем работ. По оси ординат – количество тракторов (комбайнов), необходимых для выполнения данной операции. В целях удобства пользования графиками сельскохозяйственные операции отмечаются порядковым номером, присвоенным в таблице плана механизированных работ.

После построения графиков машиноиспользования определяется максимальная потребность в технике по каждой пятидневке для каждой марки энергосредства (строка *ИТОГО*).

Как правило после построения графики имеют некоторое количество пик и провалов, что свидетельствует о неравномерной загрузке тракторов, поэтому, после построения графиков проводят их анализ, а затем корректировку по минимальному количеству тракторов.

При этом используются следующие методы:

**1. Перераспределение объёмов работ между марками тракторов.** В этом случае часть работ передаётся для выполнения тракторам другой марки, при условии соответствия агротехническим требованиям и незагруженности в этот период. На рисунке 1 это, например, работа 10 (культивация с боронованием), часть объёма которой может быть передана трактору другой марки.

**2. Изменение длительности выполнения работ в пределах агротехнических сроков.** Так, например, потребное количество тракторов после построения операций 11, 15 и 16 составляет 8 шт. (рис. 2). Корректировка была проведена следующим образом. Количество рабочих дней было уменьшено, но увеличено количество тракторов на выполнении этой операции, т.е. использован третий метод. Иными словами операция 11 выполнена в более короткие сроки, но большим количеством агрегатов. Это позволило высвободить два трактора на период начала 15-й операции. В результате этого операцию 15 начинают выполнять уже 6 тракторов, вместо 4. К моменту начала 16-й операции эти 6 тракторов выполняют объем работ значительно больший,

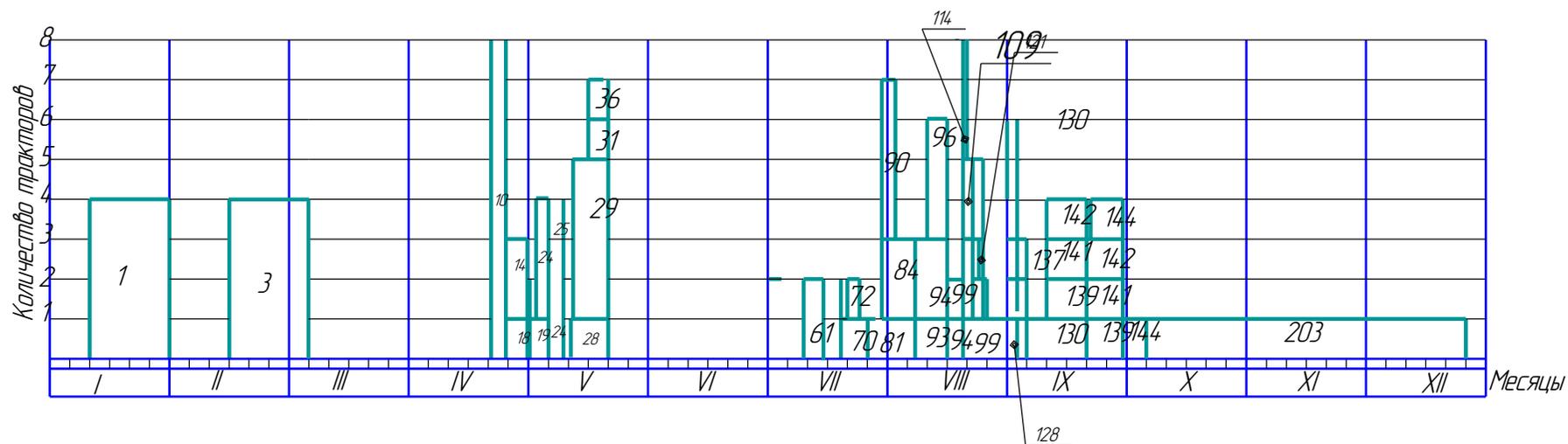


Рис. 2. График машиноиспользования (диаграмма)

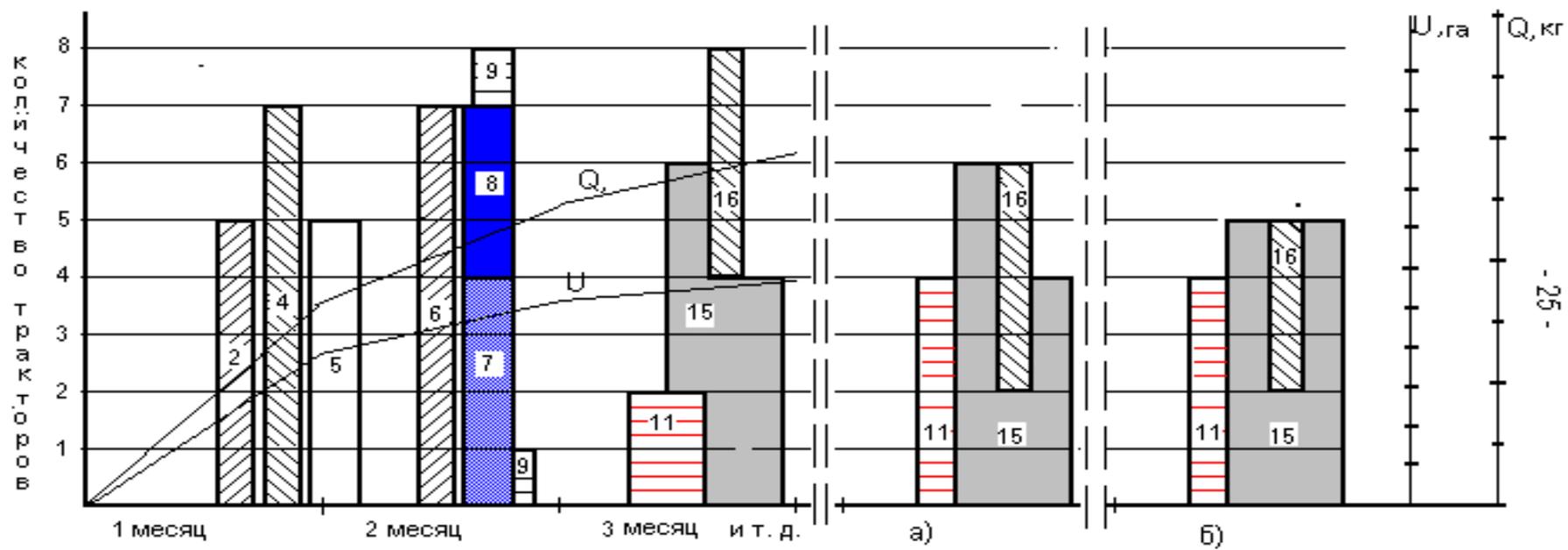


Рис. 3. Последовательность корректировки графиков машиноиспользования.

чем в первом случае, и после начала 16<sup>-й</sup> операции, где будут работать 4 трактора, два трактора продолжают работу на 15<sup>-й</sup> операции. После окончания выполнения 16<sup>-й</sup> операции 2 трактора возвращаются на выполнение операции 15 и заканчивают. В итоге применения такого решения в данном примере потребное количество тракторов сократилось.

**3. Изменение длительности рабочего дня** (увеличивается количество смен при наличии механизаторов). Если имеется возможность изменить длительность рабочего дня, например, при выполнении операции 16 имеется возможность организовать работу в две (три) смены или увеличить продолжительность смены (это позволяет сократить количество тракторов), то корректировка операций 11, 15 и 16 в предыдущем примере может быть получена как на рис.3 б. В результате таких преобразований можно значительно сократить количество тракторов.

Все изменения по количеству тракторов на графиках должны сопровождаться соответствующими изменениями в таблице 4. После корректировки графиков машиноиспользования и завершения расчетов по каждой марке трактора (комбайна) определяется суммарный расход топлива, объем работ в условных эталонных гектарах, а также общее количество нормо-часов, нормо-смен и нормо-дней.

Потребное количество тракторов определяется после корректировки графиков по максимальным значениям.

\* Необходимость построения графика потребности механизаторов определяется руководителем проектирования.

### 3.3 Определение состава машинно-тракторного парка

Количество тракторов (комбайнов) и с.х. машин для выполнения заданного объема определяется по результатам расчетов, полученных в таблице 4. и окончательно после корректировки графиков машиноиспользования. Результаты сводятся в таблицу 5.

Необходимое количество с.х. машин подсчитывается с учетом повторного их использования на одноименных операциях. Общая выработка на машины каждой марки подсчитывается путем суммирования соответствующих объемов одноименных работ. Выработка на одну машину определяется путем деления общей выработки на потребное количество машин. Число плугов для тракторов принимается по одному на трактор. Результаты расчетов сводятся в таблицу 5.

Таблица 5

Состав машинно-тракторного парка

Наименование машины	Марка машины	Кол-во	Выработка, га, т, ткм		Расход топлива, кг	
			общая	на 1 машину	общий	на 1 усл. эт. га
1	2	3	4	5	6	7

#### 4. РАЗРАБОТКА ГОДОВОГО ПЛАНА ТЕХНИЧЕСКИХ ОБСЛУЖИВАНИЙ И РЕМОНТОВ МТП

Цель выполнения раздела. Изучить методы проектирования необходимого количества ТО, трудоёмкости проведения ТО и ремонтов машинно-тракторного парка.

##### 4.1 Разработка годового плана технических обслуживаний и ремонтов

При разработке плана технических обслуживаний и ремонтов используется графо-аналитический метод.

Данный метод позволяет определять количество ТО и ремонтов за каждым трактором на протяжении всего расчетного периода.

Исходными данными для разработки плана технического обслуживания тракторов является:

- техническое состояние каждого трактора к началу планируемого периода, которое как правило устанавливается по расходу топлива от начала эксплуатации или последнего капитального ремонта;
- периодичность технических обслуживаний и ремонтов для каждой марки тракторов;
- планируемая выработка за месяц каждой машиной.

Техническое состояние тракторов, определяемое по расходу топлива каждым трактором от начала эксплуатации или последнего капитального ремонта устанавливается следующим образом.

Средний срок службы машин составляет 8 лет. В хозяйствах тракторный парк должен обновляться примерно на 10 – 12 процентов ежегодно. Поэтому, с учетом проведенных капитальных ремонтов может быть принято, что 15 – 20 процентов тракторов прошли капитальный ремонт или новые. Примерно столько же тракторов отработали год, два и т.д., результаты заносятся в таблицу 6.

Таблица 6

Техническое состояние машин

Марка трактора	Хоз. номер	Расход топлива от начала эксплуатации или капитального ремонта, кг
1	2	3



Для определения выработки и расхода топлива по каждому трактору за расчетный период составляется таблица 7. По графикам машиноиспользования (приложение 5, рис. П.5.1 или рис. П.5.2) определяется эксплуатационное количество тракторов по каждому месяцу, а по расчетным данным таблицы 4 - общий объем работ в условных эталонных гектарах и общий расход топлива за тот же период. Если какая-либо операция выполняется в двух и более смежных месяцах, то выработка и расход топлива по месяцам распределяется согласно количеству рабочих дней в том и другом месяце.

Средняя годовая нагрузка на 1 условный, эталонный трактор составляет 1200 – 1300 часов. В случае недогруженности трактора допускается догрузка до 30%.

Периодичность технических обслуживаний и ремонтов установлена нормативными материалами [1, 2, 9] и инструкцией по эксплуатации трактора.

Для разработки плана технических обслуживаний и ремонтов (табл. 8) строится линейный график периодичности ТО и ремонтов для каждой марки тракторов (рис. 4).

Построение графика проводится в следующей последовательности.

Проводится прямая линия. Начало линии означает начало эксплуатации трактора после капитального ремонта (КР) или как нового (принимается за 0). Окончание линии принимается за очередной капитальный ремонт (КР). В связи с тем, что в период от начала эксплуатации до капитального ремонта проводится два средних ремонта - СР, то линия делится на три равных части с соответствующими пометками. Между средними ремонтами проводятся по одному ТО3. (рис.4.а)

Для тракторов, решение о постановке на производство принято до 1 января 1982 г. в период между ТО3 проводятся 3 ТО2. Поэтому между техническими обслуживаниями №3 (ТО3) проводится три технических обслуживания №2 (ТО2), а между каждыми обслуживаниями №2 - три технических обслуживания №1 (ТО1) (рис.4,б). На этой шкале против меток, обозначающих номера технических обслуживаний, записываются соответствующие нормативные значения количества топлива (в кг), при которых проводятся эти ТО и ремонты.

Для тракторов, решение о постановке на производство принято после 1 января 1982 г. в период между ТО3 проводятся 1 ТО2, а между каждыми обслуживаниями №2 - три технических обслуживания №1 (ТО1) (рис.4,в).

План технических обслуживаний (табл. 8) составляется следующим образом.

На графике периодичности находится точка, соответствующая расходу топлива от начала эксплуатации или последнего капитального ремонта для данного хоз. № трактора. Затем от этой точки откладывается расход топлива за первый планируемый месяц работы (рис. 4,б или 4,в) участок 1-й месяц). Все ТО и ремонты, находящиеся между первой и второй точками, записываются в соответствующие графы таблицы 8 этого месяца. От второй точки откладывается расход топлива за второй месяц и подсчи-

тываются все ТО и ремонты за второй месяц (Рис. 4, б или 4,в участок 2-й месяц) и т.д. Таким образом, определяется количество ТО за расчетный период по каждому хоз.№ тракторов конкретной марки или модели..

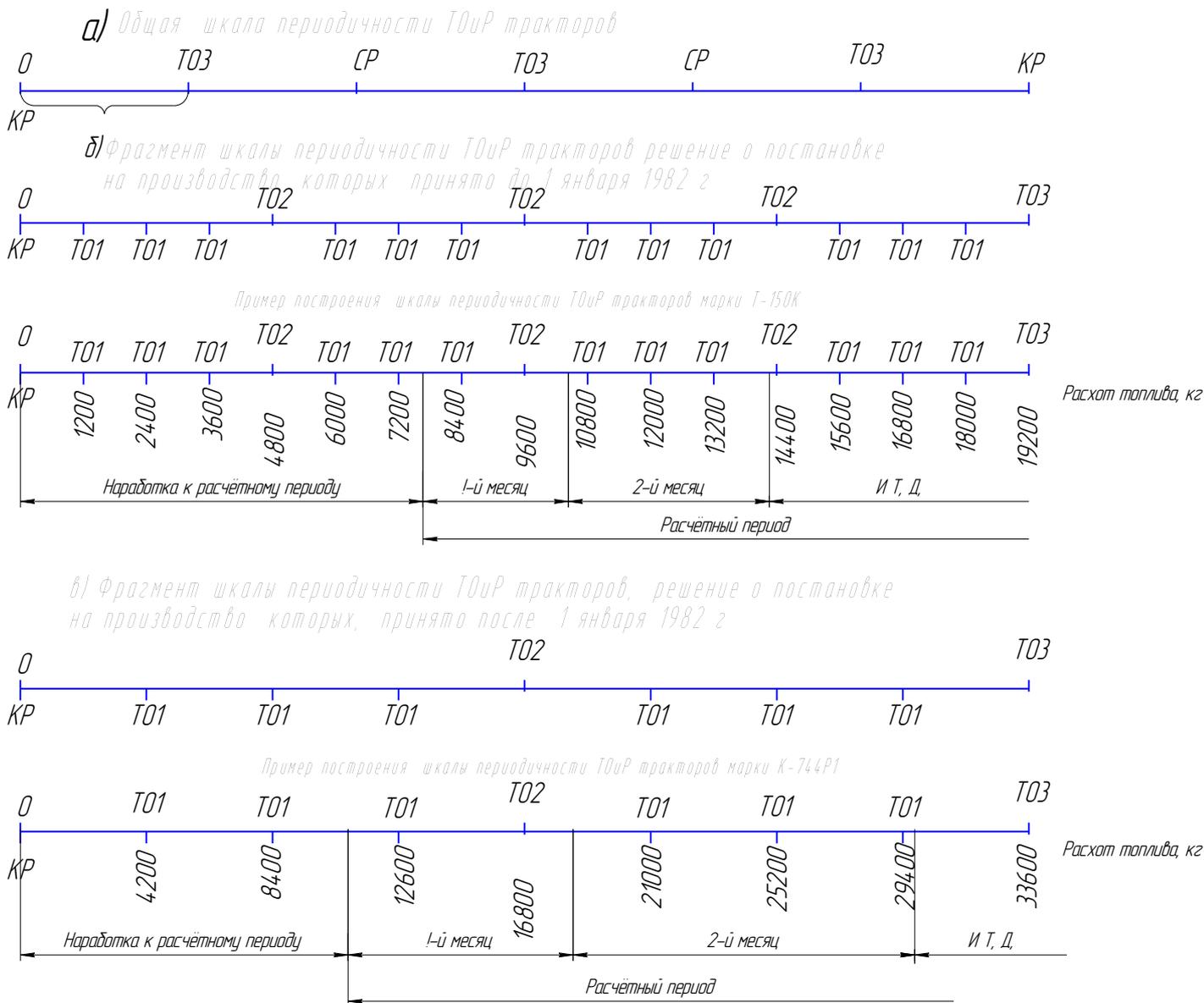


Рис. 4. Шкала периодичности ТО и ремонтов.

По окончании расчетов определяются итоговые результаты по каждому трактору в соответствии с хоз. №. данной марки.

На листе графической части строится план технических обслуживания и ремонтов для каждого трактора (рис. 5).

При использовании графо-аналитического расчёта отдельно строятся системы координат (рис. 5), на шкале абсцисс откладываются календарные сроки работ, по шкале ординат – шкала ТО и ремонтов с указанием количества топлива. Далее находится точка, соответствующая начальному расходу

топлива на начальный календарный срок. После, согласно данным таблицы 7 отмечается точка, показывающая, каким стал расход топлива (нарастающим итогом) после выполнения операции или нескольких операций в течение месяца. Количество ТО и ремонтов находится при пересечении выстраиваемой линии с линиями шкалы периодичности ТО и ремонтов. Такие графики строятся для каждого трактора (по каждому хоз. № трактора). В нижней части графика считается необходимое число ТО и ремонтов по каждой марке трактора. При этом необходимо учесть, что при достижении расхода топлива значения соответствующего капитальному ремонту, расход топлива принимаем равным нулю и расчёт начинается от начала шкалы.

В расчетно-пояснительной записке по итогам графо-аналитического расчёта определения количества ТО и ремонтов, составляется таблица 8.

Вид листа графической части – график или табличная форма – уточняется с руководителем проектирования.

Таблица 8

## Годовой план проведения технических обслуживаний и ремонтов тракторов .

Хоз. № трак- тора	Расход топлива от на- чала эксплуата- ции или КР	ЯНВАРЬ							ФЕВРАЛЬ						
		Расход топли- ва		Техническое обслужи- вание			Ремонты		Расход топли- ва		Техническое обслужи- вание			Ремонты	
		за ме- сяц	на- раст. итог	№1	№2	№3	капи- тальн.	сред- ний	за ме- сяц	на- раст. итог	№1	№2	№3	капи- тальн.	сред- ний
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	12	14	15	16

Продолжение таблицы 8

Хоз. №	НОЯБРЬ							ДЕКАБРЬ						
	Расход топли- ва		Техническое обслужи- вание			Ремонты		Расход топли- ва		Техническое обслужи- вание			Ремонты	
	за ме- сяц	на- раст. итог	№1	№2	№3	капи- тальн.	сред- ний	за ме- сяц	на- раст. итог	№1	№2	№3	капи- тальн.	сред- ний
1	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30

Окончание таблицы 8

Хоз. №	Всего за год					
	Плановый рас- ход топлива	Техническое обслужи- вание			Ремонты	
		№1	№2	№3	капи- тальн.	сред-
1	31	32	33	34	35	36

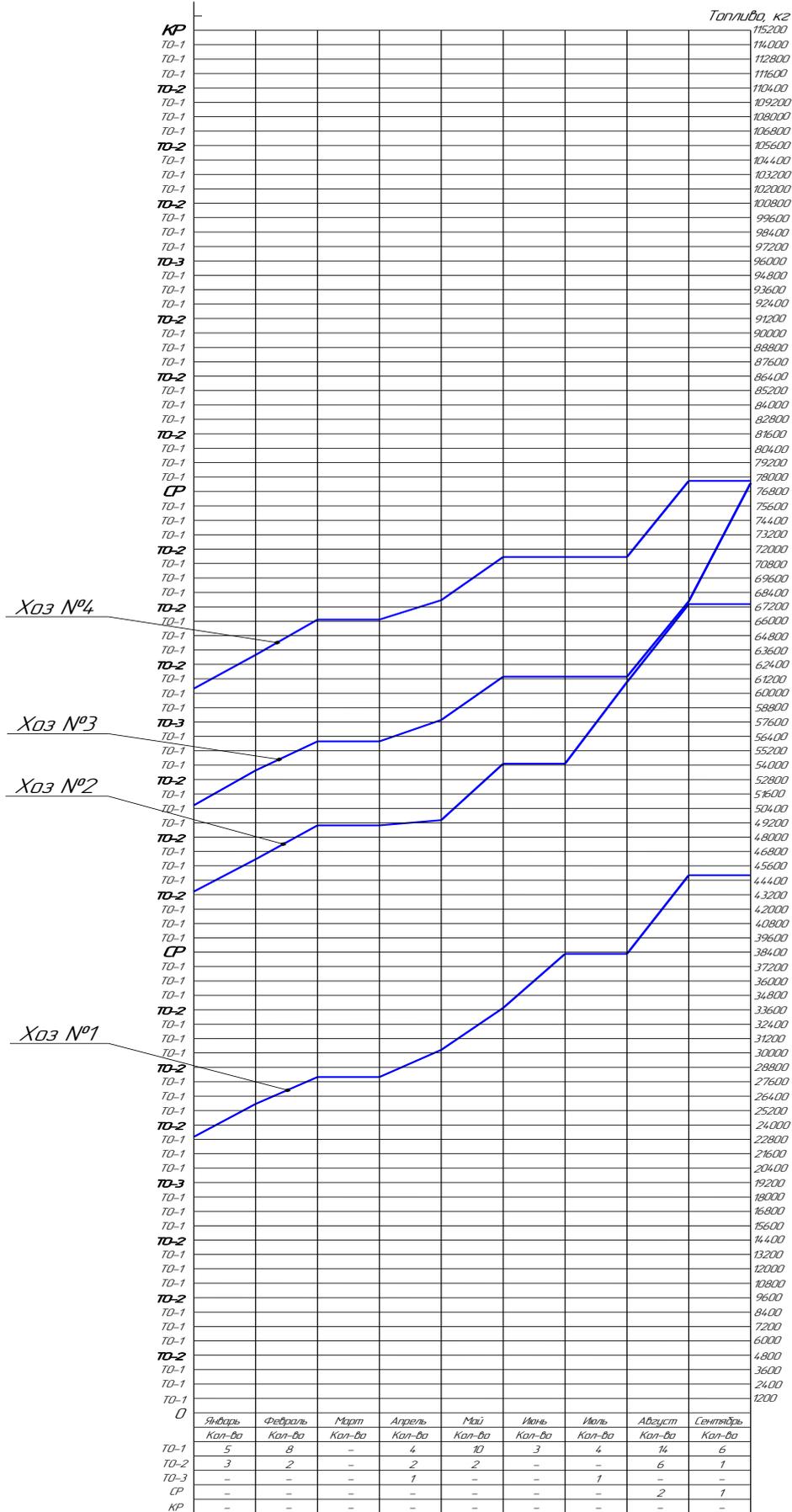


Рис. 5. График ТО и ремонтов тракторов

Хоз. № трактора	Расход топлива от начала эксплуатации, т, л, кг	План-график расходов																																																																									
		Январь			Февраль			Март			Апрель			Май			Июнь			Июль			Август			Сентябрь			Октябрь			Ноябрь			Декабрь			Всего за год																																					
		Расход топлива	Технич. обслуж.	Ремонт	Расход топлива	Технич. обслуж.	Ремонт	Расход топлива	Технич. обслуж.	Ремонт	Расход топлива	Технич. обслуж.	Ремонт	Расход топлива	Технич. обслуж.	Ремонт	Расход топлива	Технич. обслуж.	Ремонт	Расход топлива	Технич. обслуж.	Ремонт	Расход топлива	Технич. обслуж.	Ремонт	Расход топлива	Технич. обслуж.	Ремонт	Расход топлива	Технич. обслуж.	Ремонт	Расход топлива	Технич. обслуж.	Ремонт	Технические обслуживания	Ремонты																																							
К-744																																																																											
1	118300	33538	2064	20364	1	-	-	2064	4224	28	-	-	0	1224	28	-	-	1174	8124	1761	-	-	-	8111	13228	3	1	-	-	837	133124	-	-	-	837	133961	-	-	-	1689	1508526	1	-	1	-	986	151838	-	-	-	0	151838	-	-	-	0	151838	-	-	-	0	151838	-	-	-	0	151838	-	-	-	10	3	-	1	-
2	61500	26458	2064	452564	1	-	-	2064	65628	1	-	-	0	65628	-	-	-	830	66458	1	-	-	-	1564	68022	-	-	-	837	688591	-	-	-	837	69696	-	-	-	9401	790973	1	-	-	1653	807501	-	-	-	7208	879582	-	-	-	1	0	87958	-	-	-	0	87958	-	-	-	9	2	-	1	-						
3	0	3801	2064	2064	-	-	-	2064	44128	1	-	-	0	4128	-	-	-	830	49581	-	-	-	6572	115302	1	-	-	1674	113204	-	-	-	1885	150891	-	-	-	10838	259274	1	-	-	12084	380113	1	1	-	0	38011	-	-	-	0	38011	-	-	-	0	38011	-	-	-	12	3	1	-	-								
ИТОГО		6192	1	1	-	-	-	6192	2	-	-	0	-	-	-	-	-	3408	2	1	-	-	16247	5	2	-	3348	1	-	-	3559	1	-	-	37131	18	3	1	14723	4	1	1	7208	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	31	8	1	2	-														

Рис. 6. План-график ТО и ремонтов тракторов (табличная форма)

## 4.2 Определение годового объёма работ по техническому обслуживанию МТП

Исходными данными для определения годового объёма работ по техническому обслуживанию МТП является:

- количество технических обслуживаний, капитальных и средних ремонтов по отдельным маркам тракторов и комбайнов;
- количество послесезонных технических обслуживаний и средних ремонтов за несложными сельскохозяйственными машинами;
- количество машин и механизмов, подлежащих длительному хранению в нерабочий период;
- трудоёмкость каждого вида ремонта, технического обслуживания и хранения машин.

Для определения годового объёма работ по техническому обслуживанию МТП составляется таблица 9.

Исходными данными для определения годового объёма работ по техническому обслуживанию тракторов и комбайнов служат результаты расчётов таблицы 9 (количество технических обслуживаний и ремонтов, проводимых всего за год).

Трудоёмкость технических обслуживаний и ремонтов определяется по количеству и трудоёмкости каждого вида обслуживания или ремонта.

Годовой объём работ по текущему ремонту (устранение неисправностей) определяется как 50% от суммы трудоёмкости всех технических обслуживаний.

Годовой объём работ по хранению тракторов и комбайнов (подготовка к хранению, обслуживание в период хранения и снятие с хранения) определяется по количеству машин, устанавливаемых на хранение и норм затрат времени на хранение каждого вида машин.

## 4.3 Расчет исполнителей по техническому обслуживанию МТП

Для обеспечения производственного процесса технического обслуживания машин в штате мастерской должны быть предусмотрены следующие категории работников: мастера наладчики и мастера диагносты.

Необходимое число производственных рабочих по видам работ может быть определено по формуле:

$$M = \frac{T}{\Phi_{\text{дг}} \times K_n} \quad (3.1)$$

где  $T$  – годовая трудоёмкость работ, чел.ч;

$\Phi_{\text{дг}}$  – действительный годовой фонд рабочего времени, ч;

Таблица 9

## Объем работ по техническому обслуживанию машинно-тракторного парка

Наименование и марка машин	Количество машин	Ремонты и техническое обслуживание																						
		капитальный			средний			Текущий (устранение технич. неисправ.)	№1			№2			№3			сезонное			хранение			
		Кол-во	Трудоемкость, чел.-ч		Кол-во	Трудоемкость, чел.-ч			Трудоемкость, чел.-ч.	Кол-во	Трудоемкость, чел.-ч		Кол-во	Трудоемкость, чел.-ч		Кол-во	Трудоемкость, чел.-ч		Кол-во	Трудоемкость, чел.-ч		Кол-во	Трудоемкость, чел.-ч	
			одного	общая		одного	общая	общая			одного	общая		одного	общая		одного	общая		одного	общая		одного	общая
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
Итого					-				-				-			-			-				-	

$K_n$  – коэффициент, учитывающий повышение производительности труда ( $K_n=1,05$ ).

Действительный годовой фонд рабочего времени рассчитывается по формуле:

$$\Phi_{\partial z} = (D_k - D_n - D_v - D_o) P_c \times \eta_y \quad (3.2)$$

где  $D_k, D_n, D_v, D_o$ , – количество календарных, праздничных, выходных, отпускных дней;

$P_c$  – продолжительность смены, ч;

$\eta_y$  – коэффициент потерь рабочего времени по уважительным причинам ( $\eta_y=0,95$ )

По результатам расчётов делаются выводы о необходимом количестве мастеров-наладчиков, слесарей и мастеров-диагностов.

## 5 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРОЕКТА

Цель выполнения раздела. Изучить и освоить методы технико-экономического расчета и анализа показателей использования машинно-тракторного парка.

Общий объем механизированных работ определяется по результатам расчетов, полученных в таблице 4.

Площадь пашни принимается согласно заданию.

Коэффициент интенсивности обработки пашни находится из отношения общего объема механизированных работ к площади пашни.

Количество ус. эт. тракторов, количество комбайнов, количество трактородней, количество тракторосмен определяется из таблицы 4.

Среднегодовая выработка на 1 ус. эт. трактор находится из отношения общего объема механизированных работ к количеству ус. эт. тракторов.

Среднесменная выработка на 1 ус. эт. трактор находится из отношения общего объема механизированных работ к количеству тракторосмен.

Среднедневная выработка на 1 ус. эт. трактор находится из отношения общего объема механизированных работ к количеству трактородней.

Общий расход топлива определяется по результатам расчетов, полученных в таблице 4.

Удельный расход топлива находится из отношения общего расхода топлива к количеству ус. эт. тракторов.

Объем работ по техническому обслуживанию и ремонту определяется по результатам расчетов, полученных в таблице 9.

Потребное количество механизаторов, мастеров-наладчиков и мастеров-диагностов определяется по результатам расчетов, полученных в разделах 2 и 3.

На основании проведенных расчетов заполняется таблица 10.

Таблица 10

Технико-экономические показатели использования МТП

Показатели	Значение
1	2
1. Общий объем механизированных работ, ус. эт. га	
2. Площадь пашни, га	
3. Коэффициент интенсивности обработки пашни, усл. эт. га/га	
4. Количество тракторов ус. эт., шт. по маркам: (физич.) шт.	
5. Количество комбайнов, общее, шт. по маркам: шт.	

1	2
6. Количество трактородней – общее, тр. дней по маркам:	
7. Количество тракторосмен – общее тр. смен по маркам:	
8. Среднегодовая выработка на 1ус. эт. трактор, ус. га по маркам:	
9. Среднесменная выработка на 1ус. эт. трактор, ус. га по маркам:	
10. Среднедневная выработка на 1ус.эт трактор, ус.га по маркам:	
11. Расход топлива общий, кг	
12. Удельный расход топлива: ус. эт. трактором, кг/ ус эт. .га	
13. Объем работ по техническому обслуживанию и ремонту, чел. – ч	
14. Коэффициент сменности	
15. Потребное количество механизаторов, чел.	
16. Потребное количество мастеров-наладчиков, чел.	
17. Потребное количество мастеров-диагностов, чел.	

По результатам расчёта технико-экономических показателей использования МТП необходимо сделать выводы.

## РАЗРАБОТКА ИНДИВИДУАЛЬНОГО ЗАДАНИЯ

В разделе разрабатывается индивидуальное задание по следующим направлениям:

- технологическая карта возделывания с.х. культуры [1, 2, 3, 6, 12, 15];
- операционно-технологическая карта (ОТК) на выполнение полевого технологического процесса (посев, культивация, уборочные работы) [1, 3, 6, 8, 14, 15, 16];
- операционно-технологическая карта на выполнение технологического процесса ТО, диагностики или ОТК постановки на хранения машин [1, 2, 3, 4, 5, 14, 16];
- разработка плана участка ТО и диагностики [1, 2, 4, 14, 16];
- конструкторская разработка прибора или устройства, используемого при выполнении ТО и диагностики [1, 2, 3, 4, 5, 14, 15, 16, 17].

Индивидуальное задание выдаётся руководителем с учётом прохождения производственной эксплуатационной практики, тематикой ВКР и уточняется со студентом.

### 6.1 Разработка операционно-технологической карты на выполнение технологического процесса ТО

При разработке технологической карты технического обслуживания машины операции располагаются в технологической последовательности их выполнения. Если необходимо, то производят группировку операций, а затем указывают место проведения каждой операции; технические условия: на ее проведение; на необходимые инструменты, приспособления, оборудование и материалы.

Далее необходимо распределить обязанности между исполнителями и указать на основании литературных источников или хронометражных данных, полученных в период практики, время, затрачиваемое каждым исполнителем на выполнение операции и общие затраты на данную операцию. Затраты времени на выполнение операции отдельными исполнителями изобразить графически. При графическом исполнении получается наглядное отображение последовательности выполнения отдельных операций технического обслуживания и занятости исполнителей.

При разработке операционно-технологической карты на выполнение технологического процесса ТО используются инструкции по эксплуатации тракторов и комбайнов, а также Интернет-ресурсы.

Операционно-технологические карты выполняются на листе графической части в формате А1 (и являются 3<sup>-им</sup> листом графической части), а пояснения приводятся в расчетно-пояснительной записке.

Пример выполнения операционно-технологической карты приведён в приложении (рис. П.5.5).

## 6.2 Разработка технологической карты на подготовку машин к хранению

При разработке технологической карты на подготовку машин к хранению [3, 4] на листе графической части сначала изображаются схемы машин с таким расчетом, чтобы можно было указать все узлы, агрегаты и механизмы, которые должны быть сняты, зарегистрированы или покрыты предохранительным составом (при необходимости вид с правой и левой стороны или вид сверху и снизу и т.д.). В расчетно-пояснительной записке обосновать необходимость снятия, герметизации или покрытия предохранительным составом того или иного узла, агрегата или механизма. На листе графической части под схемами дать перечень и количество снимаемых, герметизируемых и покрываемых предохранительным составом узлов, агрегатов и механизмов.

На основании нормативных данных на листе графических работ привести затраты времени на подготовку, обслуживание и снятие машины с хранения, затраты эксплуатационных материалов и общие данные по машине (габариты, масса, площадь, занимаемая машиной), а также схему машины с указанием расположения опорных подставок и подкладок. В расчетно-пояснительной записке дать обоснование необходимости установки подкладок и подставок в том или ином месте машин.

Оформление листа заканчивается разработкой организационно-технических указаний по хранению машин (подготовка, обслуживание, хранение).

## 6.3 Разработка операционно-технологической карты на выполнение полевого технологического процесса

Разработка операционно-технологической карты на выполнение полевого технологического процесса проводится по методике, указанной в [8]. Пример выполнения операционно-технологической карты в формате А1 приведён в приложении 5 (рис. П.5.6)

## 7. ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

Выводы и предложения должно содержать краткие вводы по результатам расчётов в курсовом проекте и по основным технико-экономическим показателям проекта (табл. 10), также и предложения по использованию результатов разработки.

## 8 УКАЗАНИЯ ПО ПОДГОТОВКЕ К ЗАЩИТЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Законченный курсовой проект сдается на проверку, после исправления ошибок и недочетов, студент в обязательном порядке защищает курсовой проект перед комиссией из трех квалифицированных преподавателей.

Защита курсовых проектов проводится по графику, в специально отведенное время. Защита проводится в виде доклада студента по основным разделам проекта (до 5 мин.) и ответов на вопросы членов комиссии и присутствующих (до 7 мин). Доклад сопровождается пояснениями по листам графической части, студент (по согласованию с руководителем) может представить презентацию проекта в виде слайдов.

Подготовка к защите сводится к написанию тезисов доклада и оформлению иллюстративных материалов (презентации). Для иллюстрации доклада студентом могут быть использованы графические материалы проекта, а также специально подготовленные плакаты или слайды. При подготовке доклада и презентации следует придерживаться общих требований принятых в академии [11].

Рекомендуется следующая последовательность изложения: тема курсового проекта; постановка задач и проблемы; анализ состояния изучаемого вопроса; обоснование и принятие решений по разделам курсового проекта; выводы и предложения для производства.

Для подготовки к защите рекомендуется ответить на следующие контрольные вопросы.

1. Выбор рациональных марок тракторов.
2. Определение производительности агрегата при выполнении технологической операции.
3. Определение потребного количества тракторов и с.– х.м. на выполнение технологической операции.
4. Определение объёма работ в условных эт. га.
5. Методы корректировки графиков машиноиспользования и определение минимально необходимого количества тракторов.
6. Определение потребности в с.– х.м.
7. Определение количества ТО и ремонтов с использование графиков.
8. Определение трудоёмкости проведения ТО, ремонт тов ихранения техники.
9. Определение состава звена мастера – наладчика.
11. Определение удельного расхода топлива – кг/ус. эт. га.

Ответы на вопросы необходимо формулировать четко, ясно и по существу.

## 9 ЗАЩИТА КУРСОВОГО ПРОЕКТА И КРИТЕРИИ ВЫСТАВЛЕНИЯ ОЦЕНКИ

Законченные курсовые проекты в установленный срок сдаются студентами руководителю, который проверяет качество курсового проекта и его соответствие объему, указанному в задании. После проверки преподаватель подписывает чертежи и пояснительную записку, принимает решение о допуске к защите и назначает дату.

Проект защищается перед комиссией, которую определяет заведующий кафедрой. Защита производится вне расписания учебных занятий, согласно вывешенному на кафедре графику защиты.

Студент кратко в течение 5-7 мин излагает содержание проекта, отвечает на заданные вопросы. Во время защиты комиссией ведется протокол, в котором записываются задаваемые вопросы.

С учетом содержания, качества оформления и защиты проекта комиссия оценивает защиту по пятибалльной шкале.

На оценку влияют:

- обоснованность принятых решений;
- правильность расчетов и качество оформления пояснительной записки (оценка выставляется преподавателем, проверяющим пояснительную записку);
- качество доклада;
- правильность и полнота ответов на вопросы.

Комиссия оценивает курсовые проекты по следующим критериям: соответствие содержания и темы; полнота решения поставленных задач; уровень выполнения расчетов; достоверность полученных результатов; применение информационных технологий; качество оформления и соответствие требованиям; качество доклада; правильность и полнота ответов на вопросы.

Оценку «отлично» рекомендуется выставлять студенту, если проект выполнен на заданную тему, разделы разработаны грамотно, решения обоснованы и подтверждены расчетами. Пояснительная записка и графическая часть выполнены качественно. Студент сделал логичный доклад, раскрыл особенности, проявил большую эрудицию, аргументировано ответил на 90 – 100% вопросов, заданных членами комиссии.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если проект выполнен в соответствии с заданием, расчеты выполнены грамотно, но их обоснование не является достаточно глубоким. При этом ошибки не имеют принципиального характера, а проект оформлен в соответствии с установленными требованиями с небольшими отклонениями. Студент сделал хороший доклад и правильно ответил на 70 – 80% вопросов.

Оценка «удовлетворительно» выставляется, если проект выполнен в полном объеме, но содержит недостаточно убедительное обоснование, существенные технические ошибки, свидетельствующие о проблемах в знаниях студента,

но в целом не ставящие под сомнение его подготовку по дисциплине. При этом пояснительная записка, графическая часть выполнены небрежно. Студент не раскрыл основные положения своего проекта, ответил правильно на 50 – 60% вопросов.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется, если проект выполнен не в полном объеме, содержит грубые ошибки в расчетах и принятии решений, количество и характер которых указывает на недостаточную подготовку. Доклад сделан неудовлетворительно, содержание основных разделов не раскрыто; качество оформления проекта низкое, студент не правильно ответил на большинство вопросов, показал слабую подготовку.

Студентам, получившим неудовлетворительную оценку по курсовому проекту, предоставляется право выполнения проекта по новой теме, или по решению руководителя курсового проектирования и заведующего кафедрой, доработки прежней темы и определяется новый срок для ее защиты. Повторная защита курсового проекта допускается не более двух раз.

При выставлении оценки комиссия учитывает наличие у студента знаний и умений пользоваться научными методами познания, творческого подхода к решению инженерной задачи, владения навыками находить теоретическим путем ответы на сложные вопросы в области разработки и применения технологий ремонта и восстановления изношенных деталей машин и технологического оборудования.

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Зангиев, А.А. Эксплуатация машинно-тракторного парка: Учебник. [Текст]/ А.А Зангиев, А.В Шпилько, А.Г. Лавшин.– М.: КолосС ООО, 2007. – 320с.:ил.
2. Иофинов, С.А. Эксплуатация машинно-тракторного парка. [Текст]/ С.А Иофинов, Г.П. Лышко. – М.: Колос, 2005. – 351с.:ил.
3. Зангиев, А.А. Производственная эксплуатация машинно-тракторного парка: Учебник для вузов [Текст]/ А.А Зангиев, Г.П. Лышко А.Н. Скороходов. – М. Колос, 1996. – 320с.:ил.
4. Ананьин, А.Д. Диагностика и техническое обслуживание машин : учебник для студентов высш. учеб. заведений [Текст] / А. Д. Ананьин, В М. Михлин, И. И. Габитов [и др]. – М. : Издательский центр «Академия», 2008. –432 с., с цв. ил.
5. Бельских, В.И. Диагностирование и обслуживание сельскохозяйственной техники [Текст]/ В.И. Бельских. – М. : КолосС, 2001. – 376с.
6. Васин, В.Г. Растениеводство: Учебное пособие.изд.2-е доп. и перераб. [Текст]/ В.Г. Васин, А.В. Васин, Н.Н. Ельчанинова. – Самара: РИЦ СГСХА, 2009. – 528 с.
7. Гниломёдов, В.Г. "Хранение сельскохозяйственной техники: Учебное пособие [Текст]/ В.Г. Гниломёдов, А.А Кудашкин. – Самара, 2005. – 120с.
8. Кузнецов, С.А. Эксплуатация машинно-тракторного парка: Методические указания для выполнения контрольной работы. [Текст]/ С.А. Кузнецов, В.М. Янзин. – Кинель: РИЦ СГСХА, 2012. – 35с.
9. Разумов, И.Н. Справочный материал к методическим указаниям по дисциплине эксплуатации машинно-тракторного парка [Текст]/ И.Н. Разумов. – Кинель. 1987. – 57 с.
10. Сельскохозяйственная техника. Каталог. [Текст]/ Часть1,2 – М.: Колос, 2001. – 542 с.
11. Петрова, С.С. Методические рекомендации по оформлению курсовых работ и дипломных проектов для агроинженерных специальностей. [Текст]/ С.С. Петрова, Г.С. Бухвалов, С.В. Машков, А.П. Быченин, С.В Денисов. – Самара: РИЦ СГСХА, 2010.– 34с.
12. Типовые нормы выработки и расхода топлива на сельскохозяйственные механизированные работы. Т 1,2 Изд. 5, перераб. [Текст]/. – М.: Россельхозиздат, 2005. – 395 с.
13. Федеральный реестр технологий производства продукции растениеводства. Система технологий. [Текст]/ – М.: Информагротех, 2005. – 565с.:ил.
14. Каталог сельскохозяйственной техники [Электронный ресурс]. – Режим доступа –свободный: <http://www.agri-tech.ru/catalog/>
15. Журнал «АгроЭкоИнфо» [Электронный ресурс]. – Режим доступа – свободный: <http://agroecoinfo.narod.ru/journal/>

16. Журнал «Агро-Информ» [Электронный ресурс]. – Режим доступа – свободный: <http://agro-inform.ru/>
17. Национальный аграрный каталог 'СЕЛЬХОЗТЕХНИКА'. [Электронный ресурс]. – Режим доступа – свободный: <http://selhoz-katalog.ru/about.php>

# ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Самарская государственная сельскохозяйственная академия»

**ИНЖЕНЕРНЫЙ ФАКУЛЬТЕТ**  
Кафедра «Технический сервис»

**КУРСОВОЙ ПРОЕКТ**  
по дисциплине  
**ТЕХНОЛОГИЯ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ РАБОТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ**  
**МТП**

Тема :

«Проектирование рационального состава МТП и его технической экс-  
плуатации для хозяйства площадью ... га»

Выполнил:

Студент \_\_\_ курса

Группы \_\_

Направление подготовки: 110800.62 Агроинженерия

Профиль подготовки: Технические системы в агробизнесе (ТСвАБ);

личный номер \_\_\_\_\_  
(номер зачетной книжки)

**Иванов Иван Иванович**

К защите допущен: \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /  
(подпись) (инициалы, фамилия)

Оценка \_\_\_\_\_  
(цифрой и прописью)

\_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /  
ростиси членов комис-

сш

Самара 20 \_\_\_ г



Приложение 3  
Таблица П. 3.1

Эталонная сменная выработка и  
коэффициенты перевода физических тракторов в условные  
(эталонный трактор ДТ-75)  
(\* для учебного пользования)

Тяговый класс, кН	Марка трактора	Мощность двигателя, кВт	Значение коэффициента перевода, у.э. га	Эталонная сменная норма выработки, у.э. га
1	2	3	4	5
80	John Deere 9630	386	3,2	
80	К-744Р3	287,0	3,00	21,0
80	К-745	309,0	3,00	21,0
60	Buhler Versatile 2375	280	3,00	21,0
60	А-600	220,6	2,90	20,3
60	МТЗ-4520	336,0	2,90	20,3
60	John Deere 8530	236	2,90	20,3
50	К-701	220,6	2,70	18,9
50	К-701М	242,6	2,70	18,9
50	К-744	257,0	2,70	18,9
50	К-744Р2	257	2,70	18,9
50	К-744Р-04	184	2,70	18,9
50	К-744Р-05	220	2,70	18,9
50	МТЗ-3022	220,6	2,70	18,9
50	К-5280АТМ	205,0	2,70	18,9
50	МТЗ-2822	206,0	2,70	18,9
50	Т-250	183,8	2,70	18,9
50	New Holland Т8040	248	2,70	18,9
50	К-700А	158,0	2,10	14,7
50	МТЗ-2522	184,0	2,10	14,7
40	МТЗ-2022	156,0	2,00	14,0
40	МТЗ-2102	156,0	2,00	10,2
40	ВТ-150Д	110,0	1,45	10,2
40	ВТ-200	132,4	1,45	10,2
40	Т-4А	95,6	1,45	10,2
40	Т-402	110,3	1,45	10,2
40	ХТЗ-201	128,7	1,45	10,2
40	ХТЗ-17421	147	1,85	13,0
40	К-3180АТМ	132,0	1,85	13,0
40	ХТЗ-16131	132,4	1,85	13,0
40	ХТЗ-150К-12	132,4	1,85	13,0

## Окончание таблицы П. 3.1

1	2	3	4	5
40	ХТЗ-17221	128,7	1,85	13,0
40	ХТЗ-151К	128,7	1,85	13,0
40	ХТЗ-150-05-09	128,7	1,85	13,0
30	МТЗ-1523	114,0	1,65	11,6
30	Т-150	110,4	1,65	11,6
30	Т-150К	121,4	1,65	11,6
30	ХТЗ-150-03	110,0	1,65	11,6
30	ДТ-175С	125,1	1,65	11,6
30	ВТ-90	70	1,10	7,7
30	ВТ-100Д	88,0	1,10	7,7
30	ДТ-75М	66,1	1,10	7,7
20	ЛТЗ-155	118,0	1,35	9,5
20	МТЗ-1221	95,6	1,35	9,5
20	РТ-М-160	118,0	1,35	9,5
20	Беларус-1025	77	1,35	9,5
20	Беларус-1221	96,0	1,35	9,5
20	Беларус-11523	114	1,35	9,5
20	Т-70СМ	52,9	1,00	7,0
14	МТЗ-80,	58,9	0,70	4,9
14	МТЗ-82	58,9	0,75	5,3
14	Беларус-900	60,0	0,75	5,3
14	Беларус-952	65,0	0,75	5,3
14	ЛТЗ-60	44,1	0,60	4,2
14	ЮМЗ-6АКЛ	44,1	0,60	4,2
14	Беларус-592	46,0	0,60	4,2
14	Беларус-552	42,0	0,60	4,2
9	Т-40АМ	36,8	0,50	3,5
9	Т-40М	36,8	0,50	3,5

**Коэффициенты перевода в эталонные единицы  
сельскохозяйственных тракторов**

Марка трактора	Эксплуатационная мощность двигателя, кВт	Эксплуатационная масса трактора, кг	Рабочая скорость пахотного агрегата, км/ч	Коэффициент использования времени смены	Производительность в час сменного времени, га	Коэффициент перевода в эталонные тракторы (эталон. трактор ТЭ-150)
1	2	3	4	5	6	8
«Эталон ТЭ-150»	110,3	6300	8,12	0,72	1,50	1
ЗАО «Петербургский тракторный завод» (Россия)						
К-745	364,0	18800	11,00	0,51	3,27	2,18
К-744Р3	264,0	17500	9,72	0,58	2,76	1,84
К-744Р2	235,0	15680	9,25	0,61	2,51	1,67
К-701М	224,0	14600	9,04	0,63	2,37	1,58
К-744Р1	205,0	15060	8,02	0,64	2,29	1,53
К-744Р-05	205,0	14300	8,44	0,64	2,26	1,51
К-701	198,6	13600	8,60	0,65	2,20	1,47
К-744Р	172,0	15060	6,73	0,67	2,10	1,40
ЗАО «Агротехмаш» (Россия)						
К5220 АТМ	155,0*	9020	11,00	0,74	2,05	1,37
К5250 АТМ	165,0*	9020	11,00	0,71	2,25	1,50
К5280 АТМ	195,0*	9070	11,00	0,70	2,39	1,59
К3180 АТМ	130,0*	7000	11,00	0,77	1,77	1,18
К3160 АТМ	118,0*	7000	11,00	0,78	1,64	1,09
К3140 АТМ	103,0*	7000	9,70	0,80	1,52	1,01
ФГУП «Уралвагонзавод» (Россия)						
РТ-М-160	118,0	6300	11,00	0,79	1,49	0,99
ОАО «Камаз» (Россия)						
КамАЗ Т-215	135,0	7205	11,00	0,76	1,83	1,22
ОАО «Клаас» (Россия)						
«ATLES 946»	202,0	9026	11,00	0,69	2,43	1,62
ОАО «Липецкий тракторный завод» (Россия)						
ЛТЗ-55	36,8	2900	7,14	0,89	0,52	0,34
ЛТЗ-155	110,3	5600	11,00	0,80	1,33	0,89
ЛТЗ-60АВ	44,1	3380	7,15	0,87	0,66	0,44
ЛТЗ-55А	36,8	3075	6,56	0,89	0,56	0,37
ЛТЗ-55АН	36,8	3090	6,53	0,89	0,56	0,37
ООО «Завод Омсктрактор» (Россия)						
ЗТМ-60Л	45,6	3400	7,55	0,88	0,62	0,41
ЗТМ-62Л	45,6	3660	6,83	0,87	0,67	0,45
ООО «Владимирский моторо-тракторный завод» (Россия)						
ВТЗ-2048А	33,1	2750	6,82	0,89	0,51	0,34
Т-45А	33,1	2600	6,76	0,89	0,49	0,32
Т-30-69	22,1	2390	6,50	0,91	0,31	0,20
Т-30-70	22,1	2390	6,50	0,85	0,31	0,20
Т-30А-80	22,1	2490	6,50	0,91	0,32	0,22
ВТЗ-2032А	22,1	2440	6,50	0,91	0,32	0,22
ВТЗ-30СШ	22,1	2440	6,50	0,91	0,31	0,20
ВТЗ-2027	18,4	2020	6,50	0,92	0,26	0,17
ОАО «Сарэкс» (Россия)						
АЕС-804	59,0	3950	7,19	0,86	0,75	0,5

Продолжение таблицы П. 3.2

1	2	3	4	5	6	8
ОАО «Харьковский тракторный завод» (Украина)						
ХТЗ-21042	177,9	7900	11,00	0,66	2,00	1,33
ХТЗ-17421	136,0	9040	8,87	0,71	1,65	1,10
ХТЗ-17024	132,4	8700	9,93	0,70	1,69	1,13
ХТЗ-150К-09	121,3	8005	9,47	0,72	1,55	1,03
ХТЗ-17221	121,3	8980	8,44	0,72	1,60	1,07
ХТЗ-16131	118,0	8260	9,88	0,71	1,62	1,08
РУП «Минский тракторный завод» (Беларусь)						
«Беларус 3022ДВ»	199,1	11500	11,00	0,67	2,63	1,75
«Беларус 2522ДВ»	176,0	11100	11,00	0,69	2,43	1,62
«Беларус 2022»	148,6	9000	10,08	0,75	1,88	1,25
«Беларус 1523»	108,3	5500	11,00	0,79	1,34	0,89
«Беларус 1221»	90,4	4640	11,00	0,81	1,20	0,80
«Беларус 1222»	90,4	5000	11,00	0,79	1,32	0,88
«Беларус 1021»	74,0	4295	10,30	0,83	1,01	0,67
«Беларус 1025»	74,0	4295	10,30	0,83	1,01	0,67
«Беларус 952»	62,2	3920	9,55	0,85	0,89	0,60
«Беларус 950»	62,2	3720	10,06	0,85	0,88	0,59
«Беларус 923»	62,2	4500	8,32	0,842	0,93	0,62
РУП «Минский тракторный завод» (Беларусь)						
«Беларус 922»	62,2	4400	8,51	0,843	0,92	0,61
«Беларус 920»	57,4	3920	8,82	0,851	0,84	0,56
«Беларус 900»	57,4	3720	9,53	0,858	0,79	0,53
«Беларус 820»	57,4	3900	8,86	0,85	0,85	0,57
«Беларус 800»	57,4	3700	9,59	0,86	0,79	0,52
«Беларус 82Р»	57,4	3870	8,93	0,85	0,85	0,57
«Беларус 82.1»	57,4	3970	8,70	0,85	0,85	0,57
«Беларус 80Х»	57,4	3870	9,17	0,86	0,80	0,53
«Беларус 592»	44,0	3890	6,70	0,87	0,71	0,48
«Беларус 590»	44,0	3680	7,39	0,87	0,66	0,44
«Беларус 521»	44,0	3670	7,22	0,87	0,70	0,47
«Беларус 520»	44,0	3430	7,72	0,869	0,69	0,46
«Беларус 552»	40,3	3890	6,22	0,87	0,67	0,45
«Беларус 550»	40,3	3680	6,75	0,88	0,62	0,41
«Беларус 532»	40,3	3410	7,09	0,87	0,65	0,43
«Беларус 530»	40,3	3200	7,76	0,879	0,60	0,40
«Беларус 512»	40,3	3640	6,82	0,878	0,62	0,41
«Беларус 510»	40,3	3430	7,24	0,879	0,61	0,41
«Беларус 320Р»	24,6	1670	9,39	0,90	0,40	0,27
«Беларус 310»	24,6	1670	9,64	0,90	0,38	0,25
«Беларус 321»	24,6	1250	11,00	0,90	0,36	0,24
ГП «Южмаш» (Украина)						
ЮМЗ-10280	73,5	4914	8,20	0,84	0,99	0,66
ЮМЗ-8085	59,0	4130	8,04	0,86	0,78	0,52
ЮМЗ-8285	59,0	4370	7,40	0,85	0,84	0,56
ЮМЗ-60АКЛ	44,5	4000	6,50	0,88	0,63	0,42
ЮМЗ-62АКЛ	44,5	4200	6,50	0,87	0,66	0,44
Фирма «John Deere»						
JD 9520	331,0	16500	11,00	0,57	3,29	2,19
JD 9420	312,0	16500	11,00	0,58	3,20	2,13
JD 9320	276,0	16500	11,00	0,61	2,98	1,99
JD 8430	225,0	12950	11,00	0,67	2,75	1,83
JD 8330	206,0	12950	10,80	0,68	2,06	1,37
JD 7930	162,5	8730	11,00	0,73	2,09	1,39

## Окончание таблицы П. 3.2

1	2	3	4	5	6	8
JD 7830	150,7	8600	11,00	0,74	1,98	1,32
JD 6730	138,0	8550	11,00	0,76	1,85	1,23
JD 7810	110,3	6415	11,00	0,79	1,57	1,05
JD 6920	110,0	6460	11,00	0,79	1,57	1,05
JD 6120	59,0	4560	8,67	0,86	0,98	0,66
Фирма «Buhler»						
«Buhler 435»	324,0	149502	11,00	0,59	3,37	2,25
«Versotile 2375»	275,0	12860	11,00	0,62	3,02	2,01
Фирма «Case New Holland»						
«Case STX 530»	395,0	22045	11,00	0,53	3,84	2,56
«Case STX 430»	321,0	21065	10,37	0,60	3,59	2,39
«Case STX 380»	283,0	18615	10,34	0,60	3,20	2,13
«Case T8040»	223,0	10200	11,00	0,67	2,57	1,71
«Case NH MAG 305»	190,0	14770	8,75	0,70	2,62	1,75
«Case NH MAG 275»	168,0	147,7	8,48	0,72	2,45	1,63
«Case NH MAG 245»	149,0	12000	8,48	0,74	2,20	1,47
«Case IH 180 Puma»	134,0	7540	11,00	0,78	1,79	1,19
«Case NH MAG 215»	131,0	12000	7,43	0,76	2,05	1,37
Фирма «Fendt»						
«Fendt 930 Vario»	221,0	9840	11,00	0,67	2,61	1,74
«Fendt 926 Vario»	199,0	9680	11,00	0,69	2,46	1,64
«Fendt 924 Vario»	176,0	9680	11,00	0,71	2,28	1,52
«Fendt 920 Vario»	154,0	9620	10,88	0,73	2,08	1,39
«Fendt 916 Vario»	132,0	9620	9,33	0,75	1,92	1,28
Фирма «McCormick»						
«McCorm XTX 215»	143,0	8000	11,00	0,75	1,91	1,27
Фирма «Same Deut Fahr»						
«Deutz Agr Fahr 165»	125,0	7070	11,00	0,77	1,72	1,15
Фирма «Valtra»						
«Valtra T 190»	139,0	5950	11,00	0,76	1,84	1,23
«Valtra T 170»	125,0	5950	11,00	0,77	1,73	1,15
«Valtra T 161»	118,0	5950	11,00	0,78	1,67	1,11

Приложение 4  
Таблица П. 4.1

Выписка из типовых норм модельного хозяйства зоны Поволжья

Сменные нормы выработки и расхода топлива (кг/га) при длине гона 800-1000м.						
Наименование операции	Марка трактора	Марка С.Х.М.	Количество С.Х.М.	Глубина обработки	Норма выработки, га/см	Расход топлива кг/га
1	2	3	4	5	6	7
1. Лущение стерни и дискование	К-701	ЛД-20	1	6-8 см	84,3	3,3
		БД-10	1	6-8 см	48,4	5,5
		БДТ-7,0	1	6-8 см	37,0	7,2
		БДТ-6С	1	6-8 см	32,2	6,7
	К-700А	ЛД-20	1	6-8 см	75,9	2,9
		БД-10	1	6-8 см	46,5	4,5
		БДТ-7,0	1	6-8 см	34,4	6,3
	Т-150К	ЛДГ-15	1	6-8 см	74,0	2,3
		ЛДГ-10	1	6-8 см	54,2	2,5
	Т-4А	ЛДГ-15	1	6-8 см	58,3	2,5
		БД-10	1	6-8 см	41,1	3,8
		БДТ-7,0	1	6-8 см	31,8	4,6
	ДТ-75М	ЛДГ-10	1	6-8 см	40,8	2,7
		БД-4,1	1	6-8 см	19,9	4,8
		БДТ-2,5А	1	6-8 см	13,0	7,3
	МТЗ-80	ЛДГ-5	1	6-8 см	22,4	3,0
		БДН-3	1	6-8 см	15,2	4,4
	МТЗ-1522	БДТ-6	1	6-8 см	25,9	5,6
	Т-150	БДТ-6	1	6-8 см	23,8	5,7
	К-744	БДТ-6,6	1	6-8 см	28,0	9,0
ЛДГ-15		1	6-8 см	62,0	3,8	
МТЗ-1221	ЛДГ-10	1	6-8 см	44,1	4,5	
ВТ-200Д	БДТ-7,0	1	6-8 см	36,75	5,83	
ВТ-150	ЛДГ-10	1	6-8 см	51,45	2,9	
2. Основная обработка почвы	К-3180	ПРУН-5-45	1	25-27 см	8,12	20,58
	К-744Р, К-744Р1, К-744Р2	ПБС-7/9.9	1		22,68	12,59
		ПН-8-35	1		10,3	23
		ПРУН-8-45	1		18,7	12,1
	К-701М	ПТК-9-35	1	20-22 см	14,7	21,1
		ПТК-9-35	1	25-27 см	11,5	27,0
		ОПО-4,25	2	20-22 см	42	8,5
		АПК-6	1	20-22 см	32,2	1,8
	К-700А	ПН-8-35	1	20-22 см	11,6	21,2
	К-700А	ПН-8-35		25-27 см	7,4	30,2
	Т-150К	ПРУН-5-45	1	20-22 см	8,3	20,1
	Т-150К	ПЛН-5-35	1	20-22 см	8,2	24,3
	Т-150	КНК-400	1	20-22 см	18,9	10,2
	Т-4А	ПП-6-35	1	20-22 см	9,0	17,2
	Т-4А	ПП-6-35		25-27 см	7,2	21,3

## Продолжение таблицы П. 4.1

1	2	3	4	5	6	7
		П-5-35	1	20-22 см	6,3	17,7
		ПН-4-35	1	25-27 см	4,9	23,0
	ДТ-75М	П-4-35	1	20-22 см	6,2	17,8
		П-4-35	1	25-27 см	5,1	21,8
	МТЗ-1221	ОПО-4,25	1		16,8	9,3
	МТЗ-1522	Smaragd9/400	1		18,2	9,8
	МТЗ-1522	ПКМ-5-35	1		7,7	20,2
	ВТ-100	ПЛН-4-35	1	20-22 см	4,9	23,2
	ХТЗ-16131	КНК-4000		20-22 см	18,9	9,1
	МТЗ-80	ПЛН-3-35	1	20-22 см	3,2	29,1
3. Боронование	К-701	БИГ-3	5	-	78,3	3,3
	К-700А	БИГ-3	5	-	78,3	2,9
	Т-150	БЗСС-1,0	21	-	99,3	1,2
			18x2	-	77,6	3,6
		БЗТС-1,0	21	-	99,3	1,5
			16x2	-	55,7	4,6
		БИГ-3	4	-	63,8	2,5
			3	-	51,1	3,0
		ККШ-11,3			42	2,3
	Т-4А	ЗБЗС-1,0	18x2	-	62,7	1,9
	ДТ-75М	ЗБЗС-1,0	24	-	85,4	1,1
		БЗТС-1,0	21	-	78,0	1,3
		БЗСС-1,0	21	-	85,0	1,1
	МТЗ-1522	ККШ-11,3	1		49,6	1,8
	Т-150	ККШ-11,3	1		42,0	2,3
	ВТ-100	ККШ-11,3	1		36,4	1,8
	МТЗ-1522	БЗСС-1,0	24		44,1	1,9
	Т-150	БЗСС-1,0	24		42,7	2,3
	ВТ-100	БЗСС-1,0	24		37,1	1,7
	МТЗ-80	БЗТС-1,0	12	-	52,0	1,7
		ЗБНТУ-1,0	9	-	41,9	2,2
		БЗСС-1,0	12	-	62,9	1,3
4. Культивация с боронованием	К-701	КПС-4	4	6-8 см	74,7	3,9
	К-700А	КПС-4	4	6-8 см	68,4	3,0
			3	6-8 см	55,0	3,5
	Т-150 и Т-150 К	КПГ-4	3	6-8 см	55,0	2,9
		КПГ-4	2	6-8 см	39,1	3,1
	Т-4А	КПС-4	4	6-8 см	58,0	2,3
			3	6-8 см	50,2	2,7
	ДТ-75М	КПС-4	2	6-8 см	34,2	2,9
	МТЗ-80	КПГ-4	1	6-8 см	20,1	4,2
		КПС-4	1	6-8 см	22,4	4,0
		КПН-4Г	1	6-8 см	17,2	4,6
	МТЗ-82	БК-6	1		36,4	1,7
	МТЗ-1522	Smaragd9/400	1		23,1	4,8
	МТЗ-1522	КПО-6	1		26,4	3,9

Продолжение таблицы П. 4.1

1	2	3	4	5	6	7
	МТЗ-1522	КПС-4	2		35	4,5
	МТЗ-1522	ОПО-4,25	1		23,1	4,5
	Т-150 К	КНК-400	1		23,8	5,9
	ВТ-100	КПГ-4	2		26,6	3,6
	ХТЗ-16131	КНК-400			23,1	5,4
5. Посев зерновых	К-701	СЗ-3,6	4	6-8 см	41,5	4,1
			4	6-8 см	34,0	3,1
	К-700А	СЗ-3,6	3	6-8 см	30,0	3,3
			4	6-8 см	33,0	3,5
		СЗП-3,6	3	6-8 см	29,0	3,7
			4	6-8 см	32,0	2,3
Т-4А	СЗ-3,6	3	6-8 см	28,0	2,6	
		4	6-8 см	29,5	2,7	
		СЗП-3,6	3	6-8 см	27	2,9
			4	6-8 см	25,9	4,5
	Т-150	СУБМ-9 СЗ-3,6	4	6-8 см	34	3,0
			3	6-8 см	30,5	3,0
			4	6-8 см	31,5	3,3
		СЗП-3,6	3	6-8 см	29,0	2,2
			4	6-8 см	28,0	2,5
	ДТ-75М	СЗ-3,6	3	6-8 см	26,0	2,7
			2	6-8 см	21,5	2,6
			3	6-8 см	23,5	3,2
		СЗП-3,6	2	6-8 см	19,5	2,7
			4	6-8 см	22,7	2,9
	МТЗ-80	СЗ-3,6	1	6-8 см	11,8	2,9
			2	6-8 см	15,0	2,6
		СЗП-3,6	1	6-8 см	11,0	2,9
			2	6-8 см	15,0	2,6
	МТЗ-1522	ДМС«Примера»	1	6-8 см	39,9	3,4
	МТЗ-1522	Д9-40 «Super»	1	6-8 см	56,0	2,6
	МТЗ-1522	СЗП-3,6	3	6-8 см	51,8	2,8
	МТЗ-1221	АУП-18.05	1	6-8 см	18,2	4,3
6. Посев кукурузы, подсол- нечника	ЮМЗ-6Л	СКНК-8	1	6-8 см	15,0	2,1
		СПЧ-6	1	6-8 см	10,0	2,6
	МТЗ-80	СПЧ-6	1	6-8 см	11,0	3,3
		СУПН-8 <sup>v</sup>	1	6-8 см	17,4	3,0
	Т-150К	СКПП-12	1	6-8 см	31,5	2,2
	ДТ-75М	СПЧ-6М <sup>'</sup>	3	6-8 см	27,8	2,5
	Т-70С	СПЧ-6М	3	6-8 см	27,8	2,1
		СУПН-8	1	6-8 см	17,4	3,0
7. Прикатывание почвы	Т-150	ЗККШ-6А	3+2		111,3	1,2
			2+3		93,3	1,3
		ЗККШ-6А	3+2		99,9	1,2
			2+3		92,6	1,3
	ДТ-75М	ЗККШ-6А	3		76,9	1,2
			2		60,4	1,6
		ККН-2,8	6		79,9	1,2
			5		76,7	1,3

Окончание таблицы П. 4.1

1	2	3	4	5	6	7	
	ДТ-75М	ЗКББ-1,5	3		56,3	1,8	
			2		47,7	2,2	
		ЗКВГ-1,4	3		51,5	1,9	
			2		42,8	2,3	
			1		32,6	1,4	
			ККН-2,8	5		58,6	1,1
				4		57,7	1,2
	СКГ-2	1		29,9	2,2		
	МТЗ-80	ЗККШ-6А	2+1		71,0	1,2	
			2		61,5	1,5	
		ЗКВГ-1,4	2		36,6	2,4	

Таблица П. 4.2

Заготовка кормов						
Наименование операции	Марка трактора	Марка С.Х.М.	Количество С.Х.М.	Урожайность, т/га	Норма выработки	Расход топлива кг/га
1	2	3	4	5	6	7
1. Кошение	МТЗ-80	КРН-2,1	1	2,5-5,0	10,8	4Д
				>5,0	10,5	4,1
		КТП-6	1	2,5-3,0	16,8	2,5
				>3,5	15,0	2,8
		КС-2,1	1	2,5-3,0	7,6	5,2
				>3,5	6,9	5,5
		КПИ-2,4	1	2,5-5,0	7,3	9,0
				5,0-10,0	5,8	10,7
				10,0-15,0	4,5	13,1
				15,0-20,0	3,5	16,1
		КИР-1,5Б	1	>22	2,8	19,2
				до 5,0	5,1	12,0
				5,0-10,0	4,8	12,5
				15,0-25,0	3,5	16,0
		КС-1,8	1	30,0-40,0	2,0	27,0
				>45	1,8	30,2
				2,5-5,0	6,3	8,8
				5,0-10,0	5,4	10,1
		КСК-100	1	10,0-20,0	7,4	12,6
				до 10	14,0	8,0
				>22,0	5,1	17,2
				10,0-20,0	4,1	20,4
	Т-150К	КПКУ-75	1	2,5-5,0	10,6	10,0
				5,0-10,0	7,0	14,2
				10,0-20,0	4,1	20,4
				22,0	3,1	24,8
2. Кошение трав с плющением		КПС-5Г	1	2,5-5,0	17,3	3,4
				5,0-10,0	15,9	3,7

## Окончание таблицы П. 4.2

1	2	3	4	5	6	7
				10,0-20,0	13,4	4,4
				20,0-30,0	10,6	5,5
				30,0-40,0	7,7	7,5
				40,0-50,0	6,1	9,4
	МТЗ-80	КПРН-3	1	1,0-2,0	15,2	3,4
				2,0-3,0	13,3	3,8
				>3,5	12,8	3,9
		КПВ-3		1,0-2,0	10,4	4,8
				2,0-3,0	8,9	5,5
>3,5				7,7	6,2	
3. Ворошение и сгребание		КР-420		Незав. от влажн.	19,2	1,9
		ГВК-6				25,6
4. Подбор валков с измельчением		КСК-100		5,0-10,0	13,7	6,7
				10,0-20,0	7,8	10,9
				>22,0	5,4	15,0
	МТЗ-80	КС-1,8		2,5-5,0	12,0	4,3
				5,0-10,0	8,7	5,4
				10,0-15,0	4Д	10,2
5. Стогование	Т-150К	СПТ-60		1,0-2,0	18,5	4,8
				3,0-4,0	11,6	8,6
				4,0-5,0	7,4	15,0
				>5,0	5,2	18,5
6. Прессование	МТЗ-80	ПС-1,6		1,0-2,0	15,3	2,9
				3,0-4,0	8,4	5,3
				4,0-5,0	6,2	7,3
				>5,0	4,7	9,6
		ПРП-1.6		1,0-2,0	15,4	3,2
				3,0-4,0	7,3	6,3
				4,0-5,0	5,4	8,5
				>5,0	4,1	11,2

Таблица П.4.3

## Уборка зерновых культур

Наименование операции	Марка Комбайна	Марка С.Х.М.	Количество С.Х.М.	Урожайность, т/га	Норма выработки, га	Расход топлива кг/га	
1	2	3	4	5	6	7	
1 Прямое комбайнирование							
1 Прямое комбайнирование без измельчения соломы							
	СК-5 «Нива Эф-фект»	ХС-6М	1	до 1,5	13,8	6,4	
				1,5-2,0	11,7	7,2	
				2,0-3,0	9,7	8,1	
	Енисей-1200				до 1,5	15,3	5,9
					1,5-2,0	14,0	6,3
					2,0-3,0	10,6	7,7
	Дон-1500Б				до 1,5	24,1	6,3
					1,5-2,0	20,0	7,3
					2,0-3,0	15,9	8,8
2. Прямое комбайнирование без измельчения соломы.							
	СК-5 «Нива Эф-фект»	ХС-5-1200 ПУН-5	1	до 1,5	12,8	7,9	
				1,5-2,0	11,6	8,5	
				2,0-3,0	9,1	10,4	
	Енисей-1200	ХС-5-1200 ПУН-6	1		до 1,5	14,2	7,2
					1,5-2,0	12,1	8,3
					2,0-3,0	10,2	9,6
	Дон-1500Б	ХС-7-1200 ПНК-1500	1		до 1,5	22,3	7,6
					1,5-2,0	18,2	8,9
					2,0-3,0	14,5	10,6
2 Раздельная уборка							
. Скашивание в валки							
	СК-5 «Нива Эф-фект»	ЖВН-6А	1		15,7	6,1	
		ЖНС-6-12	1		21,3	3,4	
		ЖВН-10	1		30,5	2,5	
		ЖВН-6А			21,1	3,6	
2. Подбор и обмолот валков без измельчения соломы							
а) после ЖНС-6-12	Дон-1500	ППТ-3А	1	1,4-1,8	29,1	5,1	
				1,8-2,2	24,4	5,9	
				2,2-3,0	21,2	6,8	
	СК-5 «Нива Эф-фект»			1,4-1,8	17,6	4,7	
				1,8-2,2	15,0	5,3	
				2,2-3,0	13,4	5,9	
б) после ЖВН-6А	Дон-1500Б	ППТ-3А	1	1,4-1,8	12,5	9,3	
				1,8-2,2	11,6	9,9	
				2,2-3,0	10,7	10,8	
	СК-5 «Нива Эф-фект»			1,4-1,8	19,4	8,2	
				1,8-2,2	18,3	8,6	
				2,2-2,6	17,2	9,1	
				2,6-3,4	16,1	9,6	

Окончание таблицы П.4.3

1	2	3	4	5	6	7
в) после	Дон-1500Б	ППТ-3А	1	1,4-1,8	27,2	5,8
				1,8-2,2	24,0	6,3
				2,2-2,6	21,2	6,9
				2,6-3,4	18,3	7,9
	СК-5» «Нива Эффект	ППТ-3А	1	1,4-1,8	205	4,6
				1,8-2,2	18,0	5,1
				2,2-2,6	16,0	5,7
				2,6-3,4	13,2	6,7
3. Подбор и обмолот валков с измельчением соломы						
а) после	СК-5» «Нива Эффект	ППТ-3А		1,4-1,8	15,5	6,7
				1,8-2,2	14,0	6,7
				2,2-2,6	12,6	7,3
				2,6-3,4	10,1	9,2
б) после	СК-5» «Нива Эффект	ППТ-3А		1,4-1,8	16,4	5,4
				1,8-2,2	15,0	5,8
				2,6-3,4	10,5	7,5
в) после	СК-5» «Нива Эффект	ППТ-3А		1,4-1,8	15,5	6,8
				1,8-2,2	14,4	7,0
				2,2-2,6	12,8	7,8
				2,6-3,4	10,2	9,1

Скирдование сена и соломы

Наименование операции	Марка трактора	Марка С.Х.М.	Масса скирды, т	Норма выработки, т	Расход топлива кг/га
Скирдование	МТЗ-80	СШП-0,5	6-10	26,0	1,14
	МТЗ-82	СНУ-0,5	6-10	26,0	1,1
	ЮМЗ-6Л	ПФ-0,5	10-20	30,0	1,0
Скирдование	МТЗ-80	СШП-0,5	6-10	21,0	1,2
	МТЗ.82	СНУ-0,5	6-10	21,0	1,0
	ЮМЗ-6Л	СШП-0,5	10-20	23,0	1,1

Таблица П.4.4

Сволакивание соломы

Марка трактора	Марка С.Х.М.	Урожайность, ц с/га	Норма выработки, га	Расход топлива, кг/га
1	2	3	4	5
После жаток ЖВН-6				
Т-4А, Т-150	ВТУ-10	12,5-17,5	113	0,6
		17,5-22,5	85	0,8
		22,5-30,0	75	1,0
ДТ-75М	ВТУ-10	12,5-17,5	107	0,6
		17,5-22,5	82	0,7
		22,5-30,0	70	0,8
МТЗ-80/82	ВТУ-10	12,5-17,5	86	0,5
		17,5-22,5	70	0,6
		22,5-30,0	53	0,8

## Окончание таблицы П.4.3

1	2	3	4	5
После жаток ЖВН-10				
Т-4А,Т-150	ВТУ-10	12,5-17,5	95	0,7
		17,5-22,5	70	1,0
		22,5-30,0	58	1,2
		30,0-40,0	42	1,6
ДТ-75М	ВТУ-10	12,5-17,5	89	0,5
		17,5-22,5	68	0,8
		22,5-30,0	56	1,0
МТЗ-80/82	ВТУ-10	12,5-17,5	77	0,5
		17,5-22,5	58	0,7
		22,5-30,0	43	0,9
		30,0-40,0	36	1,2
Подбор и измельчение соломы				
МТЗ-80/82	ТП-Ф-45РС		23,1	4,5

Таблица П.4.4

## Уборка силосных культур

Марка трактора	Марка С.Х.М.	Урожайность, т/га	Норма выработки, га	Расход топлива, кг/га
1	2	3	4	5
	КСК-100	до 10	13.8	8.2
		10.0-20.0	11.8	9.8
		20.0-30.0	9.0	10.7
		30.0-40.0	7.5	12.1
Т-150К	КПКУ-75	до 10	9.7	10.5
		10.0-20.0	7.1	13.5
		20.0-30.0	5.4	16.7
		30.0-40.0	4.1	20.3
	КСС-2.6	до 10	9.8	11.6
		10.0-20.0	8.1	13.0
		20.0-30.0	6.8	14.6
		30.0-40.0	5.7	16.2
	КС-2.6	до 10	9.8	9.6
		10.0-20.0	8.1	10.5
		20.0-30.0	6.9	11.7
		30.0-40.0	5.7	13.2
ДТ-75М	КСС-2.6	до 10	9.0	10.8
		10.0-20.0	6.7	12.2
		20.0-30.0	5.2	13.9
		30.0-40.0	4.7	14.6
	КС-2.6	до 10	9.0	9.0
		10.0-20.0	6.7	10.2
		20.0-30.0	5.2	11.6
		30.0-40.0	4.2	13.7
МТЗ-80	КСС-2.6	до 10	8.7	9.1
		10.0-20.0	6.6	9.9
		20.0-30.0	5.0	11.6
	КС-2.6	до 10	8.7	8.4

## Окончание таблицы П.4.4

1	2	3	4	5
		10.0-20.0	6.6	8.6
		20.0-30.0	5.0	10.1
	КС-1.8	до 10	6.1	9.6
		10.0-20.0	4.9	11.0
		20.0-30.0	3.8	12.7
		30.0-40.0	2.9	16.0

КП.12.ХХ - ХХ.ДИ.1		КП.12.ХХ - ХХ.ДИ.1																																							
Наименование операций	Марка трактора	АПРЕЛЬ					МАЙ					ИЮЛЬ					ИЮЛЬ					АВГУСТ					СЕНТЯБРЬ					Октябрь									
		Подкормка	МТЗ-80			3																																			
Баранование	ДТ-75М		4		3		1		2					2					2																						
	МТЗ-80		4		8		14		16					2					4																						
Культивация с баранованием	Т-150К		3		1		1		1				1																												
Посев	ДТ-75М		4										2																												
	МТЗ-80		4										2																												
Прикатывание	МТЗ-80		2																																						
	ДТ-75М		2																																						
Посев	МТЗ-80																																								
	ДТ-75М																																								
Порука удобрений	МТЗ-80																																								
Внесение удобрений	МТЗ-80																																								
Вспашка	Т-150К																																								
Междурядная обработка	МТЗ-80																																								
	ККК-100М																																								
Скаш на зел. корм	ККК-100М																																								
Подготовка поля к уборке	СК-5М																																								
Скашивание в валки	СК-5М																																								
	ДОН-1500Б																																								
Сволаживание соломы	ДТ-75М																																								
	Т-150К																																								
Лицение стерни	МТЗ-80																																								
	Т-150К																																								
Скучивание	МТЗ-80																																								
	Т-150К																																								
Обсл.ж. животнов.	МТЗ-80																																								
	Т-150К																																								
Уплотнение и укрытие	ДТ-75М																																								
	МТЗ-80																																								
Листы и даты	МТЗ-80	1	1	1	4	3	1	5	1	5	5	3	3	3	1	1	5	1	2	2	1	1	5	5	1	1	3	3	4	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
	ДТ-75М	-	-	-	4	4	3	3	2	-	4	4	2	-	4	4	-	-	2	4	2	2	2	2	-	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	1	2	2	-	-	-
	Т-150К	-	-	-	3	1	1	1	3	3	-	2	3	-	-	-	-	-	2	2	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	-	2	1	3	3	3	1	-	-	-	
	ККК-100М	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	4	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	СК-5М	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
ДОН-1500Б	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		

Рис П.5.1 График машиноиспользования (таблично-линейный график)





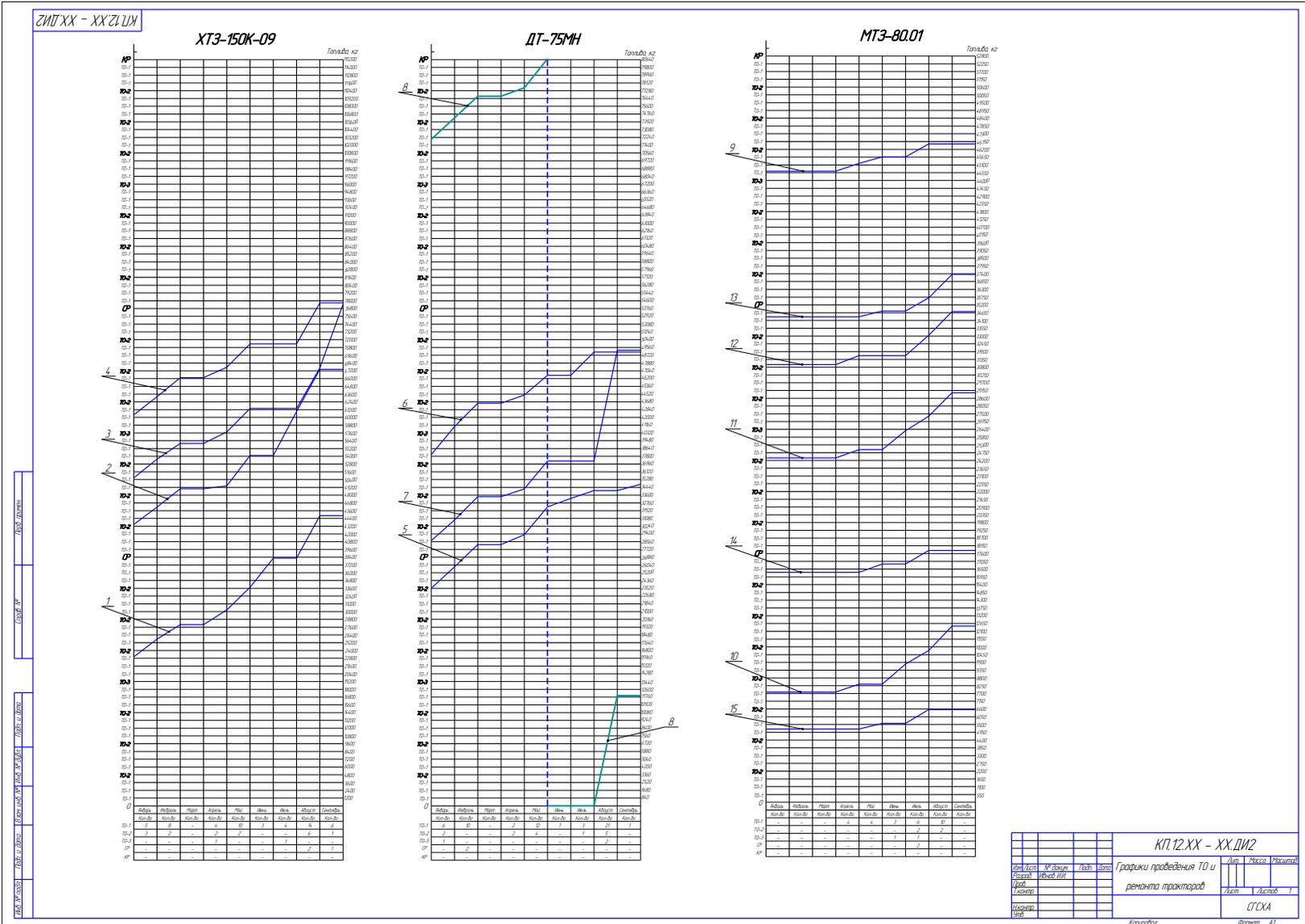


Рис П.5.4. График ТО и ремонтов тракторов

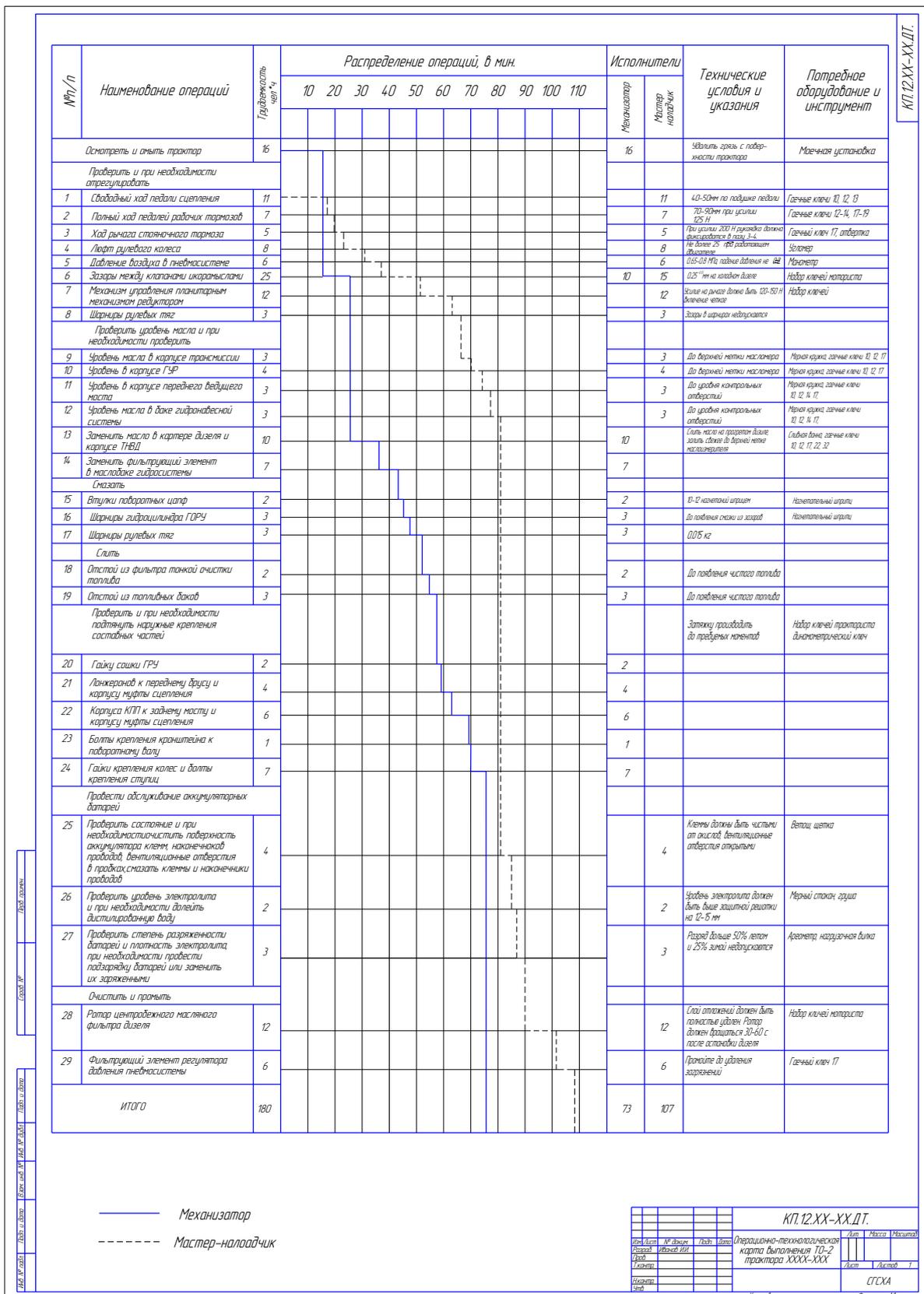


Рис П.5.5. Операционно-технологическая карта ТО за трактором.



Учебное издание

Сергей Александрович Кузнецов  
Дмитрий Сергеевич Сазонов

# **ТЕХНОЛОГИЯ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ РАБОТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ МАШИНО-ТРАКТОРНОГО ПАРКА**

**Методические указания для выполнения курсового проекта**

ЛР № 020444 от 10.03.98 г.  
Подписано в печать 22.09.205  
Формат 60×84 1/16.  
Бумага офсетная  
Усл. печ. л.3,5  
Заказ 250 тираж 100

***Редакционно-издательский центр Самарской ГСХА***  
446442, Самарская обл., п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная 2  
Тел.: (84663) 46-2-44, 46-2-47  
Факс 46-2-44  
E-mail: [ssaariz@mail.ru](mailto:ssaariz@mail.ru)



Министерство сельского хозяйства  
Российской Федерации  
Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего профессионального  
образования  
«Самарская государственная  
сельскохозяйственная академия»  
Кафедра «Технический сервис»

# **Учебная практика в мастерских**

**Методические указания**

Кинель  
РИЦ СГСХА  
2014

УДК621.9  
ББК 34.671  
У-91

**У-91** Учебная практика в мастерских : методические указания /  
сост. М. П. Макарова, В. В. Шигаева. – Кинель : РИЦ СГСХА,  
2014. – 33 с.

В методических указаниях представлены индивидуальные задания и требования к выполнению отчёта по учебной практике в мастерских.

Методические указания предназначены для бакалавров, обучающихся по направлениям: 110800.62 – «Агроинженерия», 051000.62 – «Профессиональное обучение», 190600.62 – «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов».

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие .....	4
Общие требования к оформлению отчёта.....	5
Варианты индивидуальных заданий.....	9
Тесты для самоконтроля.....	15
Критерии оценки защиты отчета по учебной практике в мастерских.....	22
Приложение.....	23
Рекомендуемая литература.....	32

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Цель данных методических указаний – помочь студентам самостоятельно подготовить отчёт по учебной практике в мастерских. Учебная практика является составной частью основной образовательной программы высшего профессионального образования и представляет собой одну из форм организации учебного процесса, заключающуюся в профессионально-практической подготовке студентов в учебных мастерских ФГБОУ ВПО Самарской ГСХА.

Задача учебной практики в мастерских – это формирование следующих компетенций:

- стремление к саморазвитию, повышению своей квалификации и мастерства, владение навыками самостоятельной работы;
- способность обеспечивать выполнение правил техники безопасности, производственной санитарии, пожарной безопасности и норм охраны труда и природы;
- развитие профессионально важных качеств личности современного рабочего (специалиста).

Основным документом, подтверждающим выполнение программы учебной практики, регламентирующим учебную деятельность студента, сформированность компетенций и профессионально значимых качеств – является отчёт по практике. Руководитель практики от кафедры в соответствии с графиком прохождения учебной практики выдает индивидуальные задания по вариантам и указывает дату проверки отчёта. Далее отчёт студента проверяется на качество выполненного реферата, и в частности на плагиат. Отчет по практике состоит из двух частей. В первой части дается тема и план написания. Во второй части представлено задание по выполнению технологической карты изготовления металлического изделия «болт» или «гайка». В данном задании заложен метод направляющих текстов, основанных на образовательной технологии когнитивного инструктирования. Сущностью направляющего текста является кодирование и сообщение учащемуся с помощью словесно-знаковых средств информации сравнительно небольшого объема для индивидуального восприятия.

Для самостоятельной работы в методических указаниях представлены тематические тесты, которые обеспечивают студентам возможность проводить самоконтроль уровня знаний по изучаемым темам.

## **ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ОТЧЁТА**

Отчёт по учебной практике в мастерских выполняется в машинописном виде. Объём отчёта: 15-20 страниц формата А4.

Отчет содержит следующие структурные элементы:

титульный лист;

оглавление;

основная часть;

список используемой литературы и источников.

Примеры оформления представлены в приложениях 1-3.

### **Требования по оформлению текста**

Поля: левое 30 мм, правое 10 мм, нижнее 20 мм и верхнее – 15 мм. Интервал: основной текст и список используемой литературы и источников – 1,5 строки; примечания (постраничные сноски) – 1 (одинарный). Гарнитура: Times New Roman. Размер кегля: основной текст и список литературы – 14 пт.; примечания (постраничные сноски) – 10 пт. Название глав и параграфов – 16 пт., жирный. Название рисунков и таблиц: 14 пт.

Выравнивание: основной текст, список литературы и постраничные сноски – по ширине; названия глав и параграфов – по центру.

Абзацы печатаются с красной строки; от левого поля имеется отступ 1,25 см. Расстояние между абзацами = 0 (см. Формат □→ Абзац).

Расстояние между названиями глав и параграфов выдерживается в 1 интервал. Расстояние между текстом предыдущего параграфа и названием следующего должно равняться двум интервалам. Каждая глава начинается с новой страницы. После написания названия главы точку не ставят.

Нумерацию страниц в отчёте начинают с титульного листа, на котором номер страницы не ставится. Кроме титульного листа все страницы отчёта нумеруются арабскими цифрами, которые ставятся внизу страницы по центру. Кавычки должны иметь вид «Текст» (печатные кавычки). Использование кавычек вида “Текст” допускается лишь в случае двойного цитирования («Текст: “Текст1”»). Использование кавычек вида “Текст” не допускается.

### **Требования по оформлению рисунков**

Рисунки в тексте должны иметь сплошную нумерацию. Словом «рисунок» обозначаются все иллюстративные примеры, графики, диаграммы и т.п. На все рисунки должны быть указания в тексте отчета в следующем виде:

*Текст текст текст текст текст (рис. n\*). Текст текст текст текст.*

Пример оформления подрисуночной надписи.

*Рис. 5. Приспособления для плоскостной разметки*

### **Требования по оформлению таблицы**

Таблицы следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией. Каждая таблица должна иметь краткое, точное название, отражающее ее содержание. Слово «Таблица n\*» (где n\* – номер таблицы) следует помещать над таблицей справа. Название таблицы размещают на следующей строке, по центру страницы. Интервал между номером таблицы, названием таблицы и самой таблицей = 1 (одинарный). На все таблицы должны быть указания в тексте отчета в следующем виде:

*Текст текст текст текст (табл. n\*). Текст текст текст.*

Таблицу следует располагать в отчете непосредственно после текста, в котором она упоминается впервые, или на следующей странице. Столбцы таблицы должны быть пронумерованы (нумерация арабскими цифрами, под названиями столбцов).

Пример оформления таблиц.

Таблица 1

Режимы обработки деталей

<i>Текст</i>	<i>Текст</i>	<i>Текст</i>	<i>Текст</i>	<i>Текст</i>
1	2	3	4	5
<i>Текст</i>	<i>Текст</i>	<i>Текст</i>	<i>Текст</i>	<i>Текст</i>
<i>Текст</i>	<i>Текст</i>	<i>Текст</i>	<i>Текст</i>	<i>Текст</i>

При переносе части таблицы на другую страницу название помещают только над первой частью таблицы, нижнюю горизонтальную черту, ограничивающую таблицу, не проводят. Над дру-

гими частями пишут «Продолжение табл. n\*». Заголовки граф и строк таблицы следует писать с прописной («большой») буквы в единственном числе, а подзаголовки граф – со строчной («маленькой») буквы, если они составляют одно предложение с заголовком, или с прописной буквы, если они имеют самостоятельное значение.

### **Правила оформления ссылок**

Ссылки на использованную литературу и источники оформляются следующим способом:

– в тексте («затекстовые ссылки»): после составления пронумерованного списка литературы в основном тексте работы приводятся указания на источники цитат, которые помещают в квадратные скобки (например, [24, с. 44], что означает 24-й источник, 44 страница).

### **Правила оформления списка литературы**

Список литературы должен включать не менее 5 источников и оформляться по следующим правилам (ГОСТ 7.1-2003).

В списке литературы сначала указываются источники законодательной базы (ГОСТы), затем – научные публикации (книги, статьи). Интернет сайты, послужившие материалами для отчёта, указываются в конце списка.

### **Обратите внимание!**

- После фамилии автора ставится запятая.
- Между точкой и двоеточием в обозначении издательства ставится пробел (М. : .....).
- После названия источника ставится пробел и через косую черту указываются инициалы и фамилия автора. Только затем пишутся выходные данные.
- Указание количества страниц в источнике обязательно.
- В конце литературного источника обязательно ставится точка.

## **Примеры оформления списка литературы**

### **Описание нормативно-правовых актов**

ГОСТ 2310-77 Молотки слесарные стальные. Технические условия: межгосударственный стандарт. – М. : Стандартинформ. 24 с.

#### **Описание книги одного автора**

Новиков, В. Ю. Слесарь-ремонтник / В. Ю. Новиков. – М. : Издательский центр «Академия», 2003. – 304 с.

#### **Описание книги 2, 3-х авторов**

В заголовке описания книги двух или трех авторов приводят фамилию одного автора, как правило, первого из указанных на титульном листе.

Покровский, Б. С. Слесарное дело / Б. С. Покровский, В. А. Скакун. – М. : Издательский центр «Академия», 2003. – 320 с.

Долгих, А. И. Слесарные работы: учебное пособие / А. И. Долгих, С. В. Фокин, О. Н. Шпортько. – М. : Альфа-М, 2014. – 528 с.

#### **Описание книги 4-х и более авторов**

Долой библиотечные стандарты! / С. Д. Ильенкова, А. В. Бандурин, Г. А. Горбовцов [и др.] ; под ред. С. Д. Ильенкова. – М. : ЮТА, 2000. – 583 с.

#### **Описание статей из газет, журналов, сборников**

Критиканов, И. Т. Поле чудес в стране... / И. Т. Критиканов, В. Н. Обьянов, Е. В. Русанов [и др.] // Бухгалтерский учет. – 1996. – №38. – С. 30-34.

#### **Описание электронных ресурсов**

Макиенко, Н. И. Общий курс слесарного дела [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://publ.lib.ru/ARCHIVES/M/MAKIENKO\\_Nikolay\\_Ivanovich/Makienko\\_N.I..html](http://publ.lib.ru/ARCHIVES/M/MAKIENKO_Nikolay_Ivanovich/Makienko_N.I..html).

## **ВАРИАНТЫ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ**

### **Вариант 1**

1. Изучить материал по представленной теме и выполнить реферат.

Тема: «Плоскостная разметка».

1.1 Назначение разметки.

1.2 Безопасность труда на рабочем месте.

1.3 Способы разметки.

1.4 Инструменты и приспособления для плоскостной разметки (виды инструментов, материалы).

1.5 Приемы плоскостной разметки. Накернивание разметочных линий.

1.6 Методы контроля плоскостной разметки. Брак при разметке.

2. Вычертить карту по изготовлению металлического изделия «болт» с простановкой размеров детали по заданному варианту.

### **Вариант 2**

1. Изучить материал по представленной теме и выполнить реферат.

Тема: «Рубка металла».

1.1 Назначение и сущность рубки.

1.2 Безопасность труда на рабочем месте.

1.3 Инструменты для рубки (режущие, ударные инструменты, заточка режущих инструментов, материалы).

1.4 Процесс и приемы рубки различных металлов.

1.5 Методы контроля и выявление брака при рубке.

2. Вычертить карту по изготовлению металлического изделия «гайка» с простановкой размеров детали по заданному варианту.

### **Вариант 3**

1. Изучить материал по представленной теме и выполнить реферат.

Тема: «Правка и рихтовка металла».

1.1 Назначение правки и рихтовки.

1.2 Безопасность труда на рабочем месте.

1.3 Приспособления и инструменты для правки (виды инструментов, материалы).

- 1.4 Методы правки (правка ударной нагрузкой и давлением, методом подогрева, правка сварных изделий).
- 1.5 Методы контроля и выявление брака при правке металла.
2. Вычертить карту по изготовлению металлического изделия «болт» с простановкой размеров детали по заданному варианту.

#### **Вариант 4**

1. Изучить материал по представленной теме и выполнить реферат.  
Тема: «Гибка металла».
  - 1.1 Назначение и сущность гибки металла.
  - 1.2 Безопасность труда на рабочем месте.
  - 1.3 Приспособления и инструменты для гибки металла (виды инструментов, материалы).
  - 1.4 Определение длины заготовки изогнутой детали.
  - 1.5 Ручная гибка деталей из листового и полосового металла.
  - 1.6 Методы контроля и выявление брака при гибке металла.
2. Вычертить карту по изготовлению металлического изделия «гайка» с простановкой размеров детали по заданному варианту.

#### **Вариант 5**

1. Изучить материал по представленной теме и выполнить реферат.  
Тема: «Резка металла».
  - 1.1 Сущность и способы резки.
  - 1.2 Безопасность труда на рабочем месте.
  - 1.3 Инструменты и приспособления для резки металла (виды инструментов, материалы).
  - 1.4 Правила резки.
  - 1.5 Резка сортового, листового металла и труб.
  - 1.6 Методы контроля и выявление брака при резке металла.
2. Вычертить карту по изготовлению металлического изделия «болт» с простановкой размеров детали по заданному варианту.

#### **Вариант 6**

1. Изучить материал по представленной теме и выполнить реферат.  
Тема: «Опиливание металла».
  - 1.1 Назначение опилования.

- 1.2 Безопасность труда на рабочем месте.
  - 1.3 Классификация напильников (по форме насечки, по крупности зуба, по форме сечения бруска, по назначению, материалы).
  - 1.4 Содержание напильников.
  - 1.5 Приемы и виды опиливания.
  - 1.6 Методы контроля качества опиливания и выявления брака.
2. Вычертить карту по изготовлению металлического изделия «гайка» с простановкой размеров детали по заданному варианту.

### **Вариант 7**

1. Изучить материал по представленной теме и выполнить реферат.

Тема: «Сверление».

- 1.1 Сущность сверления.
  - 1.2 Техника безопасности на рабочем месте.
  - 1.3 Части сверла, материалы.
  - 1.4 Ручное и механическое сверление.
  - 1.5 Способы крепление деталей при сверлении.
  - 1.6 Методы контроля и выявление брака при сверлении.
2. Вычертить карту по изготовлению металлического изделия «болт» с простановкой размеров детали по заданному варианту.

### **Вариант 8**

1. Изучить материал по представленной теме и выполнить реферат.

Тема: «Зенкерование, зенкование, развертывание».

- 1.1 Назначение зенкерования, зенкования и развертывания.
  - 1.2 Техника безопасности на рабочем месте.
  - 1.3 Инструменты и приспособления.
  - 1.4 Приемы развертывания.
  - 1.5 Методы контроля и выявление брака.
2. Вычертить карту по изготовлению металлического изделия «гайка» с простановкой размеров детали по заданному варианту.

### **Вариант 9**

1. Изучить материал по представленной теме и выполнить реферат.

Тема: «Нарезание резьбы».

- 1.1 Основные элементы и профили резьбы, виды крепежных резьб.
  - 1.2 Безопасность труда на рабочем месте.
  - 1.3 Инструменты и приспособления для нарезания внутренней и наружной резьбы.
  - 1.4 Материалы инструментов.
  - 1.5 Правила и приемы нарезания внутренней и наружной резьбы.
  - 1.6 Методы контроля и выявление брака при нарезании резьбы.
2. Вычертить карту по изготовлению металлического изделия «болт» с простановкой размеров детали по заданному варианту.

### **Вариант 10**

1. Изучить материал по представленной теме и выполнить реферат.  
Тема: «Шабрение».
  - 1.1 Сущность и назначение шабрения.
  - 1.2 Техника безопасности на рабочем месте.
  - 1.3 Инструменты и приспособления для шабрения.
  - 1.4 Виды и приемы шабрения.
  - 1.5 Методы контроля качества и выявление брака при шабрении.
2. Вычертить карту по изготовлению металлического изделия «гайка» с простановкой размеров детали по заданному варианту.

### **Вариант 11**

1. Изучить материал по представленной теме и выполнить реферат.  
Тема: «Распиливание и припасовка».
  - 1.1 Сущность распиливания и припасовки.
  - 1.2 Техника безопасности на рабочем месте.
  - 1.3 Инструменты и приспособления для распиливания и припасовки.
  - 1.4 Приемы распиливания.
  - 1.5 Особенности обработки при припасовке.
  - 1.6 Методы контроля и выявление брака.
2. Вычертить карту по изготовлению металлического изделия «болт» с простановкой размеров детали по заданному варианту.

### **Вариант 12**

1. Изучить материал по представленной теме и выполнить реферат.

Тема: «Притирка и доводка».

- 1.1 Назначение притирки и доводки.
  - 1.2 Техника безопасности на рабочем месте.
  - 1.3 Инструменты и приспособления для притирки и доводки. Притирочные материалы.
  - 1.4 Виды и способы притирки.
  - 1.5 Виды и способы доводки.
  - 1.6 Методы контроля и выявление брака.
2. Вычертить карту по изготовлению металлического изделия «гайка» с простановкой размеров детали по заданному варианту.

### **Вариант 13**

1. Изучить материал по представленной теме и выполнить реферат.

Тема: «Пространственная разметка».

- 1.1 Назначение и сущность пространственной разметки.
  - 1.2 Техника безопасности на рабочем месте.
  - 1.3 Приспособления для разметки (виды инструментов, материалы).
  - 1.4 Приемы и последовательность разметки.
  - 1.5 Методы контроля и выявление брака.
2. Вычертить карту по изготовлению металлического изделия «болт» с простановкой размеров детали по заданному варианту.

### **Вариант 14**

1. Изучить материал по представленной теме и выполнить реферат.

Тема: «Пайка и лужение».

- 1.1 Назначение пайки и способы лужения.
- 1.2 Техника безопасности на рабочем месте.
- 1.3 Виды паяных соединений. Припой.
- 1.4 Флюсы для пайки металлов и сплавов.
- 1.5 Инструменты и приспособления (виды инструментов, материалы).
- 1.6 Методы контроля и выявление брака.

2. Вычертить карту по изготовлению металлического изделия «гайка» с простановкой размеров детали по заданному варианту.

### **Вариант 15**

1. Изучить материал по представленной теме и выполнить реферат.

Тема: «Организация труда рабочего места слесаря».

1.1 Виды слесарных работ и их назначение.

1.2 Рабочий и контрольно-измерительный инструмент слесаря.

1.3 Механизированные инструменты (назначение, область применения).

1.4 Эксплуатация и уход за рабочим инструментом.

1.5 Техника безопасности на рабочем месте.

1.6 Пожарная профилактика.

2. Вычертить карту по изготовлению металлического изделия «болт» с простановкой размеров детали по заданному варианту.

## ТЕСТЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

Таблица 1

### Тесты на тему: «Рубка»

1	Из каких марок стали изготавливают зубило, крейцмейсель, канавочник?	У7, У7А, У8, У8А	И7, И7А, И8, И8А	У12, У12А, У13, У13А
2	Чем различаются между собой зубило и крейцмейсель?	Длиной инструмента	Толщиной режущей кромки	Длиной и шириной режущей кромки
3	Молотки какой массы применяют для рубки металла?	От 800 до 1000 г	От 400 до 600 г	От 50 до 200 г
4	Чему равен угол заострения $\beta$ для стальных изделий?	$35^{\circ}$	$70^{\circ}$	$60^{\circ}$
5	Какая масса молотка требуется для рубки зубилом с шириной режущей кромки 10 мм?	400 г	800 г	200 г
6	Точность обработки при рубке	0,05-0,1мм	0,5-1 мм	1-2 мм
7	Какой вид удара молотком применяется для точных и легких работ?	Кистевой	Плечевой	Локтевой
8	С помощью чего контролируют угол заточки зубила?	штангенциркуль	шаблон, угломер	линейка
9	Твердость режущей части зубила	HRC 53-59	HRC 35-45	HRC 65-70
10	Какой слой металла можно удалить за один проход ?	1 мм	2 мм	3 мм
11	Молотки какой массы применяют для рубки металла?	От 800 до 1000 г	От 400 до 600 г	От 50 до 200 г
12	Какая масса молотка требуется для рубки крейцмейселем с шириной режущей кромки 5 мм?	400 г	800 г	200 г
13	Назвать элементы зубила	Ударная, режущая, середина	Режущая часть и ручка	Боек и режущая часть
14	Из какого материала изготавливают ручки молотков	Из пластмассы	Из металла	Из твердых пород деревьев
15	Чему равен угол заострения для мягких материалов?	$70^{\circ}$	$45^{\circ}$	$60^{\circ}$

Окончание табл. 1

16	Какова твердость бойка молотка?	HRC 50-56	HRC 45-50	HRC 60-70
17	Какова величина заднего угла	15-20 <sup>0</sup>	10-15 <sup>0</sup>	3-8 <sup>0</sup>
18	В каких случаях применяют зубила со скругленной режущей кромкой?	для вырубания заготовок из листового материала	для прорубания канавок	для вырубания пазов и криволинейных канавок
19	Что называется углом резания?	Угол между передней и задней поверхностью зубила	Между обработанной поверхностью и осью зубила	Угол между задней поверхностью зубила и обработанной поверхностью
20	Какой слой металла можно удалить за один проход?	1 мм	2 мм	3 мм

Таблица 2

## Тесты на тему: «Опиливание»

1	Точность обработки при опиливании	От 0,5 до 0,001 м	От 0,1 до 0,01 мм	От 0,25 до 0,5 м
2	Как классифицируются напильники	-по длине; -по количеству зубьев на 10 мм рабочей длины;	-по форме насечки; -по числу насечек на 10 мм длины; -по форме сечения бруска; -по назначению	-по форме сечения бруска; -по способу нанесения насечек;
3	Какие материалы опиляют напильником с одинарной насечкой?	Неметаллические материалы	Мягкие металлы	Сталь, чугун
4	Назначение бархатного напильника?	Отделка поверхности	Чистовое опиление	Черновое опиление
5	Число насечек на 10 мм длины личного напильника	12-23	4-11	>28
6	Точность обработки поверхности драчевым напильником	0,01 мм	0,001 мм	0,1-0,2 мм
7	Какую форму сечения имеют напильники для опиления внутренних углов > 15°	Ромбические	Плоские	Круглые
8	Насколько длина напильника должна быть больше длины детали, если обрабатываем крупную деталь?	На 100 мм	На 150-200 мм	На 50 мм
9	Из какого материала изготавливают напильники?	Сталь У7; У7А	Сталь У7А; У8А	Сталь У10; У13А; 13Х; ШХ15
10	Каким инструментом проверяют качество обработанной поверхности?	Поверочная линейка, угольник	Штангенрейсмус	Штангенциркуль
11	Какой слой металла снимают драчевым напильником?	0,01-0,02 мм	0,5-1,0 мм	0,3-0,02 мм
12	Номера насечек личного напильника	4;5	2;3	0;1
13	Какое число насечек имеет бархатный напильник?	> 28	4-11	10-20
14	Из какого материала изготавливают напильники?	Сталь У7; У7А	Сталь У10; У13А; 13Х; ШХ15	Сталь У8; У8А

## Окончание табл. 2

15	Как называется ненасеченный участок у напильника?	Пята	Носок	Ребро
16	Какие материалы опиливают напильником с двойной насечкой?	Цветные металлы	Сталь, чугун	Неметаллические материалы
17	Какую форму сечения имеют напильники для заточки пил по дереву?	Трехгранные	Круглые	Плоские
18	Какой длины надо взять напильник, если длина детали = 100 мм?	400 мм	250 мм	350 мм
19	Какие используют напильники для обработки мелких деталей?	Надфили	Общего назначения	Рашпили
20	Назначение личного напильника?	Отделка поверхности	Чистовое опиливание	Черновое опиливание

Таблица 3

## Тесты на тему: «Разметка»

1	Точность выполнения разметки по чертежу	0,5 мм	0,1 мм	0,005 мм
2	Из какого материала изготавливают кернер?	У10, У12	У7А, У8А	У11, У13
3	Где применяется разметка по образцу?	Для изготовления нескольких одинаковых деталей	При сборке крупных деталей	При выполнении ремонтных работ
4	Каким красителем окрашивают стальную или чугунную поверхность?	Раствор медного купороса	Меловой раствор	Спиртовой лак
5	Какой инструмент применяется для разметочных линий по линейке?	Циркуль	Чертилка	Кернер
6	Расстояние между кернами на длинных разметочных линиях?	От 10 до 50 мм	От 5 до 10 мм	От 20 до 100 мм
7	Как называется вид разметки, если она выполняется на нескольких плоскостях заготовки?	Пространственная	Линейная	Плоскостная
8	Как классифицируется разметка?	Котельная, судовая, машиностроительная	Линейная, пространственная	Линейная, плотностная
9	Что называется базой?	Поверхность или Точка, от которой начинается разметка	Склад, где хранится инструмент	Одна из поверхностей обрабатываемой детали
10	Из какого материала изготавливают разметочные плиты?	Серый чугун	Сталь	Белый чугун
11	Назначение рейсмуса	Для нанесения вертикальных и горизонтальных линий	Для разметки окружности	Для нанесения центров

## Тема: «Шабрение»

1. Верно ли утверждение, что шабрение это окончательная отделочная обработка?

1. да; 2. нет.

2. Верно ли утверждение, что операция по соскабливанию с поверхности деталей очень тонких частиц металла называется шабрением?

1. да; 2. нет.

3. Выбрать: какие поверхности обрабатывают шабрением?

1. прямолинейные;  
2. цилиндрические;  
3. криволинейные.

4. Верно ли, что шабрением можно обрабатывать закаленные поверхности?

1. да; 2. нет.

5. Как подразделяются шаберы по форме режущей части?

1. цельные, со вставными пластинками;  
2. плоские, трехгранные, фасонные;  
3. односторонние, двусторонние.

6. Плоский шабер изготавливают с...

1. вогнутыми концами; 2. с прямыми концами;  
3. изогнутыми концами; 4. кривыми концами;  
5. выпуклыми концами.

7. С увеличением твердости пришабриваемого материала угол заострения плоского шабера...

1. уменьшается; 2. увеличивается.

8. Указать цифрами углы шаберов (рис. 1).

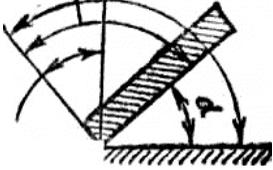
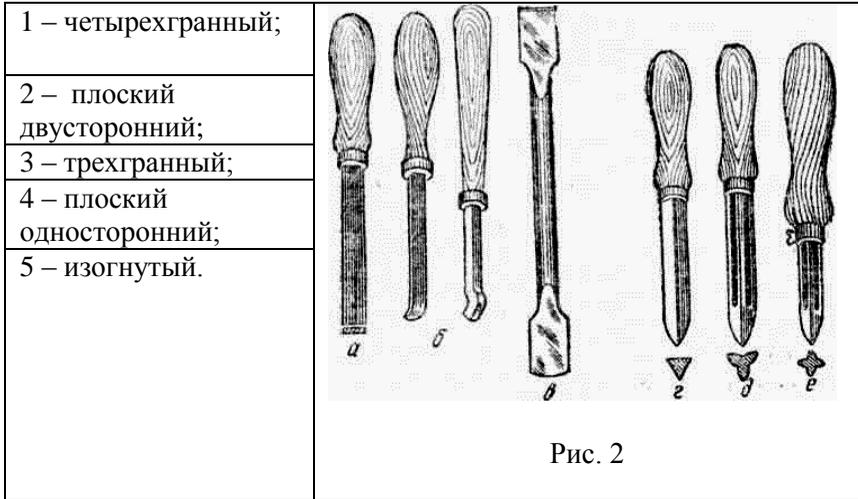
- |   |   |
|---|---|
| 1 – угол резания;<br>2 – задний угол<br>3 – угол заострения;<br>4 – передний угол |  |
|---|---|

Рис. 1

9. Определить тип шаберов, изображенных на рисунке 2.



10. Назовите преимущества метода шабрения «на себя», разработанного слесарем-новатором А. Барышниковым, по сравнению с шабрением методом «от себя».

- 1 – лезвие шабера врезается в металл плавно;
- 2 – глубина резания может быть доведена до 0,05 мм;
- 3 – в конце рабочего хода не остаются рифления и рванины;
- 4 – шабер при рабочем ходе сильно врезается в металл;
- 5 – лезвие шабера плавно выходит из зоны резания;
- 6 – в конце каждого рабочего хода остаются заусенцы, которые удаляются дополнительным пришабрением.

11. Установите соответствие.

Вид шабрения	Назначение
1. Черновое	А. Придание поверхности лучшего внешнего вида
2. Полушлифовое	Б. Окончательная обработка поперечного инструмента, ответственных поверхностей
3. Чистовое	В. Обработка поверхности детали режущим инструментом-шабером, которым с детали соскабливается тонкий слой металла
4. Декоративное	Г. Окончательная обработка подшипников, направляющих станин станков
	Д. Разбивка больших пятен, удаление следов инструмента на выступающих частях поверхности после опилования

## **КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ЗАЩИТЫ ОТЧЕТА ПО УЧЕБНОЙ ПРАКТИКЕ В МАСТЕРСКИХ**

**«Зачтено»** – студент демонстрирует системные теоретические знания, владеет терминологией, логично и последовательно объясняет сущность, явлений и процессов, делает аргументированные выводы и обобщения, приводит примеры, показывает свободное владение монологической речью и способность быстро реагировать на уточняющие вопросы.

Выполнены все требования к содержанию и оформлению отчета.

**«Не зачтено»** – студент демонстрирует незнание теоретических основ предмета, несформированные навыки анализа явлений и процессов, не умеет делать аргументированные выводы и приводить примеры, не владеет терминологией, проявляет отсутствие логичности и последовательностью изложения, делает ошибки, которые не может исправить даже при коррекции преподавателем, отказывается отвечать на занятии.

имеются существенные отступления от требований к реферированию (тема раскрыта лишь частично; отсутствует логическая последовательность в суждениях; допущены ошибки в оформлении отчета).

***Пример оформления титульного листа отчета***

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего профессионального образования  
«Самарская государственная сельскохозяйственная академия»

Инженерный факультет  
Кафедра «Технический сервис»

ОТЧЕТ  
по учебной практике в мастерских

Вариант 1

Выполнил: студент И-1-2  
Иванов И.И.

Проверил:  
доцент Шигаева В.В.

Самара 2014

**Пример оформления второго листа отчета**

## Оглавление

1	Тема: «Плоскостная разметка».....	3
1.1	Назначение разметки.....	3
1.2	Безопасность труда на рабочем месте.....	8
1.3	Способы разметки.....	10
1.4	Инструменты и приспособления для плоскостной разметки (виды инструментов, материалы).....	15
1.5	Приемы плоскостной разметки. Накернивание разметочных линий.....	16
1.6	Методы контроля плоскостной разметки. Брак при разметке.....	18
2	Технологическая карта по изготовлению металличе- ского изделия «болт».....	17
	Список используемой литературы и источников.....	19

*Пример оформления третьего и последующих листов  
отчета*

**1 Тема: «Плоскостная разметка»**

**1.1 Назначение разметки**

Правка – это *Текст Текст Текст Текст Текст Текст*

Рис. 1. Приспособления для правки

*Текст Текст Текст Текст Текст Текст*

Размеры болтов по ГОСТ

Параметры детали	Варианты								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	10	11	12	13	14	15			
$d$	6	8	10	12	14	16	18	20	22
$l$	40	45	50	55	60	65	70	75	80
$l_1$	20	25	25	30	30	35	35	40	40
$H$	4,8	6,4	8	9,6	11,2	12,8	14,4	16	17,6

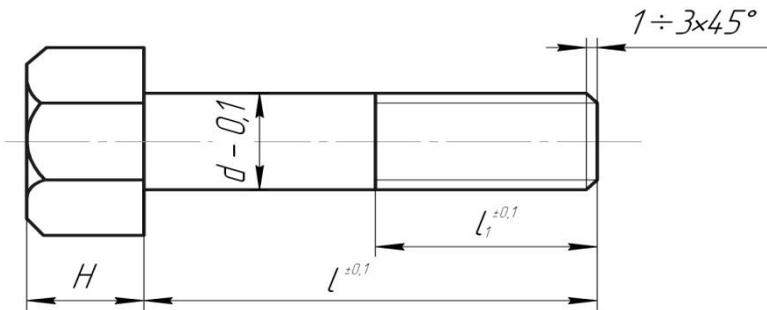
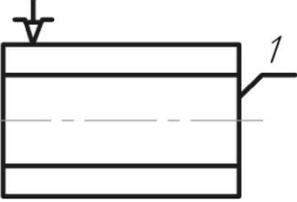
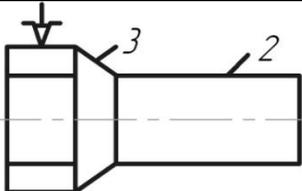
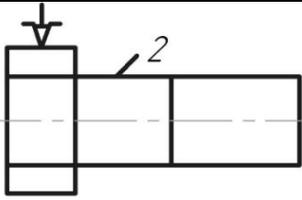
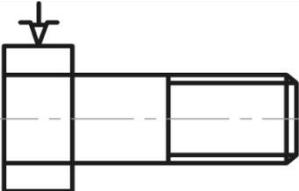
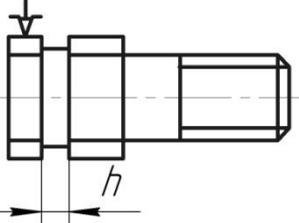
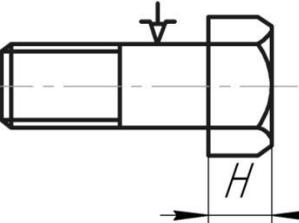


Рис. П.4.1. Деталь «Болт»

### металлического изделия «болт»

№ п/п	Содержание операции и переходов	Эскиз установки	Оборудование, инструмент, приспособление			Технические указания режимов обработки
			4	5	6	
1	2	3	4	5	6	7
1	Установить заготовку в патрон станка		Станок токарно-винторезный 1616	Ключ патрона	Штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1	Размер заготовки $d+7(\text{мм})$ вылет $l+H+2d$ (мм)
2	Подрезать горец 1			Резец проходной		$n = 200 \dots 400$ об/мин
3	Проточить поверхность 2 на длине диаметра $d$ мм			Резец проходной		$t = 1 \dots 1,5$ мм $n = 300 \dots 400$ об/мин
4	Подрезать горец 3			Резец подрезной		$n = 300 \dots 400$ об/мин
5	Проточить поверхность 2 на длине до диаметра $d$ мм			Резец подрезной		$t = 0,1 \dots 0,2$ мм $S = \text{min}$ $n = 350 \dots 400$ об/мин
6	Проточить поверхность на длине $l_1$ мм до диаметра $d$ мм			Резец проходной		$t = 0,05 \dots 0,1$ мм $S = \text{min}$ $n = 350 \dots 400$ об/мин $d_{\text{ст}} = d - 0,1 \cdot S$
1	2	3	4	5	6	7

7	Снять фаску (1...3 x 45°)		Резец проходной	$n = 300 \dots 350$ об/мин
8	Нарезать резьбу диаметром $d$ мм на длине $l_1$ мм		Плашка с держателем	$n = \text{min.}$ Поверхность смазывать, движение возвратно-поступательное
9	Отрезать болт на длине $l + H + 0,5 \text{ мм}$		Резец отрезной	$n = 200 \dots 300$ об/мин $h = 1,5 \dots 2$ мм ширина режущей кромки резца
10	Вынуть заготовку. Провернуть и закрепить в патроне болт		Ключ патрона	При закреплении не повредить резьбу.
11	Подрезать торец до размера $H$ , мм		Резец проходной	$n = 300 \dots 350$ об/мин
12	Снять фаску (1...3 x 45°)		Резец проходной	$n = 300 \dots 350$ об/мин $H = 0,8 \cdot d$
13	Вынуть болт проверить размеры по чертежу		Ключ патрона	Размеры в пределах допуска

## Приложение 5

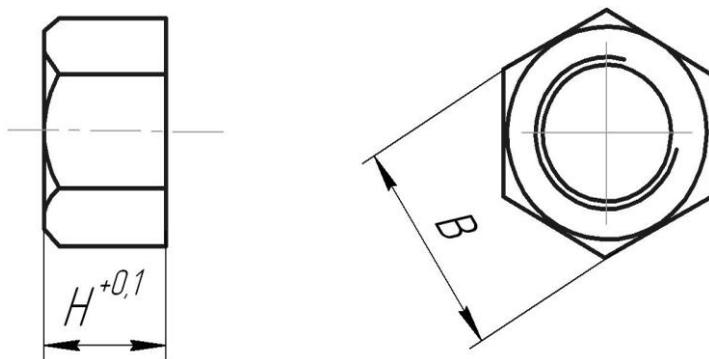


Рис. П.5.1. Деталь «Гайка»

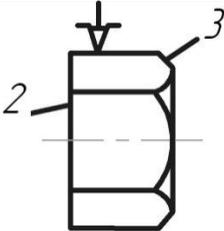
Таблица П.5.1

Параметры детали	Варианты								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	10	11	12	13	14	15			
<b><i>d</i></b>	6	8	10	12	14	16	18	20	22
<b><i>H</i></b>	4,8	6,4	8	9,6	11,2	12,8	14,4	16	17,6

Таблица П.5.2

**Технологическая карта по изготовлению  
металлического изделия «гайка»**

№ п/п	Содержание операции и переходов	Эскиз установки	Оборудование, инструмент, приспособление			Технические указания режима	
1	2	3	4	5	6	7	
1	Установить шестигранник в патроне		Станок токарно-винторезный 1616 Штангенциркуль ШЦ – I – 125 – 0.1	Ключ патрона	Размер заготовки $d+7$ (мм) $H = 0,8 \cdot d$ вылет $L=H+15$ (мм)		
2	Подрезать торец 1			Резец проходной			
3	Установить сверло в заднюю бабку			Переходные втулки			$d_{св.} = d - S$
4	Сверлить отверстие на глубину $H+4$ мм			Сверло			$n=100...200$ об/мин
5	Отрезать заготовку на длине $H+0,5$ мм			Резец подрезной			$n=200...300$ об/мин $h=1,5 + 2$ ширина режущей кромки резца
6	Вынуть шестигранник из патрона			Ключ патрона			
7	Установить заготовку в патрон			Ключ патрона			

8	Подрезать торец 2 до размера $H^{+0,1}$		Резец проходной	$n=200...400$ об/мин
9	Снять фаску 3		Резец проходной	$n=200...400$ об/мин
10	Нарезать резьбу		Вороток метчика	$n=\min.$ Поверхность смазывать, нарезают I, затем II. Движение возвратно- поступательное. Размеры в пределах допусков.
11	Вынуть гайку проверить размер по чертежу		Ключ патрона	

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА И ИСТОЧНИКИ

1. ГОСТ 3.1404-86. ЕСТД. Формы и правила оформления документов на технологические процессы и операции обработки резанием. – Введ. 01.07.1987. – М. : ИПК Издательство стандартов, 2005. – 60 с.

2. Оськин, В. А. Материаловедение. Технология конструкционных материалов. Кн.1. / В. А. Оськин, В. В. Евсиков. – М. : КолосС, 2008. – 447 с.

3. Макиенко, Н. И. Общий курс слесарного дела / Н. И. Макиенко. – 5-е изд. – М. : Высшая школа, 2005. – 334 с.

4. Покровский, Б. С. Слесарное дело: иллюстрированное учебное пособие / Б. С. Покровский, В. А. Скаун. – М. : Academia, 2011. – 320 с.

5. Фещенко, В. Н. Токарная обработка / В. Н. Фещенко, Р. Х. Махмутов. – 6-е изд. – М. : Высшая школа, 2005. – 303 с .

6. Слесарные работы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://metalhandling.ru>.

7. Техника безопасности при выполнении слесарных работ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.swaiboy.ru/mto-at/tehnika-bezopasnosti-privyipolenii-slesarnyih-rabot.html>

8. Библиотека инструкций по охране труда (полный список всех инструкций) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://ohranatruda.ru/ot\\_biblio/instructions/168/148129/](http://ohranatruda.ru/ot_biblio/instructions/168/148129/)

9. Слесарное дело : практ. пособие для слесаря / Е. М. Костенко. – М. : ЭНАС, 2006. – (Книжная полка специалиста) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://rucont.ru/efd/178894?cldren=0>.

Учебное издание

# **Учебная практика в мастерских**

## **Методические указания**

**Составители: Макарова М. П., Шигаева В. В.**

Отпечатано с готового оригинал-макета  
Подписано в печать 9.09.2014. Формат 60×84 1/16.  
Усл. печ. л. 1,92, печ. л. 2,06.  
Тираж 100. Заказ №195.

Редакционно-издательский центр Самарской ГСХА  
446442, Самарская обл., п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная 2.  
Тел.: (84663) 46-2-44, 46-2-47  
Факс 46-6-70.  
E-mail: [ssaariz@mail.ru](mailto:ssaariz@mail.ru)



Министерство сельского хозяйства  
Российской Федерации  
Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего  
профессионального образования  
«Самарская государственная  
сельскохозяйственная академия»  
Кафедра «Тракторы и автомобили»

# **КОМПЛЕКСНЫЙ РАСЧЕТ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СРЕДСТВА**

**Методические указания  
для выполнения курсового проекта**

Кинель  
РИЦ СГСХА  
2014

УДК 631.372.011:621.431.73 (07)

ББК 40.72 Р

К-63

**К-63** Комплексный расчет энергетического средства : методические указания для выполнения курсового проекта / сост. А. П. Быченин, Г. А. Ленивец, О. С. Володько [и др.]. – Кинель : РИЦ СГСХА, 2014. – 136 с.

В учебном издании рассмотрена методика проектирования, расчета и оценки технико-экономических показателей энергетических средств АПК.

Методические указания предназначены для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению 110800 «Агроинженерия», профиль подготовки «Технические системы в агробизнесе», и направлению 051000 «Профессиональное обучение», профиль подготовки «Агроинженерия».

© ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА, 2014

© Быченин А. П., Ленивец Г. А.,

Володько О. С., Черников О. Н.,

Мусин Р. М., Мингалимов Р. Р., составление, 2014

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	5
1 Цель и задачи курсового проекта.....	6
2 Общие методические рекомендации по выполнению курсового проекта.....	9
3 Выбор и обоснование исходных данных с учетом индивидуального задания.....	14
3.1 Обоснование основных исходных данных для расчета двигателя внутреннего сгорания (д.в.с.).....	14
4 Расчет двигателя внутреннего сгорания.....	17
4.1 Расчет рабочего цикла и показателей двигателя.....	17
4.1.1 Процесс выпуска.....	18
4.1.2 Процесс сжатия.....	21
4.1.3 Процессы смесеобразования и сгорания.....	21
4.1.4 Процессы расширения и выпуска.....	26
4.1.5 Определение параметров рабочего цикла, основных показателей и размеров двигателя.....	27
4.1.6 Оптимизация показателей проектируемого двигателя по программе ПЭВМ.....	32
4.1.7 Расчет теплового баланса двигателя.....	33
4.1.8 Расчет и построение индикаторной диаграммы.....	35
4.1.9 Исследование взаимосвязи параметров рабочего цикла.....	37
4.1.10 Примеры теплового расчета двигателей внутреннего сгорания.....	38
4.2 Динамический расчет двигателя внутреннего сгорания.....	48
4.2.1 Анализ схемы сил, действующих в КШМ проектируемого двигателя.....	48
4.2.2 Обоснование входных параметров и методы динамического расчета двигателя.....	53
4.2.3 Анализ и построение диаграммы сил, приведенных к оси поршневого пальца.....	53
4.2.4 Расчет и построение диаграммы тангенциальной силы и крутящего момента двигателя.....	56
4.2.5 Расчет маховика проектируемого двигателя.....	59
4.2.6 Расчет подшипника кривошипной головки шатуна....	60
5 Тягово-динамический и топливно-экономический расчеты энергетического средства.....	62
5.1 Тяговый расчет трактора.....	62
5.1.1 Исходные и основные расчётные параметры для теоретической тяговой характеристики трактора.....	62

5.1.2	Определение основных параметров для расчёта тяговой характеристики трактора.....	63
5.1.3	Обоснование эксплуатационной массы трактора.....	63
5.1.4	Определение радиуса ведущих колёс трактора.....	64
5.1.5	Определение передаточных чисел трансмиссии.....	65
5.1.6	Методика расчёта и построения регуляторной характеристики двигателя.....	68
5.1.7	Методика расчёта показателей тяговой характеристики трактора.....	72
5.1.8	Методика графоаналитического построения тяговой характеристики трактора.....	74
5.2	Динамический и топливно-экономический расчеты автомобиля.....	78
5.2.1	Выбор исходных параметров.....	78
5.2.2	Подбор двигателя к проектируемому автомобилю.....	81
5.2.3	Динамический расчет автомобиля.....	83
5.2.4	Расчет топливной экономичности автомобиля.....	93
	Заключение.....	98
	Рекомендуемая литература.....	99
	Приложения.....	101

## ВВЕДЕНИЕ

Успешное функционирование агропромышленного комплекса (АПК) неразрывно связано с реализацией различных технологических процессов в разнообразных почвенно-климатических зонах, с минимальным вредным воздействием на окружающую среду и с наименьшими затратами ресурсов с целью достижения низкой себестоимости и высокого качества сельскохозяйственной продукции. Для механизации отраслей АПК разработана система машин, включающая более двух тысяч наименований технических средств различного технологического назначения, где доля мобильной техники – автомобилей, тракторов, комбайнов – составляет 10%. Система машин служит ориентиром и программой для разработки и внедрения в производство новых энергетических средств и сельскохозяйственных машин. Основу энергетических средств АПК составляют тракторы и автомобили, обеспечивающие механизацию наиболее трудоемких полевых, транспортных и других видов работ.

Государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования по направлению «Агроинженерия» предусматривает оценку технического уровня энергетических средств АПК, направлений и методов улучшения технико-экономических и экологических параметров тракторов, автомобилей и других машин по программам дисциплин «Основы теории колесных и гусеничных машин» и «Теория и расчет энергетических средств», включающим две части:

- теория и расчет двигателя внутреннего сгорания;
- теория и расчет трактора и автомобиля.

Курсовой проект по дисциплинам «Основы теории колесных и гусеничных машин» и «Теория и расчет энергетических средств» имеет комплексный характер с полным расчетом энергетического средства (трактора или автомобиля) по индивидуальному заданию и включает:

- анализ и обоснование исходных данных и расчетных параметров;
- тепловой и динамический расчет двигателя внутреннего сгорания;
- тягово-динамический и топливно-экономический расчеты трактора или автомобиля.

## 1 ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Важным элементом самостоятельной работы при подготовке инженеров по направлению 110800 – «Агроинженерия», а также педагогов профессионального образования по направлению 051000 – «Профессиональное обучение» является выполнение курсового проекта по дисциплинам «Основы теории колесных и гусеничных машин» и «Теория и расчет энергетических средств».

Цель курсового проекта состоит в формировании у студентов системы компетенций для решения профессиональных задач по эффективному использованию энергетических средств и овладении методикой и навыками самостоятельного решения задач по проектированию, расчету и оценке технико-экономических показателей энергетических средств АПК (тракторов, автомобилей и др. мобильных машин).

Выполнение курсового проекта предусматривает решение следующих задач:

- развитие творческой самостоятельности применения полученных знаний, умение использовать литературные источники, патентную и лицензионную информацию, нормативно-техническую документацию, результаты научных исследований и другие материалы в решении инженерных задач;
- приобретение навыков и развитие творческого подхода к оценке технического уровня энергетических средств, анализу их мощностных и экономических показателей, сравнению конструктивных разработок отдельных узлов, сборочных единиц, систем и механизмов;
- приобретение навыков расчета основных параметров рабочего цикла и показателей двигателей, динамического расчета силовых механизмов двигателей, тягово-динамического и топливно-экономического расчетов энергетических средств (тракторов и автомобилей);
- освоение методики выполнения и оформления расчетных и графических работ, обобщение и развитие навыков оценки полученных результатов, использование методов программированного расчета на ПЭВМ в процессе проектирования и оценки технико-экономических показателей энергетических средств.

Выполнение курсового проекта способствует формированию

у студентов следующих профессиональных компетенций:

1) по направлению 110800 – «Агроинженерия»:

- готовность к участию в проведении исследований рабочих и технологических процессов машин;
- способность осуществлять сбор и анализ исходных данных для расчета и проектирования.

2) по направлению 051000 – «Профессиональное обучение»:

- готовность к конструированию, эксплуатации и техническому обслуживанию учебно-технологической среды для практической подготовки рабочих (специалистов);
- готовность к формированию профессиональной компетентности рабочего (специалиста) соответствующего квалификационного уровня.

По результатам выполнения курсового проекта студент должен знать:

- основы теории двигателя, автомобиля и трактора, определяющие их эксплуатационные свойства;
- основные факторы, влияющие на работу машин, и способы обеспечения работы мобильных машин и их агрегатов с максимальной производительностью, экономичностью, безопасной эксплуатацией и выполнением экологических требований;
- требования к эксплуатационным свойствам тракторов и автомобилей;
- методику и оборудование для испытаний тракторов, автомобилей, двигателей и их систем;

уметь:

- выполнять основные тепловые, динамические, экономические и экологические расчеты двигателя, в том числе и с применением ЭВМ;
- выполнять основные тяговые и динамические расчеты мобильных машин для оценки качества их работы, в том числе и с использованием ЭВМ, находить оптимальные условия их работы;
- проводить испытания двигателей, тракторов, автомобилей, оценивать эксплуатационные показатели, проводить их анализ;
- применять полученные знания для самостоятельного освоения новых конструкций тракторов и автомобилей;

владеть:

- опытом сравнения и выбора различных энергетических средств

- по назначению, эксплуатационным и экологическим показателям;
- методикой проведения испытаний двигателей внутреннего сгорания, тракторов и автомобилей, а также обработки полученных результатов;
  - методикой анализа и оценки режимов работы двигателей, сравнения и выбора различных двигателей по назначению, эксплуатационным и экологическим показателям;
  - методикой анализа и оценки режимов работы трактора и автомобиля, сравнения и выбора различных тракторов и автомобилей по назначению, эксплуатационным и экологическим показателям.

## 2 ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Курсовой проект «Комплексный расчет энергетического средства» выполняется по индивидуальному заданию в процессе изучения дисциплин «Основы теории колесных и гусеничных машин» (направление 110800 – «Агроинженерия») и «Теория и расчет энергетических средств» (направление 051000 – «Профессиональное обучение») на 3 курсе (6 семестр) и состоит из двух частей:

- 1) расчет двигателя внутреннего сгорания;
- 2) тягово-динамический и топливно-экономический расчеты трактора или автомобиля (в соответствии с вариантом задания).

Защита курсового проекта проводится до экзаменационной сессии 6 семестра. Форма титульного листа курсового проекта представлена в приложении 1.

Индивидуальное задание на курсовой проект (прил. 2) выдается преподавателем индивидуально каждому студенту (задание на курсовой проект для студентов заочной формы обучения выбирается из приложения 40 по последним двум цифрам зачетки либо выдается преподавателем в индивидуальном порядке). Оно включает наименование (модель) прототипа энергетического средства и основные исходные данные для определения необходимой, с учетом условий работы, эффективной мощности д.в.с. (часть 1 курсового проекта), тягово-динамического и топливно-экономического расчетов трактора или автомобиля (часть 2 курсового проекта).

Основные исходные данные для проектирования и расчетов формируются на базе технических параметров и показателей модельных рядов современных и распространенных в зоне Поволжья энергетических средств. Конструктивно-технологические и агротехнические параметры задаются с учетом реальных условий эксплуатации машин и имеющихся практических рекомендаций рационального их использования.

### Содержание курсового проекта

Курсовой проект состоит из расчетно-пояснительной записки и графической части.

Расчетно-пояснительная записка оформляется с учетом требований ГОСТ 7.32-2001 «Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления», рекомендаций [10] и включает

последовательно расположенные:

- титульный лист (прил. 1);
- индивидуальное задание на курсовой проект (прил. 2);
- реферат (прил. 40);
- оглавление (прил. 41);
- введение;
- выбор и обоснование исходных данных с учетом индивидуального задания;
- расчеты д.в.с. (тепловой и динамический);
- тягово-динамический и топливно-экономический расчеты ЭС (трактора или автомобиля с учетом индивидуального задания);
- выводы и предложения;
- список использованной литературы и источников;
- приложения.

Выполнение курсового проекта и оформление расчетно-пояснительной записки осуществляется по мере изучения дисциплины «Основы теории колесных и гусеничных машин» по двум частям.

Часть 1. Расчет двигателя внутреннего сгорания.

В данный период выполнения курсового проекта рекомендуется:

- внимательно ознакомиться с содержанием индивидуального задания, определить поставленные задачи и провести сбор необходимой информации (технической литературы, нормативной документации, патентов, чертежей, схем и т.д.);
- провести расчет эффективной мощности д.в.с. с учетом заданных агротехнических, динамических, тяговых и др. параметров, а также выбрать необходимые исходные данные по методическим рекомендациям;
- провести тепловой расчет д.в.с, включающий:
  - а) определение параметров рабочего цикла;
  - б) определение показателей и основных размеров д.в.с. методом ручного расчета;
- оптимизировать показатели проектируемого двигателя (эффективная мощность  $N_e$ , диаметр цилиндра  $D$ , ход поршня  $S$  и удельный расход топлива  $g_e$ ) путем сравнения и анализа их значений для прототипа, по результатам ручного расчета и полученных рациональных значений при машинном расчете (по программе ПЭВМ);
- методом анализа различных вариантов машинного расчета ра-

бочего цикла д.в.с. определить и изобразить графически взаимосвязь указанных в индивидуальном задании параметров с учетом исходных данных прототипа;

- определить составляющие теплового баланса;
- провести расчет и построить индикаторную диаграмму рабочего цикла проектируемого двигателя;
- провести анализ сил, действующих в кривошипно-шатунном механизме (КШМ) проектируемого двигателя;
- обосновать исходные данные для динамического расчета д.в.с. по программе ПЭВМ;
- провести анализ результатов расчета и построение диаграммы сил, приведенных к оси поршневого пальца, с использованием метода Брикса и индикаторной диаграммы рабочего цикла;
- провести анализ результатов расчета и построение диаграммы суммарной тангенциальной силы и крутящего момента;
- определить параметры маховика проектируемого двигателя;
- провести анализ результатов расчета, построение диаграммы результирующей силы, действующей на шатунную шейку;
- определить параметры шатунного подшипника проектируемого двигателя.

Часть 2. Тягово-динамический и топливно-экономический расчеты трактора или автомобиля (в соответствии с вариантом задания).

В данный период в соответствии с индивидуальным заданием выполняется вариант А (расчет трактора) или вариант Б (расчет автомобиля), для чего рекомендуется

в варианте А (расчет трактора):

- обосновать массовые и тягово-скоростные параметры проектируемого трактора, рассчитать показатели корректорной ветви и построить регуляторную характеристику двигателя;
- освоить методику и выполнить компьютерный расчет теоретической тяговой характеристики трактора;
- построить графически и проанализировать рассчитанную теоретическую тяговую характеристику трактора;

в варианте Б (расчет автомобиля):

- выбрать исходные параметры для расчета;
- подобрать двигатель автомобиля и построить его скоростную характеристику;
- провести динамический расчет автомобиля, включающий опре-

деление динамического фактора, зависимостей ускорения и величины, обратной ускорению, от скорости автомобиля, а также зависимости времени и пути разгона от скорости автомобиля;

- провести топливно-экономический расчет автомобиля.

Оформление курсового проекта:

- обобщить результаты расчетов 1 и 2 частей курсового проекта и заполнить общие формы и разделы: титульный лист; индивидуальное задание; реферат; оглавление; введение; выводы и предложения; список использованной литературы и источников; приложения. Выводы и предложения должны включать анализ результатов по всему курсовому проекту.

Графическая часть курсового проекта включает графики и диаграммы.

Часть 1:

- индикаторная диаграмма рабочего цикла проектируемого двигателя в сочетании с диаграммой сил, приведенных к оси поршневого пальца (с учетом поправки Брикса);
- диаграмма тангенциальной силы одного цилиндра и суммарной, совмещенной на одном графике;
- диаграмма результирующей силы, приведенной к оси шатунной шейки;
- график влияния заданного в индивидуальном задании параметра на мощностные и экономические показатели двигателя.

Часть 2

Вариант А (трактор):

- график регуляторной характеристики двигателя;
- график тяговой характеристики трактора.

Вариант Б (автомобиль):

- график скоростной (внешней) характеристики двигателя;
- график динамической характеристики автомобиля;
- график зависимости ускорения автомобиля от скорости;
- график зависимости величин, обратных ускорению автомобиля, от скорости;
- график зависимости времени разгона автомобиля от скорости;
- график зависимости пути разгона автомобиля от скорости;
- график экономической характеристики автомобиля.

Графическая часть курсового проекта должна выполняться в соответствии с требованиями ГОСТ 2.107-68; ГОСТ 2.109-73; ГОСТ 2.315-68; ГОСТ 2.104-68; ГОСТ 2.105-69; ГОСТ 2.106-69

и методических рекомендаций вуза [4, 8, 10, 11]. Графическая часть может быть выполнена на листах А1, А2 или А4 (допускается выполнение на миллиметровой бумаге или компьютерное исполнение).

Пояснительная записка оформляется на листах А4 машинным текстом с использованием ПЭВМ с соблюдением следующих правил:

- поля: левое – 30 мм, правое – 10 мм, верхнее – 15 мм, нижнее – 20 мм;
- шрифт размером 14 пт, Times New Roman;
- межстрочный интервал полуторный;
- отступ красной строки – 1,25;
- выравнивание текста – по ширине;
- расстановка переносов – авто;
- нумерация рисунков, таблиц и формул – сквозная или в пределах раздела;
- порядковый номер таблицы проставляется в правом верхнем углу над ее названием после слова «Таблица»;
- заголовок над таблицей, по центру, точка в конце не ставится.

#### Защита курсового проекта

- Выполненный курсовой проект представляется руководителю с целью окончательной проверки, подписи и допуска к защите.
- Защита проводится публично перед комиссией в форме доклада о выполненной работе (5-8 мин) и ответов на вопросы членов комиссии и присутствующих. Доклад должен включать информацию о результатах расчетов и основные выводы об эффективности проектируемого энергетического средства.
- Дифференцированная оценка результатов защиты, как правило, учитывает содержание доклада, качество оформления пояснительной записки и графической части, результаты расчетов и ответы на вопросы комиссии.

### **3 ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ С УЧЕТОМ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ЗАДАНИЯ**

В данном разделе курсового проекта необходимо выбрать и обосновать достаточное количество исходных данных и параметров для расчета д.в.с. и ЭС по существующим методикам [1, 4, 7, 10] с учетом индивидуального задания.

Индивидуальное задание для курсового проекта определяет прототип ЭС, на параметры которого следует ориентироваться в расчетах, а также основные исходные данные, определяющие условия эксплуатации и технические характеристики ЭС. Дополнительные исходные данные, предусмотренные методиками расчетов, принимаются авторами курсового проекта на основании анализа материалов дисциплины «Основы теории колесных и гусеничных машин», технической информации по вопросам автотракторостроения и эксплуатации сельскохозяйственной техники.

#### **3.1 Обоснование основных исходных данных для расчета д.в.с.**

При расчете энергетического средства в частях 1 и 2 курсового проекта должны быть четко согласованы эффективная мощность двигателя  $N_e$  и частота вращения коленчатого вала  $n_n$  с точки зрения совместной работы двигателя и трансмиссии ЭС. По прототипу ЭС рационально выбрать тип двигателя:

- по расположению цилиндров (Р – рядный, V – образный);
- по числу цилиндров (2, 4, 6, 8 и т.д.);
- по типу топлива и способу смесеобразования (К – карбюраторный, И – инжекторный, Г – газовый, Д – дизельный, Г-Д – газодизельный, Б-Д – биодизельный);
- по наличию наддува (Н – с наддувом).

С учетом условий работы и назначения двигателя, как правило, задаются частота вращения коленчатого вала и степень сжатия.

Одним из важных этапов выполнения курсового проекта является выбор параметров для теплового расчета. Правильный выбор этих параметров позволит получить высокие мощностные и экономические показатели, отвечающие современному уровню развития двигателестроения. Основные данные современных автотракторных двигателей приведены в приложениях 3, 4.

Исходные параметры рекомендуется выбирать, используя

данные прототипа. Степень сжатия задается или выбирается в зависимости от типа двигателя и его назначения.

Для современных автотракторных двигателей степень сжатия находится в следующих пределах:

двигатели карбюраторные и газовые	6-12
двигатели с распределенным впрыском топлива	8,5-12
дизели без наддува	16-20
дизели с наддувом	12-15

Средняя скорость поршня:

карбюраторные и газовые двигатели	9-15 м/с
двигатели с распределенным впрыском топлива	10-20 м/с
дизели	5-12 м/с

Коэффициент наполнения:

карбюраторные двигатели	0,75-0,85
двигатели с распределенным впрыском топлива	0,85-0,95
дизели без наддува	0,80-0,90
дизели с наддувом	0,80-0,95

Коэффициент избытка воздуха:

карбюраторные двигатели	0,75-0,95
двигатели с распределенным впрыском топлива	0,96-1,0
газовые двигатели	0,95-1,0
дизели с неразделенными камерами сгорания и объемным смесеобразованием	1,5-1,8
дизели с пленочным смесеобразованием	1,45-1,55
дизели с наддувом	1,35-2,00

Необходимая с учетом условий эксплуатации номинальная эффективная мощность энергетического средства (трактора или автомобиля) определяется методом тягово-динамического расчета при заданных исходных параметрах.

А. Расчет необходимой эффективной номинальной мощности д.в.с. трактора.

Мощность двигателя определяется из условий реализации заданной крюковой силы на первой передаче с определенной скоростью:

$$N_{en} = \frac{(P_{kp1} + P_f) V_{T1}}{3600 \cdot \eta_{mp} \cdot X_{\varnothing}}, \text{ кВт}, \quad (3.1)$$

где  $V_{T1}$  – заданная теоретическая скорость движения трактора на первой передаче, км/ч;

$\eta_{mp}$  – КПД трансмиссии, принимается для колесных тракторов 0,91-0,92, для гусеничных – 0,86-0,88;

$X_{\Sigma}$  – коэффициент эксплуатационной загрузки двигателя, принимается равным 1.

$P_f$  – сила сопротивления перекачиванию трактора определяется по формуле:

$$P_f = f m_{\Sigma} g, \text{ Н}, \quad (3.2)$$

где  $f$  – коэффициент сопротивления качению;

$m_{\Sigma}$  – эксплуатационная масса трактора;

$g=9,81\text{ м/с}^2$  – ускорение свободного падения.

Б. Расчет необходимой эффективной номинальной мощности д.в.с. автомобиля.

Величина лобовой площади автомобиля определяется по формуле:

$$F = 0,778 \cdot B \cdot H, \text{ м}^2, \quad (3.3)$$

где  $B$  и  $H$  – ширина и высота автомобиля, м.

Сила сопротивления воздуха определяется по формуле

$$P_w = \frac{k \cdot F \cdot V^2}{13}, \text{ Н}, \quad (3.4)$$

где  $k$  – коэффициент сопротивления воздуха,  $\frac{\text{Н} \cdot \text{с}^2}{\text{м}^4}$ ;

$F$  – лобовая площадь автомобиля,  $\text{м}^2$ ;

$V$  – скорость движения автомобиля,  $\text{км/ч}$ .

Мощность двигателя, необходимая для обеспечения максимальной скорости движения автомобиля, определяется по формуле:

$$N_v = \frac{N_f + N_w}{\eta_{mp}}, \text{ кВт}. \quad (3.5)$$

$N_f$  определяется по формуле

$$N_f = \frac{f \cdot m_a \cdot g \cdot V_{\max}}{3600}, \text{ кВт}, \quad (3.6)$$

где  $m_a$  – полная масса автомобиля,  $\text{кг}$ ;

$f$  – коэффициент сопротивления дороги;

$V_{\max}$  – максимальная скорость движения автомобиля,  $\text{км/ч}$ .

Для определения мощности  $N_w$  может быть использована

формула

$$N_w = \frac{k \cdot F \cdot V_{\max}^3}{46000}, \text{ кВт}, \quad (3.7)$$

где  $k \cdot F$  – фактор сопротивления воздуха,  $\frac{\text{Н} \cdot \text{с}^2}{\text{м}^2}$ .

Подсчитанная по приведенной формуле (3.5) мощность  $N_v$  является максимальной для дизельного двигателя. Для бензинового двигателя максимальная мощность  $N_{e \max}$  подсчитывается по формуле Лейдермина

$$N_{e \max} = \frac{N_v}{a \cdot \left(\frac{n_v}{n_n}\right) + b \cdot \left(\frac{n_v}{n_n}\right)^2 - c \cdot \left(\frac{n_v}{n_n}\right)^3}, \text{ кВт}, \quad (3.8)$$

где  $n_v$  и  $n_n$  – частота вращения коленчатого вала двигателя соответственно при максимальной скорости и максимальной мощности;

$a, b, c$  – постоянные коэффициенты.

Для карбюраторных двигателей  $a = b = c = 1$ .

Отношение  $\frac{n_v}{n_n}$  для автомобилей с бензиновыми двигателями изменяется в пределах 1,05-1,2.

## 4 РАСЧЕТ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

### 4.1 Расчет рабочего цикла и показателей двигателя

Двигатель, как силовая установка мобильного энергетического средства, является его основой, преобразующей различные виды энергии в механическую работу. Современные тракторы и автомобили, являющиеся основными энергетическими средствами в сельскохозяйственном производстве, оборудованы тепловыми двигателями внутреннего сгорания, где реализуются действительные рабочие циклы с учетом назначения и типа двигателя, вида топлива, способов смесеобразования, воспламенения и сгорания топливозоодушнoй смеси.



Для построения индикаторной диаграммы определяют параметры состояния газов в цилиндре двигателя (абсолютное давление  $p$  и абсолютную температуру  $T$ ) в характерных точках индикаторной диаграммы. Такими точками являются:  $a$  – конец впуска;  $c$  – конец сжатия;  $z$  – конец сгорания;  $b$  – конец расширения;  $r$  – конец выпуска.

При впуске анализируется взаимодействие свежего заряда ( $P_0, T_0$ ) и остаточных газов предыдущего цикла ( $P_r, T_r$ ).

В двигателях без наддува воздух в цилиндры поступает из атмосферы, и при расчете рабочего цикла давление окружающей среды принимается равным  $P_0 = 0,1$  МПа, а температура  $T_0 = 288$  К.

В двигателе с наддувом давление и температуру окружающей среды при расчете принимают равными давлению  $P_k$  и температуре  $T_k$  воздуха на выходе из нагнетателя.

В зависимости от степени наддува принимаются следующие значения давления  $P_k$  наддувочного воздуха:

низкий наддув	$1,5P_0$ ;
средний наддув	$(1,5-2,2)P_0$ ;
высокий наддув	$(2,2-2,5)P_0$ .

Температура воздуха за компрессором:

$$T_K = T_0 \cdot \left( \frac{P_K}{P_0} \right)^{\frac{n_K - 1}{n_0}}, \text{ К}, \quad (4.1)$$

где  $n_K$  – показатель политропы сжатия воздуха в компрессоре.

По опытным данным значения  $n_K$  принимают в следующих пределах: для осевых и центробежных нагнетателей  $n_K = 1,4-2,0$ .

Для автотракторных двигателей без наддува и с наддувом давление остаточных газов:

$$P_r = (1,05 \dots 1,25) \cdot P_0, \text{ МПа}. \quad (4.2)$$

Для двигателей с высокой частотой вращения принимают большие значения  $P_r$ .

Для двигателей с газотурбинным наддувом:

$$P_r = (0,75 \dots 0,98) \cdot P_K, \text{ МПа}. \quad (4.3)$$

Температура остаточных газов  $T_r$  в зависимости от конструктивных параметров и режимов работы для четырехтактных двигателей принимается в следующих пределах:

карбюраторные двигатели и двигатели с распределенным впрыском топлива	900-1100 К;
газовые двигатели	750-1000 К;
дизели без наддува и с наддувом	600-900 К.

Температура подогрева заряда  $\Delta T$  по опытным данным составляет:

карбюраторные и газовые двигатели и двигатели с распределенным впрыском топлива	5-25°;
дизели без наддува	20-40°;
дизели с наддувом	0-10°.

Давление в конце впуска:

$$P_a = P_0 - \Delta P_a, \text{ МПа}; \quad (4.4)$$

$$P_a = P_\kappa - \Delta P_a, \text{ МПа}. \quad (4.5)$$

Современные автотракторные четырехтактные двигатели значения  $\Delta P_a$  имеют в следующих пределах:

карбюраторные и газовые двигатели	$(0,05-0,20)P_0$ ;
дизели без наддува	$(0,03-0,18)P_0$ ;
дизели с наддувом	$(0,03-0,10)P_\kappa$ .

Температура в конце впуска:

$$T_a = \frac{T_\kappa + \Delta T + \gamma_r \cdot T_r}{1 + \gamma_r}, \text{ К}, \quad (4.6)$$

где  $\gamma_r$  – коэффициент остаточных газов.

$$\gamma_r = \frac{T_\kappa + \Delta T}{T_r} \cdot \frac{P_r}{\varepsilon \cdot P_a - P_r}. \quad (4.7)$$

Для четырехтактных двигателей без наддува в расчетах принимают  $T_\kappa = T_0$ ,  $P_\kappa = P_0$ .

Значения  $\gamma_r$  для современных автотракторных двигателей находятся в следующих пределах:

карбюраторные и газовые двигатели	0,04-0,08;
двигатели с распределенным впрыском топлива	0,03-0,05;
дизели без наддува и с наддувом	0,03-0,06.

Современные четырехтактные автотракторные двигатели имеют значение  $T_a$  в пределах:

карбюраторные, газовые и двигатели с распределенным впрыском топлива	320-380 К;
дизели без наддува	310-350 К;
дизели с наддувом	320-400 К.

### 4.1.2 Процесс сжатия

Расчет давления  $P_c$  и температуры  $T_c$  в конце сжатия проводят по уравнениям политропического процесса:

$$P_c = P_a \cdot \varepsilon^{n_1}, \text{ МПа}; \quad (4.8)$$

$$T_c = T_a \cdot \varepsilon^{n_1-1}, \text{ К}, \quad (4.9)$$

где  $n_1$  – средний показатель политропы сжатия, который определяется по эмпирической формуле:

$$n_1 = 1,41 - \frac{100}{n}, \quad (4.10)$$

где  $n$  – частота вращения коленчатого вала,  $\text{мин}^{-1}$ .

Значения  $n_1$ ,  $P_c$  и  $T_c$  для современных автотракторных двигателей находятся в следующих пределах:

карбюраторные и газовые двигатели:

$n_1 = 1,34-1,39$ ;  $P_c = 0,9-1,6$  МПа;  $T_c = 650-800$  К;

двигатели с распределенным впрыском топлива:

$n_1 = 1,36-1,38$ ;  $P_c = 2,0-2,6$  МПа;  $T_c = 780-820$  К;

дизели без наддува:

$n_1 = 1,38-1,42$ ;  $P_c = 3,5-5,5$  МПа;  $T_c = 700-900$  К;

дизели с наддувом:

$n_1 = 1,35-1,38$ ;  $P_c = 6-8$  МПа;  $T_c = 900-1000$  К.

### 4.1.3 Процессы смесеобразования и сгорания

Процессы смесеобразования и сгорания являются основными в реализации рабочего цикла двигателя, в течение которого теплота, выделяющаяся при сгорании топливовоздушной смеси, идет на повышение внутренней энергии рабочего тела и на совершение механической работы.

В автотракторных двигателях широко используются минеральные жидкие топлива (бензин, дизельное топливо), сжатые или сжиженные газы (природный, промышленный или синтезированный).

ный), альтернативные растительные топлива (рапсовое масло, биодизель, смесевое минерально-растительное топливо, МЭРМ – метиловый эфир рапсового масла и т.д.). Характеристики основных видов топлива приведены в приложении 3.

Теоретически необходимое количество воздуха для полного сгорания 1 кг жидкого или 1 м<sup>3</sup> газообразного топлива определяется по его элементарному составу.

Для жидких топлив соответственно в  $l_0$  [кг воздуха / кг топлива] и  $L_0$  [киломолярный воздух / кг топлива]:

$$l_0 = \frac{1}{0,23} \cdot \left( \frac{8}{3C} + 8H - O_T \right); \quad (4.11)$$

$$L_0 = \frac{1}{0,21} \cdot \left( \frac{C}{12} + \frac{H}{4} - \frac{O_T}{32} \right); \quad (4.12)$$

$$l_0 = m_B \cdot L_0, \quad (4.13)$$

где 0,23 и 0,21 – соответственно значения массового и объемного содержания кислорода в 1 кг воздуха;

$m_B$  – масса 1 киломоля воздуха ( $m_B = 28,96$  кг/кмоль);

$C, H, O_T$  – соответственно массовые доли углерода, водорода и кислорода, содержащихся в топливе (средние значения их приведены в приложении 5).

Для газообразного топлива в [моль воздуха / моль топлива] или [м<sup>3</sup> воздуха / м<sup>3</sup> топлива]:

$$L'_0 = \frac{1}{0,21} \left[ \frac{r_{CO}}{2} + \frac{r_{H_2}}{2} + \sum r_{C_m H_n} \cdot \left( m + \frac{n}{2} \right) - r_{O_2} \right], \quad (4.14)$$

где  $n, m, r$  – соответственно число атомов углерода (0-5), водорода (0-12) и кислорода (0-2).

Действительное количество воздуха, поступившее в цилиндр:

$$M_1 = L = \alpha \cdot L_0, \quad (4.15)$$

где  $\alpha$  – коэффициент избытка воздуха.

Количество остаточных газов в цилиндре двигателя равно:

$$M_r = \gamma_r \cdot M_1 = \gamma_r \cdot \alpha \cdot L_0. \quad (4.16)$$

Для газообразного топлива количество остаточных газов:

$$M_r = \gamma_r \cdot (\alpha \cdot L'_0 + 1), \quad (4.17)$$

где  $\gamma_r$  – коэффициент остаточных газов.

Число киломолей продуктов сгорания 1 кг жидкого топлива в [кмоль/кг]:

$$M_2 = \alpha \cdot L_0 + \frac{H}{4} + \frac{O_T}{32} \text{ при } \alpha \geq 1; \quad (4.18)$$

$$M_2 = \alpha \cdot L_0 + \frac{H_2}{4} + \frac{O_T}{32} + 0,21 \cdot L_0 (1 - \alpha) \text{ при } \alpha < 1. \quad (4.19)$$

Для газообразного топлива:

$$M_2 = M_{CO_2} + M_{H_2O} + M_{N_2} + M_{O_2}, \quad (4.20)$$

где  $M_{N_2}$  – количество азота в воздухе.

Состав продуктов сгорания одного киломоля газообразного топлива в кмоль/кмоль, состав которого дается в объемных долях, определяется по формулам:

$$M_{CO_2} = r_{CO} + \sum r_{C_m H_n} \cdot m + r_{CO_2}; \quad (4.21)$$

$$M_{H_2O} = r_{H_2} + \sum r_{C_m H_n} \cdot n/2 + r_{H_2O}; \quad (4.22)$$

$$M_{N_2} = 0,79\alpha \cdot L'_0 + r_{N_2}; \quad (4.23)$$

$$M_{O_2} = 0,21(\alpha - 1)L'_0. \quad (4.24)$$

Действительный коэффициент молекулярного изменения рабочей смеси характеризует изменение объема газов при сгорании и равен:

$$\beta = \frac{M_z}{M_c} = \frac{M_2 + M_r}{M_1 + M_r}, \quad (4.25)$$

для карбюраторных двигателей и двигателей

с распределенным впрыском топлива

$$\beta = 1,05-1,08;$$

для дизелей

$$\beta = 1,01-1,05;$$

для газовых двигателей

$$\beta = 0,95-1,07.$$

Давление в конце сгорания определяют по формулам:  
карбюраторные двигатели:

$$P_z = \beta \cdot P_c \cdot \frac{T_z}{T_c}; \quad (4.26)$$

дизели:

$$P_z = \lambda \cdot P_c, \quad (4.27)$$

где  $\lambda$  – степень повышения давления.

Значение  $\lambda$  для автотракторных двигателей составляет:

карбюраторные двигатели	3-4;
газовые двигатели и двигатели	
с распределенным впрыском топлива	3-5;
дизели	1,2-2,5.

Температура в конце сгорания определяется из уравнения сгорания, которое имеет вид:

карбюраторные двигатели:

$$C_{V_1} \cdot T_c + \frac{\xi \cdot (Q_H - \Delta Q_H)}{\alpha \cdot L_0(1 + \gamma_r)} = \beta \cdot C'_V \cdot T_z; \quad (4.28)$$

дизели:

$$(C_{V_1} + 8,315 \cdot \lambda) \cdot T_c + \frac{\xi \cdot Q_H}{\alpha \cdot L_0(1 + \gamma_r)} = \beta \cdot C'_p \cdot T_z; \quad (4.29)$$

газовые двигатели:

$$C_{V_1} \cdot T_c + \frac{\xi \cdot Q_H \cdot 10^3}{(\alpha \cdot L'_0 + 1)(1 + \gamma_r)} = \beta \cdot C''_V \cdot T_z, \quad (4.30)$$

где  $\xi$  – коэффициент использования тепла, значение которого находится в пределах:

двигатели с распределенным впрыском топлива	0,88-0,98;
карбюраторные двигатели	0,85-0,95;
газовые двигатели	0,80-0,85;
дизели	0,70-0,90.

$Q_H$  – низшая теплотворная способность топлива, значение которой для различных топлив приведены в приложении 3;

$\Delta Q_H$  – потеря части теплотворности из-за химической непол-

ноты сгорания топлива при  $\alpha < 1$ .

$$\Delta Q_H = 12 \cdot (1 - \alpha) \cdot L_0 \cdot 10^4, \text{ кДж/кг топлива.} \quad (4.31)$$

Средние молекулярные теплоемкости в кДж/(кмоль·К) подсчитываются по следующим формулам:

для свежего заряда:

$$C_{V_1} = 20,16 + 1,738 \cdot 10^{-3} \cdot T_c, \quad (4.32)$$

где  $T_c$  – температура в конце сжатия, К;

для продуктов сгорания:

$$C'_V = (18,4 + 2,6 \cdot \alpha) + (15,5 + 13,8 \cdot \alpha) \cdot 10^{-4} \cdot T_z \quad (\text{при } \alpha < 1); \quad (4.33)$$

$$C'_p = 8,315 + \left(20 + \frac{0,92}{\alpha}\right) + \left(15,5 + \frac{13,8}{\alpha}\right) \cdot 10^{-4} \cdot T_z \quad (\text{при } \alpha \geq 1);$$

для продуктов сгорания газовых двигателей:

$$C''_V = \sum r_k \cdot C_{V_1}, \quad (4.34)$$

где  $r_k$  – объемная доля каждого газа, входящего в состав продуктов сгорания;

$C_{V_1}$  – теплоемкость этого компонента.

Объемная доля каждого газа, входящего в состав продуктов сгорания:

$$r_k = \frac{M_k}{M_2}, \quad (4.35)$$

где  $M_k$  – число киломолей этого газа, образующегося при сгорании одного киломоля газового топлива.

В этих двигателях считается, что продукты сгорания состоят из  $CO_2$ ,  $O_2$ ,  $N_2$  и  $H_2O$ .

Уравнения для вычисления средних молекулярных теплоемкостей газов при изменении температуры конца сгорания  $T_z$  до 2800°К имеют следующий вид:

$$C_{V_1} = 25,5 + 4,19 \cdot 10^{-3} \cdot T_z \quad (\text{для } H_2O);$$
$$C_{V_1} = 38,5 + 3,35 \cdot 10^{-3} \cdot T_z \quad (\text{для } CO_2); \quad (4.36)$$

$$C_{V_1} = 22,2 + 1,26 \cdot 10^{-3} T_z \text{ (для } N_2\text{);}$$

$$C_{V_1} = 23 + 1,67 \cdot 10^{-3} \cdot T_z \text{ (для } O_2\text{).}$$

Определив числовые значения всех параметров, уравнения сгорания (4.28-4.30) приводят к квадратному уравнению:

$$a \cdot T_z^2 + b \cdot T_z + c = 0. \quad (4.37)$$

Из этого уравнения определяется значение температуры  $T_z$ :

$$T_z = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot c}}{2 \cdot a}, \text{ К.} \quad (4.38)$$

Значения температуры и давления газов в конце сгорания для современных автотракторных двигателей при работе с полной нагрузкой составляют:

для карбюраторных двигателей:

$$T_z = 2400-2900 \text{ К; } P_z = 3,5-6,5 \text{ МПа;}$$

для двигателей с распределенным впрыском топлива:

$$T_z = 2700-3100 \text{ К; } P_z = 8-10 \text{ МПа;}$$

для дизелей:

$$T_z = 1800-2300 \text{ К; } P_z = 5-12 \text{ МПа;}$$

для газовых двигателей:

$$T_z = 2200-2500 \text{ К; } P_z = 3-5 \text{ МПа.}$$

#### 4.1.4 Процессы расширения и выпуска

Значения давления  $P_b$  и температуры  $T_b$  газов в конце процесса расширения рассчитывают по уравнениям политропического процесса:

для карбюраторных и газовых двигателей:

$$P_b = \frac{P_z}{\varepsilon^{n_2}}; T_b = \frac{T_z}{\varepsilon^{n_2-1}}; \quad (4.39)$$

для дизелей:

$$P_b = \frac{P_z}{\delta^{n_2}}; T_b = \frac{T_z}{\delta^{n_2-1}}, \quad (4.40)$$

где  $\delta$  – степень последующего расширения:

$$\delta = \frac{V_b}{V_z} = \frac{\varepsilon}{\rho}, \quad (4.41)$$

где  $\rho$  – степень предварительного расширения:

$$\rho = \frac{V_z}{V_c} = \frac{\beta \cdot T_z}{\lambda \cdot T_c}. \quad (4.42)$$

Для автотракторных дизелей:

$$\delta = 10-18; \quad \rho = 1,2-2,4.$$

Показатель политропы расширения  $n_2$  для современных автотракторных двигателей определяется по формуле:

$$n_2 = 1,22 + \frac{130}{n}. \quad (4.43)$$

При номинальной нагрузке находится в пределах:

для карбюраторных двигателей и двигателей с распределенным впрыском топлива	1,23-1,30;
для газовых двигателей	1,25-1,35;
для дизелей	1,18-1,28.

Значения давления и температуры для современных автотракторных двигателей составляют:

для бензиновых и газовых двигателей:

$$P_b = 0,35-0,60 \text{ МПа}, \quad T_b = 1400-1700 \text{ К};$$

для дизелей:

$$P_b = 0,2-0,5 \text{ МПа}, \quad T_b = 1000-1400 \text{ К}.$$

Для проверки теплового расчета и правильности выбора параметров процесса выпуска можно использовать формулу профессора Е. К. Мазинга:

$$T_r = \frac{T_b}{\sqrt[3]{P_b / P_r}}. \quad (4.44)$$

Если полученная величина  $T_r$  значительно (более 15%) отличается от ранее выбранной, то необходимо внести уточнения в тепловой расчет.

#### 4.1.5 Определение параметров рабочего цикла, основных показателей и размеров двигателя

Теоретическое среднее индикаторное давление можно определить по построенной индикаторной диаграмме (рис. 4.1):

$$P_{i \text{ расч}} = \mu_p \cdot \frac{F}{l}, \quad (4.45)$$

где  $F$  – площадь индикаторной диаграммы ( $a, c, z, z', b, a$ ), мм<sup>2</sup>;

$\mu_p$  – масштаб индикаторной диаграммы по оси давлений (1 мм =  $\mu$  МПа);

$l$  – длина индикаторной диаграммы, мм.

При ориентировочных расчетах нижняя граница индикаторной диаграммы устанавливается по линии внешнего атмосферного давления, т.е. часть площади диаграммы ( $P_r - P_0$ )  $V_h$  не учитывается.

Величина среднего теоретического индикаторного давления подсчитывается аналитическим путем на основании формулы (для четырехтактных дизелей):

$$P'_i = \frac{P_c}{\varepsilon - 1} \cdot \left[ \lambda(\rho - 1) + \frac{\lambda \cdot \rho}{n_2 - 1} \left(1 - \frac{1}{\delta^{n_2 - 1}}\right) - \frac{1}{n_1 - 1} \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_1 - 1}}\right) \right] \quad (4.46)$$

для двигателей с искровым зажиганием:

$$P'_i = \frac{P_c}{\varepsilon - 1} \left[ \frac{\lambda}{n_2 - 1} \cdot \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_2 - 1}}\right) - \frac{1}{n_1 - 1} \cdot \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_1 - 1}}\right) \right] \quad (4.47)$$

Точность построения индикаторной диаграммы оценивается коэффициентом погрешности:

$$\delta_n = [(P'_{i \text{ расч}} - P'_i) / P'_{i \text{ расч}}] \cdot 100\% \quad (4.48)$$

Коэффициент  $\delta_n$  не должен превышать 3-4%.

Действительное среднее индикаторное давление определяется из уравнения:

$$P_i = P'_i \cdot \nu - \Delta P_i, \quad (4.49)$$

где  $\nu$  – коэффициент полноты индикаторной диаграммы (для двигателей с искровым зажиганием –  $\nu = 0,94-0,97$ ; для дизелей –  $\nu = 0,92-0,95$ ).

$\Delta P_i = P_r - P_a$  – потери индикаторного давления на выполненные вспомогательных ходов.

Величина среднего индикаторного давления для автотрактор-

ных двигателей имеет следующие значения:

двигатели с искровым зажиганием	0,6-1,6 МПа;
двигатели с распределенным впрыском топлива	1,2-1,6 МПа;
дизели без наддува	0,6-1,1 МПа;
дизели с наддувом	0,8-2,2 МПа.

Среднее давление механических потерь в двигателе определяется по следующим выражениям:

для двигателей с искровым зажиганием:

$$\text{при } S/D > 1 \quad P_m = 0,05 + 0,0155 \cdot C_n, \text{ МПа}; \quad (4.50)$$

$$\text{при } S/D < 1 \quad P_m = 0,04 + 0,0135 \cdot C_n, \text{ МПа}; \quad (4.51)$$

для дизелей с неразделенной камерой сгорания:

$$P_m = 0,105 + 0,012 \cdot C_n, \text{ МПа}; \quad (4.52)$$

для дизелей с разделенной камерой сгорания:

$$P_m = 0,105 + 0,014 \cdot C_n, \text{ МПа}; \quad (4.53)$$

где  $C_n$  – скорость поршня при номинальной мощности.

Среднее эффективное давление:

$$P_e = P_i - P_m. \quad (4.54)$$

Механический КПД двигателя:

$$\eta_m = \frac{P_e}{P_i}. \quad (4.55)$$

Механический КПД двигателей находится в следующих пределах:

двигатели с искровым зажиганием	0,7-0,9;
дизели без наддува	0,7-0,82;
дизели с наддувом	0,8-0,9.

Среднее эффективное давление для современных автотракторных двигателей составляет:

двигатели с искровым зажиганием	0,5-1,3 МПа;
дизели без наддува	0,55-0,85 МПа;
дизели с наддувом	0,70-1,75 МПа.

Исходя из заданной величины эффективной мощности  $N_e$ , номинальной частоты вращения  $n$ , числа цилиндров  $i$ , тактности  $\tau$  и среднего эффективного давления  $P_e$ , определяется рабочий объём

ем цилиндра двигателя по формуле:

$$V_h = \frac{30 \cdot N_e \cdot \tau}{P_e \cdot n \cdot i} . \quad (4.56)$$

Рабочий объем цилиндра, с другой стороны, равен:

$$V_h = \pi \cdot S \cdot \frac{D^2}{4} , \quad (4.57)$$

где  $D$  – диаметр цилиндра, дм;

$S$  – ход поршня, дм.

Диаметр цилиндра определяется из выражения:

$$D = 100 \cdot \sqrt[3]{\frac{4 \cdot V_h}{\pi \cdot k}} , \text{ мм}, \quad (4.58)$$

где  $k = S/D$  – отношение хода поршня к диаметру цилиндра.

Современные автотракторные двигатели проектируются с невысоким значением  $k$ :

двигатели с искровым зажиганием 0,7-1,0;

двигатели дизельные 0,90-1,3.

Ход поршня:

$$S = D \cdot k . \quad (4.59)$$

Полученные значения  $S$  и  $D$  округляют до целых четных чисел или до нуля целых и пяти десятых.

По принятым значениям  $D$  и  $S$  (в мм) определяют основные параметры и показатели двигателя:

рабочий объем цилиндра:

$$V_h = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot S}{4 \cdot 10^6} , \text{ л}, \quad (4.60)$$

эффективная мощность:

$$N_e = \frac{P_e \cdot V_h \cdot i \cdot n}{30 \cdot \tau} , \text{ кВт}; \quad (4.61)$$

эффективный крутящий момент:

$$M_k = 9550 \cdot \frac{N_e}{n} , \text{ Н} \cdot \text{ м}; \quad (4.62)$$

средняя скорость поршня:

$$C_n = \frac{S \cdot n}{3 \cdot 10^4}, \text{ м/с.} \quad (4.63)$$

Оценка работы двигателя, с точки зрения использования рабочего объема, а также тепловой и динамической напряженности, производится по удельной литровой и поршневой мощностям:

$$N_l = \frac{N_e}{V_h \cdot i} = \frac{P_e \cdot n}{30 \cdot \tau}, \text{ кВт/л;} \quad (4.64)$$

$$N_n = \frac{N_e}{F_n \cdot i} = \frac{P_e \cdot S \cdot n}{30 \cdot \tau}, \text{ кВт/дм}^2. \quad (4.65)$$

Значения литровой  $N_l$  и поршневой  $N_n$  мощностей для авто-тракторных двигателей находятся в следующих пределах:

	$N_l$	$N_n$
двигатели с искровым зажиганием	20-55;	25-45;
двигатели дизельные	10-25;	20-35.

В качестве измерителей топливной экономичности двигателя при работе его на номинальной мощности принимаются:

эффективный удельный расход топлива:

$$g_e = \frac{3,6 \cdot 10^6}{Q_n \cdot \eta_e}, \text{ г/(кВт} \cdot \text{ч)}, \quad (4.66)$$

где  $\eta_e = \eta_i \cdot \eta_m$  – эффективный КПД двигателя.

Часовой расход топлива:

$$G_T = \frac{g_e \cdot N_e}{1000}, \text{ кг/ч.} \quad (4.67)$$

Индикаторный КПД двигателя вычисляется по выражению:

$$\eta_i = \frac{P_i \cdot l_0 \cdot \alpha}{Q_n \cdot \rho_0 \cdot \eta_v}, \quad (4.68)$$

где  $l_0 \approx 14,5$  кг/кг;

$\alpha$  – коэффициент избытка воздуха;

$Q_n$  – низшая теплотворная способность топлива, кДж/кг;

$\eta_v$  – коэффициент наполнения;

$$\eta_v = \frac{(P_a \cdot \varepsilon - P_r) \cdot T_k}{P_k (\varepsilon - 1) \cdot (T_k + \Delta T)}. \quad (4.69)$$

$\rho_0$  – плотность заряда на впуске, кг/м<sup>3</sup>:

$\rho_0 = P_0 \cdot 10^6 / (B \cdot T_0)$  или  $\rho_k = P_k \cdot 10^6 / (B \cdot T_k)$  – при наддуве,  
где  $B$  – удельная газовая постоянная [ $B = 287$  Дж/кг·К].

Для современных двигателей  $\eta_i$  составляет:

двигатели с искровым зажиганием	0,26-0,35;
дизели	0,38-0,50.

Эффективный КПД для автотранспортных двигателей находится в следующих пределах:

двигатели с искровым зажиганием	0,21-0,31;
дизели	0,31-0,42.

Эффективный удельный объемный расход газа (для газового двигателя) определяется по формуле:

$$\nu_e = 87,8 / (Q_n \cdot \eta_e), \text{ м}^3 / (\text{кВт} \cdot \text{ч}). \quad (4.70)$$

Удельный эффективный расход теплоты:

$$g_e = (\nu_e \cdot Q_n) / 24,4, \text{ МДж} / (\text{кВт} \cdot \text{ч}). \quad (4.71)$$

Значение эффективного удельного расхода топлива составляет:

карбюраторные двигатели	300-370 г/(кВт·ч);
дизели с неразделенными камерами сгорания	225-260 г/(кВт·ч);
газовые двигатели (расход теплоты)	14-17 МДж/(кВт·ч).

Часовой расход топлива для газовых двигателей (при  $T_0 = 288\text{К}$ ;  $P_0 = 0,098$  МПа):

$$G_T = \nu_e \cdot N_e, \text{ м}^3 / \text{ч}. \quad (4.72)$$

Полученные значения основных размеров двигателя и показатели эффективности его работы заносятся в таблицу 4.1.

#### 4.1.6 Оптимизация показателей проектируемого двигателя по программе ПЭВМ

Результаты теплового расчета двигателя и его основные размеры записываются в таблице 4.1.

Таблица 4.1

## Результаты теплового расчета двигателя

Давление газов, МПа					Температура газов, К°				Среднее давление, МПа		КПД			Удельный эффективный расход топлива	Размеры двигателя		
$P_a$	$P_c$	$P_z$	$P'_z$	$P_b$	$T_a$	$T_c$	$T_z$	$T_b$	$P_e$	$P_i$	$\eta_i$	$\eta_M$	$\eta_e$	$g_e$ , г/кВт·ч	$S$ , мм	$D$ , мм	$V_h$ , л

Представленные в таблице 4.1 данные являются результатом предварительного ручного расчета параметров проектируемого двигателя, которые не всегда могут быть оптимальными в сравнении с прототипом по основным показателям: эффективная мощность  $N_e$ , размеры двигателя  $D$  и  $S$ , удельный эффективный расход топлива  $g_e$ . В связи с этим, необходимо определить наиболее оптимальный вариант теплового расчета проектируемого двигателя с помощью расчетных программ ПЭВМ, имеющихся в ЦИТ Самарской ГСХА и компьютерном классе инженерного факультета, путем варьирования входными параметрами. Полученные при машинном расчете показатели двигателя корректируются с учетом данных прототипа и представляются распечаткой в пояснительной записке.

Таблица 4.2

## Сравнение показателей прототипа и результатов теплового расчета проектируемого двигателя

Показатели	$N_e$ , кВт	$D$ , мм	$S$ , мм	$g_e$ , г/(кВт·ч)
Прототип				
Результаты ручного расчета				
Результаты машинного расчета				

Принятые оптимальными результаты ручного или машинного расчета используются в дальнейшем при построении индикаторной диаграммы и динамическом расчете проектируемого двигателя.

## 4.1.7 Расчет теплового баланса двигателя

Количество теплоты, выделяемой при сгорании вводимого в двигатель топлива за определенное время:

для жидкого топлива:

$$Q_0 = \frac{Q_H \cdot G_T}{3600}, \text{ кДж/с}, \quad (4.73)$$

где  $Q_H$  – низшая теплота сгорания, кДж/кг;  
для газообразного топлива:

$$Q_0 = Q_H \cdot G_T / 87,8, \text{ кДж/с}, \quad (4.74)$$

где  $Q_H$  – низшая теплота сгорания, МДж/кмоль;  
 $G_T$  – часовой расход топлива, м<sup>3</sup>/ч.

Теплота, эквивалентная эффективной работе:

$$Q_e = N_e, \text{ кДж/с}, \quad (4.75)$$

где  $N_e$  – эффективная мощность двигателя, кВт.

Количество теплоты, передаваемой охлаждающей жидкости:

$$Q_{охл} = c \cdot i \cdot D^{1+2m} \cdot n^m \cdot \frac{Q_H - \Delta Q_H}{\alpha \cdot Q_H \cdot 1000}, \text{ кДж/с}, \quad (4.76)$$

где  $c$  – коэффициент пропорциональности (для четырехтактных двигателей  $c = 0,45-0,53$ );

$i$  – число цилиндров;

$D$  – диаметр цилиндра, см;

$m$  – показатель степени ( $m = 0,6-0,7$ );

$n$  – частота вращения коленчатого вала, мин<sup>-1</sup>;

$\alpha$  – коэффициент избытка воздуха.

Количество теплоты, теряемое в связи с неполнотой сгорания при  $\alpha < 1$ :

$$\Delta Q_H = 12 \cdot 10^4 \cdot (1 - \alpha) \cdot L_0; \quad (4.77)$$

$$Q_{н.с.} = \frac{\Delta Q_H \cdot G_T}{3600}. \quad (4.78)$$

Количество теплоты, теряемой с отработавшими газами:

$$Q_2 = G_T (c'_p M_2 T'_r - c_{p1} \alpha \cdot L_0 T_0) 3,6 \cdot 10^{-3}, \text{ кДж/с}; \quad (4.79)$$

для двигателей, работающих на газовом топливе:

$$Q_2 = G_T [c'_p \cdot M_2 \cdot T'_r - c_{p1} (\alpha \cdot L_0 + 1) \cdot T_0] 87,8 \cdot 10^{-3}, \text{ кДж/с}, \quad (4.80)$$

где  $\alpha$  – коэффициент избытка воздуха;

$T'_r$  – температура отработавших газов ( $T'_r = T_r - 70^\circ$ );  
 $c_p$  и  $c'_p$  – средние молекулярные теплоемкости свежего заряда  
и продуктов сгорания;

$$c_{p_1} = 8,315 + c_{v_1} ; \quad (4.81)$$

где  $c'_p = 8,315 + c'_v$  – для двигателей, работающих на жидком топливе;

$$c'_p = 8,315 + c''_v \text{ – для газовых двигателей.}$$

Значения  $c_v$ ,  $c'_v$ ,  $c''_v$  определяются по формулам, указанным в «Тепловом расчете двигателя».

Неучтенные потери теплоты включаются в остаточный член баланса:

$$Q_{ост} = Q_0 - (Q_e + Q_{охл} + Q_z + Q_{н.с.}). \quad (4.82)$$

Составляющие теплового баланса показаны в таблице 4.3.

Таблица 4.3

Результаты расчета теплового баланса двигателя

Составляющие теплового баланса	$Q$ , кДж/с	$q$ , %

#### 4.1.8 Расчет и построение индикаторной диаграммы

Индикаторная диаграмма строится совмещенной: теоретическая и действительная в координатных осях  $PV$ , в которой по оси ординат откладывается давление газов в цилиндре в МПа, а по оси абсцисс – полный объем цилиндра.

Размеры индикаторной диаграммы по оси абсцисс (объемы) рекомендуется брать не менее 100-150 мм. Высота по оси ординат (давление) должна быть больше длины в 1,2-1,5 раза.

На оси абсцисс (рис. 4.1, 4.2) откладывают произвольный отрезок, изображающий в каком-либо масштабе объем камеры сгорания  $V_c$ , этот отрезок принимается за единицу. Затем на этой оси откладываются в принятом масштабе объемы:

$$V_z = \rho \cdot V_c ; \quad V_a = \varepsilon \cdot V_c = V_c + V_h .$$

Выбираем масштаб давлений  $\mu_p$  из следующих рекомендуемых значений: 0,02; 0,025; 0,04; 0,05; 0,08; 0,1 МПа/мм.

В принятом масштабе давлений по оси ординат отмечают

точки  $a, c, z, z', b, r$ , соответствующие давлениям:  $P_a, P_c, P_z, P_b, P_r$ , давление  $P_{z'}=P_z$ , первое из них соответствует точке  $V_c$  на оси абсцисс, второе – точке  $V_z$ .

Через точки  $P_{z'}=P_z, P_0$  и  $P_r$  проводят прямые, параллельные оси абсцисс. Точки  $a$  и  $c$  соединяются политропой сжатия, а точки  $z$  и  $b$  – политропой расширения. Промежуточные точки этих кривых определяются из условия, что каждому значению  $V_x$  на оси абсцисс соответствуют следующие значения давлений:

$$P_x = P_a \cdot \left( \frac{V_a}{V_x} \right)^{n_1} \quad \text{– для политропы сжатия;}$$

$$P'_x = P_b \cdot \left( \frac{V_b}{V_x} \right)^{n_2} \quad \text{– для политропы расширения,}$$

где  $P_x$  и  $P'_x$  – искомые давления в промежуточных точках на политропах сжатия и расширения;

$V_a/V_x, V_b/V_x$  – отношение объемов, выраженных в единицах длины (по чертежу);

$n_1$  и  $n_2$  – показатели политроп сжатия и расширения.

Для двигателей с искровым зажиганием отношение  $V_a/V_x$  изменяется в пределах  $1 - \varepsilon$ , для дизелей в первом случае от 1 до  $\varepsilon$ , во втором –  $1 - \delta$ , где  $\delta$  – степень последующего расширения.

Для построения политроп необходимо определить значения давлений в 9 точках, включая точки  $a$  и  $c, z$  и  $b$ .

Результаты расчетов ординат точек политроп рекомендуется записать в таблицу 4.4.

Таблица 4.4

Расчет политроп сжатия и расширения

№ точек	Ox, мм	OB/Ox	Политропа сжатия			Политропа расширения		
			$(OB/Ox)^{n_1}$	$P_x/\mu_p$ , мм	$P_x$ , МПа	$\left( \frac{OB}{Ox} \right)^{n_2}$	$P'_x/\mu_p$ , мм	$P'_x$

Расчет параметров таблицы 4.4 может быть выполнен по программе ПЭВМ с учетом типа двигателя.

По полученным данным строится теоретическая индикаторная диаграмма. Для получения действительной диаграммы необходи-

мо нанести скругления на теоретическую. Приближенное скругление выполняется следующим образом.

Касание политропы сжатия линии верхней мертвой точки (в.м.т.) должно быть выше точки  $c$  примерно на  $1/3$  отрезка  $cz$  (рис. 4.1) или отрезка  $cz'$  (рис. 4.2), а начало видимого повышения давления на линии сжатия должно находиться до в.м.т. за  $0,08V_h$  (для двигателей с искровым зажиганием) и за  $0,04V_h$  (для дизелей). Действительное давление в конце сгорания составляет  $0,85P_z$  (рис. 4.1). Положение точки  $z'$  (рис. 4.1) должно быть смещено вправо от линии  $cz$  на  $10-15^\circ$  поворота коленчатого вала по развернутой индикаторной диаграмме.

Точка  $b'$ , характеризующая конец расширения в действительном рабочем цикле, обычно расположена на половине расстояния между точками  $a$  и  $b$  (рис. 4.1, 4.2).

Построение индикаторной диаграммы для дизеля с наддувом практически не отличается от описанного выше способа; только линия впуска будет проходить выше линии атмосферного давления и может совпадать с линией выпуска.

#### 4.1.9 Исследование взаимосвязи параметров рабочего цикла

Технический уровень двигателя внутреннего сгорания характеризуется взаимосвязью основных параметров и показателей рабочего цикла, которые можно подразделить на следующие группы:

динамические:

- $N_e$ , мощность эффективная, кВт;
- $M_e$ , крутящий момент эффективный, Н·м;
- $n$ , частота вращения коленвала,  $\text{мин}^{-1}$ ;

экономические:

-  $\eta_i$ ,  $\eta_M$ ,  $\eta_e$ , коэффициенты полезного действия (индикаторный, механический, эффективный);

- $G_T$ , часовой расход топлива, кг/ч;
- $g_e$ , удельный расход топлива, г/кВт·ч;

конструкционные, теплотехнические и характеристические:

- $\varepsilon$  – степень сжатия;
- диаметр цилиндра и ход поршня, мм;
- степень повышения давления;
- коэффициент наполнения цилиндров;

- коэффициент избытка воздуха.

В данном разделе необходимо установить взаимосвязь указанных в задании параметров по результатам машинного расчета двигателя при разных значениях исследуемых параметров в характерных для современных двигателей пределах и построить график зависимости. Варьирование исследуемых параметров следует проводить при постоянных значениях прочих исходных данных для расчета проектируемого двигателя, характерных для оптимального режима, принятого за основу в тепловом расчете при сравнении результатов ручного и машинного расчетов.

#### 4.1.10 Примеры теплового расчета двигателей внутреннего сгорания

**Пример 1.** Провести тепловой расчет двигателя мощностью  $N_e = 59$  кВт, с частотой вращения коленчатого вала  $n=5600$  мин<sup>-1</sup>, степенью сжатия  $\varepsilon=8,8$ . Прототипом является двигатель ВАЗ-2105.

##### Процесс впуска

1. Принимаем: давление окружающего воздуха  $P_o=0,1$  МПа; температуру окружающего воздуха  $T_o= 288$  К; температуру остаточных газов  $T_r = 1000$  К; температуру подогрева свежего заряда  $\Delta T = 150$  К.

2. Давление остаточных газов  $P_r = (1,05 \dots 1,25)P_o = 1,15 \cdot 0,1 = 0,115$  МПа.

3. Потери давления на впуске  $\Delta P_a = (0,05 \dots 0,20)P_o = 0,2 \cdot 0,1 = 0,02$  МПа.

4. Давление в конце впуска  $P_a = P_o - \Delta P_a = 0,1 - 0,02 = 0,08$  МПа.

5. Коэффициент остаточных газов

$$\gamma_r = \frac{T_o + \Delta T}{T_r} \cdot \frac{P_r}{\varepsilon \cdot P_a - P_r} = \frac{288 + 15}{1000} \cdot \frac{0,115}{8,8 \cdot 0,08 - 0,115} = 0,059 .$$

6. Температура в конце впуска

$$T_a = \frac{T_o + \Delta T + \gamma_r \cdot T_r}{1 + \gamma_r} = \frac{288 + 15 + 0,059 \cdot 1000}{1 + 0,059} = 341 \text{ К.}$$

##### Процесс сжатия

1. Показатель политропы сжатия  $n_i = 1,41 - 100/n = 1,41 - 100/5600 = 1,39$ .

2. Давление в конце сжатия  $P_c = P_a e^{n1} = 0,08 \cdot 8,8^{1,39} = 1,65$  МПа.

3. Температура в конце сжатия  $T_c = T_a e^{n1-1} = 341 \cdot 8,8^{1,39-1} = 796$  К.

### Процесс сгорания

1. Теоретически необходимое количество воздуха для сгорания 1 кг топлива

$$l_0 = \left( \frac{1}{0,23} \right) \cdot \left( \frac{8}{3} C + 8H - O_T \right) =$$
$$= \left( \frac{1}{0,23} \right) \cdot \left( \frac{8}{3} \cdot 0,854 + 8 \cdot 0,142 - 0,003 \right) = 14,8 \frac{\text{кг воздуха}}{\text{кг топлива}}.$$

$$L_0 = \left( \frac{1}{0,21} \right) \cdot \left( \frac{C}{12} + \frac{H}{4} - \frac{O_T}{32} \right) =$$
$$= \left( \frac{1}{0,21} \right) \cdot \left( \frac{0,854}{12} + \frac{0,142}{4} - \frac{0,003}{32} \right) = 0,51 \frac{\text{кмоль воздуха}}{\text{кг топлива}}.$$

2. Действительно поступившее количество воздуха

$$M_1 = \alpha L_0 = 0,95 \cdot 0,51 = 0,480 \text{ кмоль.}$$

3. Количество остаточных газов  $M_r = \gamma_r \cdot M_1 = 0,059 \cdot 0,480 = 0,028$  кмоль.

4. Число киломолей продуктов сгорания 1 кг жидкого топлива

$$M_2 = \alpha \cdot L_0 + H_2/4 + O_T/32 + 0,21 \cdot L_0(1 - \alpha) =$$
$$= 0,95 \cdot 0,51 + 0,142/4 + 0,003/32 + 0,21 \cdot 0,51(1 - 0,95) = 0,528 \frac{\text{кмоль}}{\text{кг}}.$$

5. Действительный коэффициент молекулярного изменения рабочей смеси

$$\beta = \frac{M_2 + M_r}{M_1 + M_r} = \frac{0,528 + 0,028}{0,480 + 0,028} = 1,09.$$

6. Средняя молекулярная теплоемкость

а) свежего заряда

$$C_{V1} = 20,16 + 1,738 \cdot 10^{-3} T_c =$$

$$= 20,16 + 1,738 \cdot 10^{-3} \cdot 796 = 21,54 \frac{\text{кДж}}{(\text{кмоль} \cdot \text{К})};$$

б) продуктов сгорания

$$C'_v = (18,4 + 2,6\alpha) + (15,5 + 13,8\alpha)10^{-4} T_z = 20,87 + 28,61 \cdot 10^{-4} \cdot T_z$$

7. Принимаем: низшая теплотворная способность топлива  $Q_n = 43500$  кДж/кг; коэффициент использования тепла  $\xi = 0,9$ .

8. Потери части теплотворности из-за неполноты сгорания

$$\Delta Q_n = 12(1 - \alpha)L_0 \cdot 10^4 = 12(1 - 0,95) \cdot 0,51 \cdot 10^4 = 3060 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

9. Температура в конце сгорания определяется из уравнения

$$C_{v_1} T_c + \frac{\xi \cdot (Q_n - \Delta Q_n)}{\alpha \cdot L_0 (1 + \gamma_r)} = \beta \cdot C'_v T_z;$$

$$21,54 \cdot 796 + \frac{0,9(43500 - 3060)}{0,95 \cdot 0,51 \cdot (1 + 0,059)} = 1,09(20,87 + 28,61 \cdot 10^{-4} \cdot T_z) \cdot T_z;$$

$$0,0031 \cdot T_z^2 + 22,54 \cdot T_z - 87592 = 0$$

$$T_z = 2800 \text{ К}.$$

10. Давление в конце сгорания

$$P_z = \frac{\beta \cdot P_c \cdot T_z}{T_c} = \frac{1,09 \cdot 1,65 \cdot 2800}{796} = 6,32 \text{ МПа}.$$

Процесс расширения

1. Показатель политропы расширения

$$n_2 = 1,22 + \frac{130}{n} = 1,22 + \frac{130}{5600} = 1,24.$$

2. Давление в конце расширения

$$P_b = \frac{P_z}{\varepsilon^{n_2}} = \frac{6,32}{8,8^{1,24}} = 0,426 \text{ МПа}.$$

3. Температура в конце расширения

$$T_b = \frac{T_z}{\varepsilon^{n_2-1}} = \frac{2800}{8,8^{1,24-1}} = 1666 \text{ К}.$$

4. Проверка ранее принятой  $T_r$

$$T_r = \frac{T_b}{\sqrt[3]{\frac{P_b}{P_r}}} = \frac{1666}{\sqrt[3]{\frac{0,426}{0,115}}} = 1081,8 \text{ К.}$$

Отличие от ранее принятой температуры  $T_r = 1000 \text{ К}$  составляет 8,1%, что менее 15%, следовательно, корректировать расчет не требуется.

Определение среднего индикаторного давления

1. Теоретическое среднее индикаторное давление

$$P'_i = \frac{P_c}{\varepsilon - 1} \cdot \left[ \frac{\lambda}{n_2 - 1} \left( 1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_2 - 1}} \right) - \frac{1}{n_1 - 1} \left( 1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_1 - 1}} \right) \right] =$$

$$= \frac{1,65}{8,8 - 1} \cdot \left[ \frac{3,5}{1,24 - 1} \left( 1 - \frac{1}{8,8^{1,24 - 1}} \right) - \frac{1}{1,39 - 1} \left( 1 - \frac{1}{8,8^{1,39 - 1}} \right) \right] = 1,178 \text{ МПа.}$$

2. Потери индикаторного давления на выполнение вспомогательных ходов

$$\Delta P_i = P_r - P_a = 0,115 - 0,08 = 0,035 \text{ МПа.}$$

3. Действительное среднее индикаторное давление

$$P_i = P'_i \cdot \nu - \Delta P_i = 1,178 \cdot 0,96 - 0,035 = 1,084 \text{ МПа.}$$

Определение основных размеров двигателя и показателей его топливной экономичности

1. Скорость поршня

$$C_n = S \cdot n / 3 \cdot 10^4 = 80 \cdot 5600 / 3 \cdot 10^4 = 14,9 \text{ м/с.}$$

2. Среднее давление механических потерь

$$p_m = 0,05 + 0,0155 C_n = 0,05 + 0,0155 \cdot 14,9 = 0,281 \text{ МПа.}$$

3. Среднее эффективное давление

$$P_e = P_i - p_m = 1,084 - 0,281 = 0,803 \text{ МПа.}$$

4. Механический коэффициент полезного действия двигателя

$$\eta_m = \frac{P_e}{P_i} = \frac{0,803}{1,084} = 0,74.$$

5. Рабочий объем одного цилиндра

$$V_h = \frac{30 \cdot N_e \cdot \tau}{P_e \cdot n \cdot i} = \frac{30 \cdot 59 \cdot 4}{0,803 \cdot 5600 \cdot 4} = 0,394 \text{ л.}$$

6. Диаметр цилиндра (при  $S/D=1,053$  по прототипу)

$$D = 100 \sqrt[3]{\frac{4V_h}{\pi k}} = 100 \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 0,394}{3,14 \cdot 1,053}} = 77,8 \text{ мм} - \text{принимаем } 78 \text{ мм.}$$

7. Ход поршня  $S = D \cdot k = 78 \cdot 1,053 = 82,134 \text{ мм} - \text{принимаем } 82 \text{ мм.}$

8. Из принятых  $D$  и  $S$  определяем:

а) рабочий объем цилиндра

$$V_h = \frac{\pi D^2 \cdot S}{4 \cdot 10^6} = \frac{3,14 \cdot 78^2 \cdot 82}{4 \cdot 10^6} = 0,392 \text{ л.}$$

б) эффективная мощность

$$N_e = \frac{P_e \cdot V_h \cdot i \cdot n}{30 \tau} = \frac{0,803 \cdot 0,392 \cdot 4 \cdot 5600}{30 \cdot 4} = 58,7 \approx 59 \text{ кВт.}$$

в) эффективный крутящий момент

$$M_k = 9550 \frac{N_e}{n} = 9550 \frac{58,7}{5600} = 100 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

г) средняя скорость поршня

$$C_n = \frac{S \cdot n}{30 \cdot 10^4} = \frac{82 \cdot 5600}{30 \cdot 10^4} = 15,3 \text{ м/с.}$$

9. Удельная литровая мощность

$$N_l = \frac{N_e}{V_h \cdot i} = \frac{P_e \cdot n}{30 \tau} = \frac{0,803 \cdot 5600}{30 \cdot 4} = 37,5 \text{ Вт/л.}$$

10. Удельная поршневая мощность

$$N_n = \frac{N_e}{F_n \cdot i} = \frac{P_e \cdot S \cdot n}{30 \tau} = \frac{0,803 \cdot 82 \cdot 10^{-2} \cdot 5600}{30 \cdot 4} = 30,73 \text{ кВт/дм}^2.$$

11. Плотность заряда на впуске

$$\rho_0 = \frac{P_0 \cdot 10^6}{B \cdot T_0} = \frac{0,1 \cdot 10^6}{287 \cdot 288} = 1,2 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

12. Индикаторный КПД двигателя

$$\eta_i = \frac{P_i \cdot l_0 \cdot \alpha \cdot 10^3}{Q_n \cdot \rho_0 \cdot \eta_v} = \frac{1,084 \cdot 14,8 \cdot 0,95 \cdot 10^3}{43500 \cdot 1,2 \cdot 0,8} = 0,35 .$$

13. Эффективный КПД двигателя

$$\eta_e = \eta_i \cdot \eta_m = 0,74 \cdot 0,35 = 0,26 .$$

14. Эффективный удельный расход топлива

$$g_e = \frac{3,6 \cdot 10^6}{Q_n \cdot \eta_e} = \frac{3,6 \cdot 10^6}{43500 \cdot 0,26} = 318 \frac{\text{г}}{\text{кВт} \cdot \text{ч}} .$$

15. Часовой расход топлива

$$G_T = \frac{g_e \cdot N_e}{1000} = \frac{318 \cdot 58,7}{1000} = 18,7 \frac{\text{кг}}{\text{ч}} .$$

Отклонение расчетного значения мощности от заданного составляет 0,5%, что допустимо.

**Пример 2.** Провести тепловой расчет двигателя мощностью  $N_e = 60$  кВт, с частотой вращения коленчатого вала  $n=2000$  мин<sup>-1</sup>, степенью сжатия  $\varepsilon=16$ . Прототипом является двигатель Д-241Д. На двигателе установить турбокомпрессор.

#### Процесс впуска

1. Принимаем: давление окружающего воздуха  $P_o=0,1$  МПа; температуру окружающего воздуха  $T_o= 288$  К; температуру остаточных газов  $T_r= 600$  К; температуру подогрева свежего заряда  $\Delta T= 5$  К; показатель политропы сжатия  $n_k=1,7$ .

2. Давление надвучного воздуха

$$P_\kappa = 1,5P_o = 1,5 \cdot 0,1 = 0,15 \text{ МПа} .$$

3. Температура воздуха за компрессором

$$T_\kappa = T_o \left( \frac{P_\kappa}{P_o} \right)^{\frac{n_k-1}{n_k}} = 288 \left( \frac{0,15}{0,1} \right)^{\frac{1,7-1}{1,7}} = 340 \text{ К} .$$

4. Давление остаточных газов

$$P_r = 10,8P_\kappa = 0,8 \cdot 0,15 = 0,12 \text{ МПа} .$$

5. Потери давления на впуске

$$\Delta P_a = 0,05P_\kappa = 0,05 \cdot 0,15 = 0,0075 \text{ МПа} .$$

6. Давление в конце впуска

$$P_a = P_\kappa - \Delta P_a = 0,15 - 0,0075 = 0,1425 \text{ МПа} .$$

7. Коэффициент остаточных газов

$$\gamma_r = \frac{T_\kappa + \Delta T}{T_r} \cdot \frac{P_r}{\varepsilon \cdot P_a - P_r} = \frac{340 + 5}{600} \cdot \frac{0,12}{16 \cdot 0,1425 - 0,12} = 0,032 .$$

8. Температура в конце впуска

$$T_a = \frac{T_\kappa + \Delta T + \gamma_r \cdot T_r}{1 + \gamma_r} = \frac{340 + 5 + 0,032 \cdot 600}{1 + 0,032} = 353,5 \text{ К} .$$

Процесс сжатия

1. Средний показатель политропы сжатия  $n_l = 1,41 - 100/n = 1,41 - 100/2000 = 1,36$ .

2. Давление в конце сжатия  $P_c = P_a \varepsilon^{n_l} = 0,1425 \cdot 16^{1,36} = 6,19 \text{ МПа}$ .

3. Температура в конце сжатия  $T_c = T_a \varepsilon^{n_l - 1} = 353,5 \cdot 16^{1,36 - 1} = 959 \text{ К}$ .

Процесс сгорания

1. Теоретически необходимое количество воздуха для сгорания 1кг топлива

$$l_0 = \left( \frac{1}{0,23} \right) \cdot \left( \frac{8}{3} \cdot C + 8H - O_T \right) =$$

$$= \left( \frac{1}{0,23} \right) \cdot \left( \frac{8}{3} \cdot 0,857 + 8 \cdot 0,133 - 0,01 \right) = 14,5 \frac{\text{кг воздуха}}{\text{кг топлива}} ;$$

$$L_0 = \left( \frac{1}{0,21} \right) \cdot \left( \frac{C}{12} + \frac{H}{4} - \frac{O_T}{32} \right) =$$

$$= \left( \frac{1}{0,21} \right) \cdot \left( \frac{0,857}{12} + \frac{0,133}{4} - \frac{0,01}{32} \right) = 0,5 \frac{\text{кмоль воздуха}}{\text{кг топлива}} .$$

2. Действительно поступившее количество воздуха

$$M_1 = \alpha L_0 = 1,7 \cdot 0,5 = 0,85 \text{ кмоль} .$$

3. Количество остаточных газов  $M_r = \gamma_r \cdot M_1 = 0,032 \cdot 0,85 = 0,027 \text{ кмоль}$ .

4. Число киломолей продуктов сгорания 1 кг жидкого топлива

$$M_2 = \alpha \cdot L_0 + H/4 + O_T/32 =$$

$$= 1,7 \cdot 0,5 + 0,133/4 + 0,01/32 = 0,88 \frac{\text{кмоль}}{\text{кг}} .$$

5. Действительный коэффициент молекулярного изменения рабочей смеси

$$\beta = \frac{M_2 + M_r}{M_1 + M_r} = \frac{0,88 + 0,027}{0,85 + 0,027} = 1,03.$$

6. Средняя молекулярная теплоемкость

а) свежего заряда

$$\begin{aligned} C_{V1} &= 20,16 + 1,738 \cdot 10^{-3} T_c = \\ &= 20,16 + 1,738 \cdot 10^{-3} \cdot 959 = 21,83 \frac{\text{кДж}}{(\text{кмоль} \cdot \text{K})}; \end{aligned}$$

б) продуктов сгорания

$$\begin{aligned} C'_p &= 8,315 + \left( 20 + \frac{0,92}{\alpha} \right) + \left( 15,5 + \frac{13,8}{\alpha} \right) 10^{-4} T_z = \\ &= 8,315 + \left( 20 + \frac{0,92}{1,7} \right) + \left( 15,5 + \frac{13,8}{1,7} \right) 10^{-4} T_z = \\ &= 28,85 + 23,62 \cdot 10^{-4} \cdot T_z. \end{aligned}$$

7. Принимаем: низшая теплотворная способность топлива  $Q_n = 42800$  кДж/кг; коэффициент использования тепла  $\xi = 0,7$ .

9. Температура в конце сгорания определяется из уравнения

$$\begin{aligned} (C_{V1} + 8,315 \lambda) T_c + \frac{\xi Q_n}{\alpha \cdot L_0 (1 + \gamma_r)} &= \beta C'_p T_z; \\ (21,83 + 8,315 \cdot 1,7) \cdot 959 + \frac{0,7 \cdot 42800}{1,7 \cdot 0,5 (1 + 0,032)} &= \\ &= 1,03 (28,85 + 23,62 \cdot 10^{-4} \cdot T_z) \cdot T_z; \\ 0,0024 \cdot T_z^2 + 29,7 \cdot T_z - 68645 &= 0; \\ T_z &= 1990 \text{ K}. \end{aligned}$$

10. Давление в конце сгорания

$$P_z = \lambda \cdot P_c = 1,7 \cdot 6,19 = 10,52 \text{ МПа}.$$

Процесс расширения

1. Показатель политропы расширения

$$n_2 = 1,22 + \frac{130}{n} = 1,22 + \frac{130}{2000} = 1,28.$$

2. Степень предварительного расширения

$$\rho = \frac{\beta \cdot T_z}{\lambda \cdot T_c} = \frac{1,03 \cdot 1990}{1,7 \cdot 959} = 1,26.$$

3. Степень последующего расширения  $\delta = \frac{\varepsilon}{\rho} = \frac{16}{1,26} = 12,7.$

2. Давление в конце расширения

$$P_b = \frac{P_z}{\delta^{n_2}} = \frac{10,52}{12,7^{1,28}} = 0,41 \text{ МПа}.$$

3. Температура в конце расширения

$$T_b = \frac{T_z}{\delta^{n_2-1}} = \frac{1990}{12,7^{1,28-1}} = 975 \text{ К}.$$

4. Проверка ранее принятой  $T_r$

$$T_r = \frac{T_b}{\sqrt[3]{\frac{P_b}{P_r}}} = \frac{975}{\sqrt[3]{\frac{0,41}{0,12}}} = 650 \text{ К},$$

Отличие от ранее принятой температуры  $T_r=600$  К составляет 8,3%, что менее 15%, следовательно, корректировать расчет не требуется.

#### Определение среднего индикаторного давления

1. Теоретическое среднее индикаторное давление

$$\begin{aligned} P'_i &= \frac{P_c}{\varepsilon - 1} \cdot \left[ \lambda(\rho - 1) + \frac{\lambda\rho}{n_2 - 1} \left( 1 - \frac{1}{\delta^{n_2-1}} \right) - \frac{1}{n_1 - 1} \left( 1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_1-1}} \right) \right] = \\ &= \frac{6,19}{16 - 1} \cdot \left[ 1,7(1,26 - 1) + \frac{1,7 \cdot 1,26}{1,28 - 1} \left( 1 - \frac{1}{12,7^{1,28-1}} \right) - \frac{1}{1,36 - 1} \left( 1 - \frac{1}{16^{1,36-1}} \right) \right] = \\ &= 1,2 \text{ МПа}. \end{aligned}$$

2. Потери индикаторного давления на выполнение вспомогательных ходов

$$\Delta P_i = P_r - P_a = 0,12 - 0,142 = -0,022 \text{ МПа}.$$

3. Действительное среднее индикаторное давление

$$P_i = P'_i \cdot v - \Delta P_i = 1,2 \cdot 0,93 - (-0,022) = 1,14 \text{ МПа}.$$

Определение основных размеров двигателя и показателей его топливной экономичности

1. Скорость поршня

$$C_n = S \cdot n / 3 \cdot 10^4 = 125 \cdot 2000 / 3 \cdot 10^4 = 8,3 \text{ м/с}.$$

2. Среднее давление механических потерь

$$P_m = 0,105 + 0,012 C_n = 0,105 + 0,012 \cdot 8,3 = 0,2 \text{ МПа}.$$

3. Среднее эффективное давление

$$P_e = P_i - P_m = 1,14 - 0,2 = 0,94 \text{ МПа}.$$

4. Механический коэффициент полезного действия двигателя

$$\eta_m = \frac{P_e}{P_i} = \frac{0,94}{1,14} = 0,82.$$

5. Рабочий объем одного цилиндра

$$V_h = \frac{30 \cdot N_e \cdot \tau}{P_e \cdot n \cdot i} = \frac{30 \cdot 60 \cdot 4}{0,94 \cdot 2000 \cdot 4} = 0,96 \text{ л}.$$

6. Диаметр цилиндра (при  $S/D=1,136$  по прототипу)

$$D = 100 \sqrt[3]{\frac{4V_h}{\pi k}} = 100 \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 0,96}{3,14 \cdot 1,136}} = 102,5 \text{ мм} - \text{принимаем } 102 \text{ мм}.$$

7. Ход поршня  $S = D \cdot k = 102 \cdot 1,136 = 115,8 \text{ мм} - \text{принимаем } 116 \text{ мм}.$

8. Из принятых  $D$  и  $S$  определяем:

а) рабочий объем цилиндра

$$V_h = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot S}{4 \cdot 10^6} = \frac{3,14 \cdot 102^2 \cdot 116}{4 \cdot 10^6} = 0,947 \text{ л}.$$

б) эффективная мощность

$$N_e = \frac{P_e \cdot V_h \cdot i \cdot n}{30 \tau} = \frac{0,94 \cdot 0,947 \cdot 4 \cdot 2000}{30 \cdot 4} = 59,3 \approx 60 \text{ кВт}.$$

в) эффективный крутящий момент

$$Mk = 9550 \frac{N_e}{n} = 9550 \frac{59,3}{2000} = 283 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

г) средняя скорость поршня

$$C_n = \frac{S \cdot n}{3 \cdot 10^4} = \frac{116 \cdot 2000}{3 \cdot 10^4} = 7,7 \text{ м/с}.$$

9. Удельная литровая мощность

$$N_n = \frac{N_e}{V_h \cdot i} = \frac{P_e \cdot n}{30 \cdot \tau} = \frac{0,94 \cdot 2000}{30 \cdot 4} = 15,7 \text{ кВт/л}.$$

10. Удельная поршневая мощность

$$N_n = \frac{N_e}{F_n \cdot i} = \frac{P_e \cdot S \cdot n}{30 \cdot \tau} = \frac{0,94 \cdot 116 \cdot 10^{-2} \cdot 2000}{30 \cdot 4} = 18,17 \text{ кВт/дм}^2.$$

11. Плотность заряда на впуске

$$\rho_0 = \frac{P_k \cdot 10^6}{B \cdot T_k} = \frac{0,15 \cdot 10^6}{287 \cdot 340} = 1,54 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

12. Индикаторный КПД двигателя

$$\eta_i = \frac{P_i \cdot l_0 \cdot \alpha \cdot 10^3}{Q_n \cdot \rho_0 \cdot \eta_v} = \frac{1,14 \cdot 14,5 \cdot 1,7 \cdot 10^3}{42800 \cdot 1,54 \cdot 0,9} = 0,47.$$

13. Эффективный КПД двигателя

$$\eta_e = \eta_i \cdot \eta_m = 0,47 \cdot 0,82 = 0,38.$$

14. Эффективный удельный расход топлива

$$g_e = \frac{3,6 \cdot 10^6}{Q_n \cdot \eta_e} = \frac{3,6 \cdot 10^6}{42800 \cdot 0,38} = 221 \frac{\text{г}}{\text{кВт} \cdot \text{ч}}.$$

15. Часовой расход топлива

$$G_T = \frac{g_e \cdot N_e}{1000} = \frac{221 \cdot 59,3}{1000} = 13,1 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}.$$

Отклонение расчетного значения мощности от заданного составляет 1,2%, что допустимо.

## 4.2 Динамический расчет двигателя внутреннего сгорания

### 4.2.1 Анализ схемы сил, действующих в КШМ проектируемого двигателя

В двигателях внутреннего сгорания возвратно-поступательное движение поршня при последовательной реализации действительного рабочего цикла преобразуется во вращательное движение ко-

ленчатого вала посредством кривошипно-шатунного механизма (КШМ). Динамический расчет кривошипно-шатунного механизма заключается в определении характера действия суммарных сил и моментов, возникающих от давления газов и сил инерции (рис. 4.3). С учетом этих сил рассчитывают основные детали на прочность и износ. При работе двигателя на детали КШМ действуют силы давления газов в цилиндре, силы инерции возвратно-поступательно движущихся масс, центробежные силы, давление на поршень со стороны картера и силы тяжести. Действующие силы воспринимаются полезным сопротивлением от силовой передачи машины, силами трения и опорами двигателя. Для определения характера действия сил и моментов, изменяющихся по величине и направлению, в динамическом расчете рационально их определение для отдельных положений коленчатого вала через 10-30° поворота в пределах продолжительности рабочего цикла (720° – четырехтактный цикл, 360° – двухтактный цикл).

А. Силы, приведенные к оси поршневого пальца:

1)  $P_G$  – сила давления газов.

2)  $P_j$  – сила инерции возвратно-поступательно движущихся масс.

3) Суммарная сила, приведенная к оси поршневого пальца

$$P_1 = P_G + P_j. \quad (4.83)$$

4) Нормальная сила создает обратный момент

$$N = P_1 \cdot tg\beta. \quad (4.84)$$

$$M_{обп} = -N \cdot A. \quad (4.85)$$

5) Сила, действующая вдоль шатуна

$$P_t = \frac{P_1}{\cos \beta}. \quad (4.86)$$

Б. Силы, приведенные к оси шатунной шейки (обусловлены действием силы  $P_t$  и силы инерции вращающихся масс  $P_c$ ):

6) Центростремительная сила

$$Z = P_t \cdot \cos(\alpha + \beta) = P_1 \frac{\cos(\alpha + \beta)}{\cos \beta}. \quad (4.87)$$

7) Тангенциальная сила

$$T = P_t \cdot \sin(\alpha + \beta) = P_1 \frac{\sin(\alpha + \beta)}{\cos \beta} \quad (4.88)$$

создает крутящий момент двигателя

$$M_k = T \cdot r. \quad (4.89)$$

8) Суммарная сила, действующая вдоль кривошипа,

$$K = P_c + Z. \quad (4.90)$$

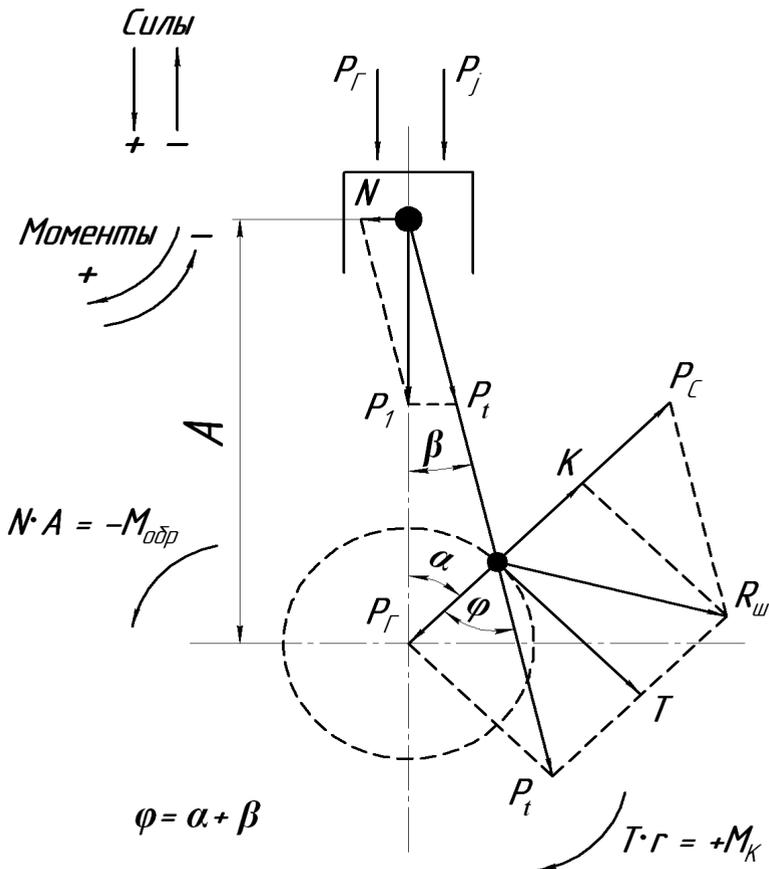


Рис.4.3. Схема сил, действующих в КШМ

9) Результирующая сила, нагружающая шатунную шейку,

$$R_{III} = \bar{P}_t + \bar{P}_c, \text{ или } R_{III} = \sqrt{K^2 + T^2}. \quad (4.91)$$

Сила  $R_{III}$  определяет величину и равномерность износа шатунной шейки, а так же нагружает коренную шейку коленвала двигателя.

Силы инерции и приведение масс КШМ:

$$P_j = -m_1 \cdot j = -m_1 r \omega^2 (\cos \alpha + \lambda \cdot \cos 2\alpha); \quad (4.92)$$

$$P_c = -m_r \cdot r \cdot \omega^2; \quad (4.93)$$

где  $m_1$  – массы, движущиеся возвратно-поступательно;  
 $m_r$  – вращающиеся массы.

$$m_1 = m_{\Pi} + (0,2..0,3)m_{Ш}, \quad (4.94)$$

где  $m_{\Pi}$  – масса поршневой группы;  
 $m_{Ш}$  – масса шатуна.

$$\frac{l_k}{l_{\Pi}} \cdot m_{Ш} \approx 0,275m_{Ш} \text{ – масса шатуна, отнесенная к оси}$$

поршневого пальца (рис. 4.4).

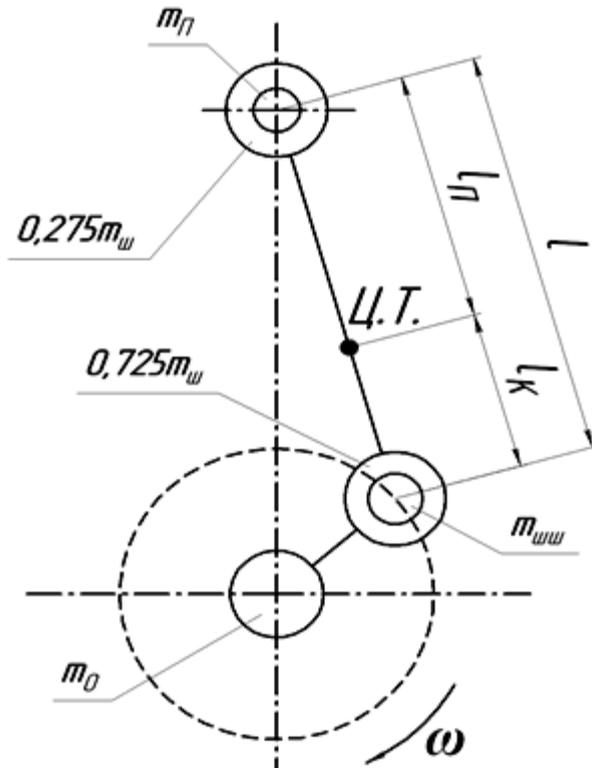


Рис. 4.4. Схема приведения масс КШМ

Масса шатуна, отнесенная к оси шатунной шейки.

$$m_r = (0,7...0,8)m_{III} = \frac{l_{II}}{l_K} \cdot m_{III} \approx 0,725m_{III}, \quad (4.95)$$

$$P_j = P_j' + P_j'' = -\left(m_1 \omega^2 r \cos \alpha + m_1 \omega^2 r \lambda \cos 2\alpha\right), \quad (4.96)$$

$P_j'$  – силы инерции первого порядка,

$P_j''$  – силы инерции второго порядка.

Направление сил  $P_j'$  и  $P_j''$  с учетом характера изменения ускорения в функции угла поворота кривошипа показано на рисунке 4.5. Центробежная сила  $P_C$  нагружает шатунную шейку, складываясь с силой  $P_T$ .

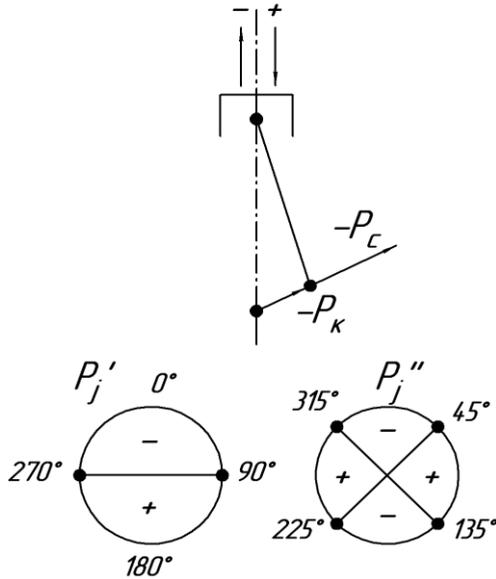


Рис.4.5. Направление действия сил инерции

Коренные шейки дополнительно нагружаются силой  $P_K$ , образуя суммарную силу  $P_\Sigma$ .

$$P_\Sigma = -(P_C + P_K). \quad (4.97)$$

В курсовом проекте рассматривается действие сил, приведенных в таблице приложения 9.

#### 4.2.2 Обоснование входных параметров и методы динамического расчета двигателя

Динамический расчет предусматривает определение и анализ действия сил, приведенных к оси поршневого пальца и оси шатунной шейки, и может быть выполнен одним из двух методов:

– ручной расчет по формулам (4.83-4.97) и справочной информации приложений 4, 5 и 6 с представлением итоговой расчетной таблицы (прил. 9);

– машинный расчет по программе ПЭВМ с представлением итоговой распечатки.

При том и другом методе необходимо выбрать и обосновать входные параметры для динамического расчета с учетом исходных данных и результатов теплового расчета проектируемого двигателя.

– Радиус кривошипа коленчатого вала  $R=S/2$ .

– Отношение радиуса кривошипа  $R$  к длине шатуна  $l$ :  $\lambda=R/l=0,24-0,3$  (прил. 8).

– Угловая скорость коленчатого вала  $\omega=(\pi n)/30, \text{ с}^{-1}$ , где  $n=n_H, \text{ мин}^{-1}$  – частота вращения коленчатого вала при номинальном режиме работы.

– Массы, движущиеся возвратно-поступательно  $m_l$ , и вращающиеся массы  $m_r$  определяются по формулам (4.94) и (4.95) с учетом масс отдельных элементов КШМ по прототипу двигателя или по значениям удельных масс деталей (прил. 11), отнесенных к единице площади поршня  $F_{II}=(\pi D^2)/4, \text{ м}^2$ .

– Масштаб сил  $\mu_F=\mu_P \cdot F_{II} \cdot 10^6, \text{ Н/мм}$ , где  $F_{II}$  в  $\text{м}^2$ , масштаб давлений  $\mu_P$  в  $\text{МПа/мм}$ .

– Изменение силы давления газов  $P_G$  в функции угла поворота коленчатого вала  $\alpha$  в пределах рабочего цикла (от 0 до  $720^0$  для 4-тактного и от 0 до  $360^0$  для 2-тактного) с интервалом значений  $P_G$  через  $30^0$  и с учетом поправки Ф. А. Брикса при построении развернутой индикаторной диаграммы.

#### 4.2.3 Анализ и построение диаграммы сил, приведенных к оси поршневого пальца

Сила давления газов определяется по формуле:

$$P_2 = \frac{(P_x - P_0) \cdot \mu_P \cdot \pi \cdot D^2 \cdot 10^6}{4}, \text{ Н}, \quad (4.98)$$

где  $P_x$  – текущее значение давления газов по индикаторной диаграмме, мм;

$P_0$  – атмосферное давление, МПа;

$\mu_p$  – масштаб давлений, МПа/мм;

$D$  – диаметр цилиндра, м.

Определение текущих значений давления газов  $P_x$  через каждые  $30^\circ$  угла поворота коленчатого вала выполняется по методу профессора Ф. А. Брикса (рис. 4.6) с целью определения действительного давления газов в цилиндре при неравномерном ходе поршня. Для этого ниже индикаторной диаграммы строится полуокружность радиусом, равным половине хода поршня  $S$  на графике. Вправо по горизонтали от центра откладывается отрезок, поправка Брикса, равный  $\lambda R/2$ , где  $R$  – радиус кривошипа (берется с индикаторной диаграммы);  $\lambda = R/L = 0,25-0,30$  – отношение радиуса кривошипа к длине шатуна  $L$ .

При выборе  $\lambda$  руководствуются такими соображениями: с точки зрения уменьшения нормальных к стенке цилиндра усилий более длинный шатун (т.е. меньшее значение  $\lambda$ ) предпочтительнее, но с увеличением  $L$  увеличиваются высота, масса шатуна и двигателя. При коротком шатуне возникает опасность задевания шатуна за нижнюю кромку цилиндра, а юбки поршня – за коленчатый вал. Значения постоянной  $\lambda$  кривошипно-шатунного механизма для автотракторных двигателей представлены в приложении 1.

Определив поправку Брикса, из нового центра  $O'$  проводятся лучи через каждые  $30^\circ$  до пересечения с полуокружностью. Точки пересечения этих лучей с полуокружностью проектируются на кривые впуска, выпуска, а так же политропы сжатия и расширения индикаторной диаграммы. Расстояния от линии  $P_0$  до полученных точек в мм записываются в таблицу приложения 7 и используются при расчете по программе на ПЭВМ.

Из уравнения (4.98) следует, что индикаторная диаграмма в некотором масштабе представляет собой диаграмму сил давления газов  $P_G$ . Если масштаб давлений  $\mu_p$  в МПа/мм, а площадь поршня  $F_{II}$  в м<sup>2</sup>, то масштаб сил давления газов  $\mu_F$  в Н/мм

$$\mu_F = \mu_p \cdot F_{II} \cdot 10^6. \quad (4.99)$$

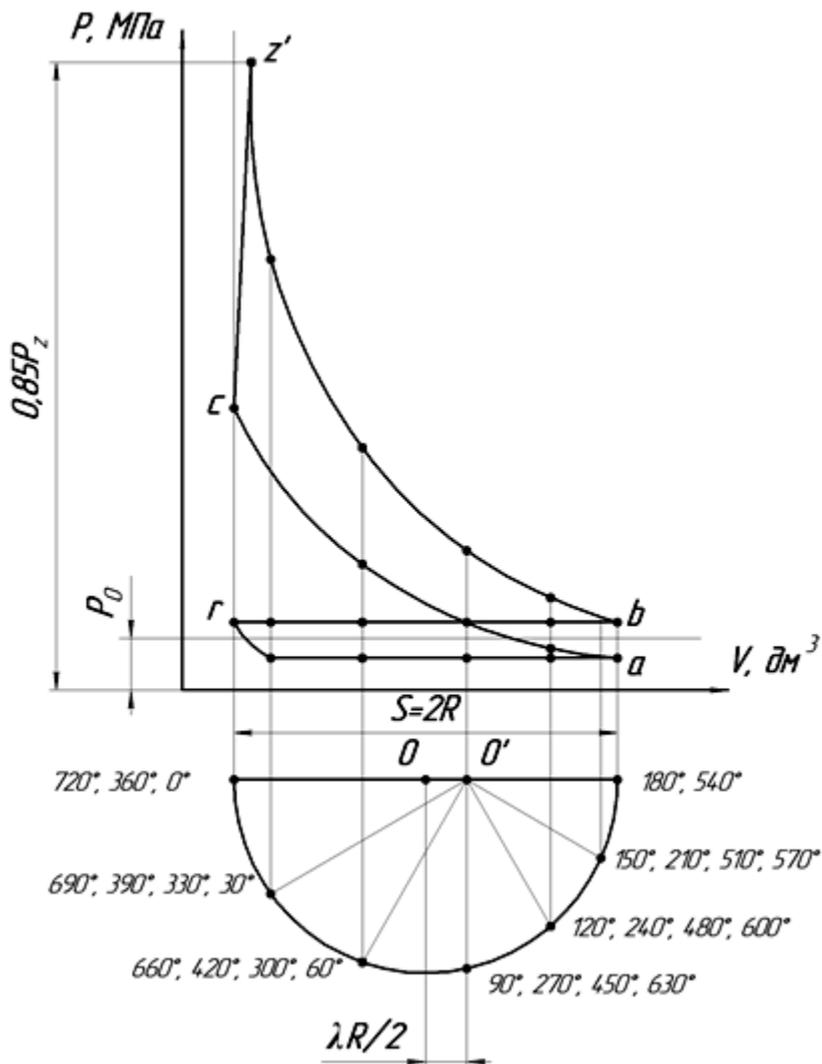


Рис. 4.6. Индикаторная диаграмма с поправкой Ф. А. Брукса

Сводную диаграмму сил давления газов  $P_G$ , сил инерции масс движущихся возвратно-поступательно  $P_j$ , и суммарной силы  $P_I$  рационально совместить с индикаторной диаграммой (рис. 4.7).

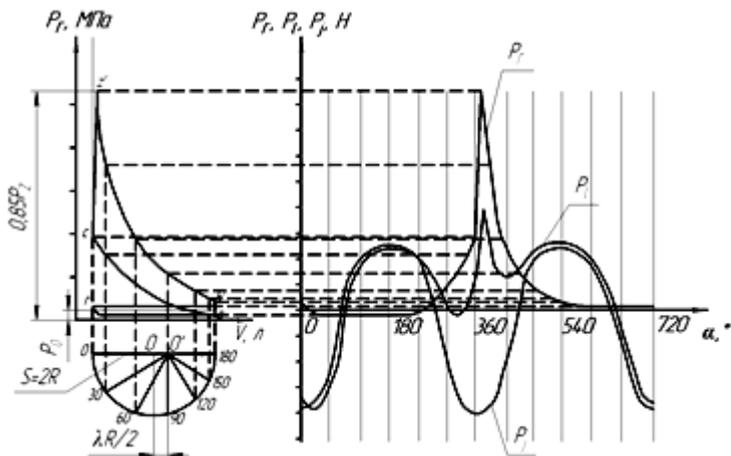


Рис. 4.7. Сводная диаграмма сил, приведенных к оси поршневого пальца

В данном случае развернутая по углу поворота коленчатого вала индикаторная диаграмма (в масштабе  $\mu_P$ ) будет одновременно характеризовать изменение силы давления газов  $P_r$  (в масштабе  $\mu_F$ ). Однако чтобы учесть атмосферное давление в картере двигателя  $P_0$  и получить действительное значение давления газов на поршень, начало координат развернутого графика в функции  $\alpha$  необходимо сместить вверх на уровень  $P_0$  свернутой индикаторной диаграммы.

Значения сил  $P_j$  и  $P_l$  при различных значениях  $\alpha$  определяются ручным расчетом по формулам (4.83) и (4.92) или машинным расчетом по программе ПЭВМ и наносятся на сводную диаграмму (рис. 4.7) в масштабе сил  $\mu_F$ . При ручном расчете значения сил  $P_j$  и  $P_l$  заносятся в таблицу приложения 9.

#### 4.2.4 Расчет и построение диаграммы тангенциальной силы и крутящего момента двигателя

Тангенциальная сила одноцилиндрового двигателя определяется ручным расчетом по формуле (4.88) или машинным расчетом по программе ПЭВМ и наносится на диаграмму (рис. 4.8).

Положительные значения силы  $T$  откладываются вверх по оси абсцисс, а отрицательные – вниз.

Для многоцилиндровых двигателей строится суммарная диаграмма тангенциальных усилий, действующих в каждом цилиндре.

Для этого определяются углы смещения графика тангенциальных сил для отдельных цилиндров относительно графика для первого цилиндра. Так, например, на суммарной диаграмме тангенциальных усилий четырехтактного двухцилиндрового двигателя наносятся две диаграммы, сдвинутые одна относительно другой на  $180^\circ$ , если порядок работы цилиндров 1-2-0-0, и на  $540^\circ$  – при порядке работы 1-0-0-2. Для четырехцилиндровых четырехтактных рядных двигателей отдельные диаграммы должны быть последовательно сдвинуты по фазе одна относительно другой на  $180^\circ$ , у шестицилиндровых рядных – на  $120^\circ$ . У четырехцилиндровых четырехтактных двигателей на одном участке суммарной диаграммы строятся четыре отдельных графика, на остальных участках – только их результирующие (рис. 4.8). Суммарная диаграмма тангенциальных сил может быть получена аналитически.

Определение углов смещения графика тангенциальных сил для отдельных цилиндров относительно графика для первого цилиндра для четырехтактных двигателей с неравномерным чередованием вспышек осуществляется по формуле:

$$\psi_i = 720 - \sum \Theta, \quad (4.100)$$

где  $\sum \Theta$  – сумма всех интервалов между вспышками в пределах от первого до  $i$ -го цилиндра.

Определив углы смещения для всех цилиндров, и используя график тангенциальной силы для одного цилиндра, заполняют таблицу (прил. 9).

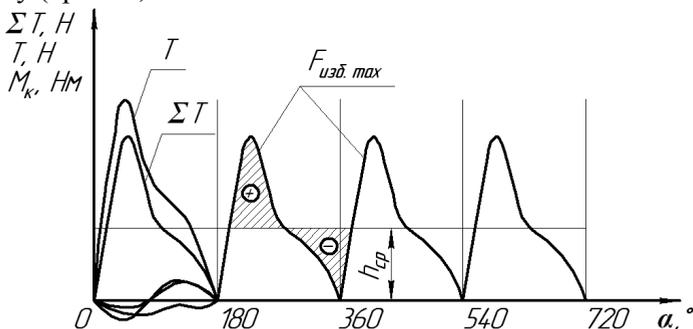


Рис. 4.8. Диаграмма суммарной тангенциальной силы и крутящего момента четырехцилиндрового двигателя:

$T$  – тангенциальные силы одного цилиндра на разных тактах рабочего цикла;  
 $\Sigma T$  – суммарная тангенциальная сила;  $M_k$  – крутящий момент

Полученные значения тангенциальных сил для всех цилиндров двигателя алгебраически суммируются в каждой строке таблицы (прил. 12) и определяется значение суммарной тангенциальной силы при соответствующих углах поворота коленчатого вала.

Для двигателей с равномерным чередованием вспышек угол смещения графика тангенциальной силы относительно графика для первого цилиндра определяется по формуле:

$$\psi_i = (i - n + 1) \cdot \Theta, \quad (4.101)$$

где  $i$  – число цилиндров двигателя;  $n$  – порядковый номер вспышки;  $\Theta$  – интервал между вспышками.

Для четырехтактных двигателей:  $\Theta = 720^\circ/i$ .

Примеры расчета углов смещения приведены в приложении 13.

После построения графика определяется среднее значение тангенциальной силы (средняя ордината диаграммы) по выражению:

$$h_{cp} = (\sum F_{пол} - \sum F_{omp}) / l, \text{ мм}, \quad (4.102)$$

где  $\sum F_{пол}$  – площадь всех участков суммарной диаграммы, расположенных над осью абсцисс, мм<sup>2</sup>;

$\sum F_{omp}$  – площадь всех участков суммарной диаграммы, расположенных под осью абсцисс, мм<sup>2</sup>;

$l$  – длина диаграммы, мм.

При аналитическом определении суммарной тангенциальной силы, средняя ордината вычисляется путем деления алгебраической суммы ординат для каждого угла  $\alpha$  на число ординат.

Проверяется правильность построения диаграммы тангенциальных сил. Для этого необходимо:

1) Определить значение средней тангенциальной силы по формуле:

$$T_{cp} = h_{cp} \cdot \mu_T, \text{ Н}, \quad (4.103)$$

где  $\mu_T$  – масштаб тангенциальной силы Н/мм.

2) Определить среднее значение суммарного крутящего момента.

$$M_k = T_{cp} \cdot R, \text{ Н}\cdot\text{м}, \quad (4.104)$$

где  $R$  – радиус кривошипа, м.

3) Определить эффективный крутящий момент двигателя при расчетной мощности.

$$M_e = M_k \cdot \eta_m, \quad (4.105)$$

где  $\eta_m$  – механический КПД проектируемого двигателя.

4) Определить мощность двигателя по формуле:

$$N_e = (M_e \cdot n \cdot \pi) / (3 \cdot 10^4), \text{ кВт}, \quad (4.106)$$

или

$$N_e = (M_e \cdot n) / 9550, \text{ кВт},$$

где  $n$  – частота вращения коленчатого вала, мин<sup>-1</sup>.

Расхождение с расчетной мощностью не должно превышать  $\pm 5\%$ .

Кривые тангенциальных сил являются одновременно в некотором масштабе  $\mu_M$  и кривыми индикаторных крутящих моментов  $M_K$ . Этот масштаб в Н·м/мм можно подсчитать по формуле:

$$\mu_M = \mu_T \cdot R. \quad (4.107)$$

На графике суммарной тангенциальной силы изобразить дополнительную ось с обозначением в вышеуказанном масштабе значений  $M_K$ .

#### 4.2.5 Расчет маховика проектируемого двигателя

Для расчета массы маховика необходимо:

- определить избыточную работу крутящего момента

$$L_{изб} = F_{изб} \cdot \mu_M \cdot \mu'_\alpha, \quad (4.108)$$

где  $F_{изб}$  – максимальная избыточная площадка над прямой средней тангенциальной силы, мм<sup>2</sup>;

$\mu'_\alpha = 4 \cdot \pi / b$  – масштаб угла поворота коленчатого вала на диаграмме, рад/мм;

$b$  – длина диаграммы, мм.

- определить момент инерции маховика (кг·м<sup>2</sup>), способного обеспечить требуемую равномерность хода двигателя,

$$J_M \approx (0,8 \dots 0,9) \cdot \frac{L_{изб}}{\delta \cdot \omega^2}, \quad (4.109)$$

где 0,8...0,9 – доля момента инерции маховика с учетом вращающихся масс муфты сцепления;

$\omega$  – расчетная угловая скорость коленчатого вала, рад/с,  
 $\delta$  – степень неравномерности вращения коленчатого вала.  
 У тракторных двигателей  $\delta=0,01-0,02$ .  
 У автомобильных двигателей  $\delta=0,01-0,03$ .

Для маховика, выполненного в виде диска с массивным ободом, по моменту инерции определяют его диаметр и массу:

$$J_M \cong m_M r_{cp}^2 = m_M D_{cp}^2 / 4, \quad (4.110)$$

где  $D_{cp}$  – средний диаметр обода, м;  
 $m_M$  – масса маховика, кг.

Задаваясь диаметром обода  $D_{cp}$ , определяют необходимую массу маховика. Ориентировочно

$$D_{cp} = (2 \dots 3) \cdot S, \text{ м}, \quad (4.111)$$

где  $S$  – ход поршня, м.

Таким образом, полученное значение массы маховика

$$m_M = 4 \cdot J_M / D_{cp}^2 \quad (4.112)$$

учитывает конструкционные и динамические параметры проектируемого двигателя.

#### 4.2.6 Расчет подшипника кривошипной головки шатуна

Результирующая сила  $R_{Ш}$ , приведенная к оси шатунной шейки (рис. 4.9), определяется ручным расчетом по формуле (4.91) или машинным расчетом по программе ПЭВМ, и характеризуется максимальным  $R_{Шmax}$  и средним  $R_{ШCP}$  значениями.

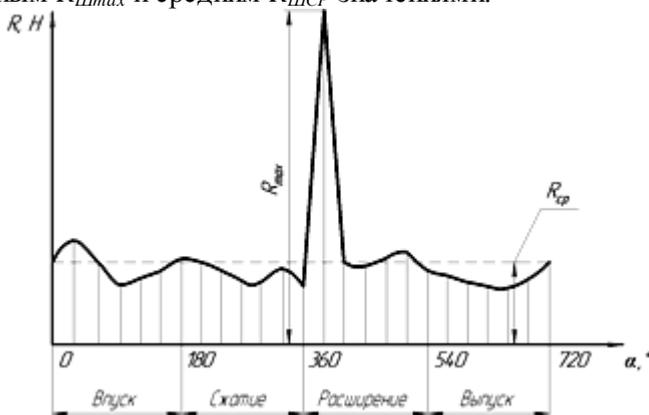


Рис. 4.9. Диаграмма результирующей силы  $R_{Ш}$ , приведенной к оси шатунной шейки

Конструктивные размеры шатунной шейки коленчатого вала и подшипника кривошипной головки шатуна определяются с учетом основных размеров двигателя ( $D$  – диаметр цилиндра,  $S$  – ход поршня) и характера изменения результирующей силы  $R_{ш}=f(\alpha)$ , приведенной к оси шатунной шейки, по следующим соотношениям:

- диаметр шатунной шейки  $d_{шшш}=(0,56\dots 0,75)D$ ;
- толщина стенки вкладыша:  
тонкостенного  $t_с=(0,03\dots 0,05) d_{шшш}$ ;
- толстостенного  $t_с=0,1d_{шшш}$ ;
- расстояние между шатунными болтами  $l_б=(1,30\dots 1,75) d_{шшш}$ ;
- длина кривошипной головки  $l_к=(0,45\dots 0,95) d_{шшш}$ ;
- рабочая ширина шатунного вкладыша  $l_{шф}=l_к-2r_г$ ,  
где  $r_г=(0,06\dots 0,07) d_{шшш}$  – радиус галтели шатунной шейки;
- удельное давление на поверхность шатунных шеек:

$$\sigma_{CP} = \frac{R_{шCP}}{(d_{шшш} \cdot l_{ш})}, \quad (4.113)$$

$$\sigma_{MAX} = \frac{R_{шMAX}}{(d_{шшш} \cdot l_{ш})}. \quad (4.114)$$

Для современных двигателей удельные давления изменяются в пределах:

	$\sigma_{CP}$ , МПа	$\sigma_{MAX}$ , МПа
– рядные бензиновые и газовые д.в.с.	3-10;	7-20;
– V-образные бензиновые и газовые д.в.с.	4-12;	18-28;
– дизели	6-16;	20-42.

– минимально-допустимый смазочный слой в подшипнике на основе гидродинамической теории смазки на режиме максимальной мощности

$$h_{\min} = 55 \cdot 10^{-9} \mu \cdot n \cdot d_{шшш} / (\sigma_{CP} \cdot \delta_0 \cdot c), \quad (4.115)$$

где  $\mu$  – динамическая вязкость масла (0,004-0,017) Н·с/м<sup>2</sup>;

$n$  – частота вращения коленчатого вала, мин<sup>-1</sup>;

$d_{шшш}$  – диаметр шатунной шейки, мм;

$\sigma_{CP}$  – среднее удельное давление, МПа;

$\delta_0=\Delta/d_{шшш}$  – относительный зазор;

$\Delta=0,007\sqrt{d_{\text{шш}}}$  – диаметральный зазор между валом и подшипником, мм;

$c=1+ d_{\text{шш}} / l_{\text{ш}}$  – коэффициент, учитывающий геометрию вала и подшипника.

– критическая толщина масляного слоя

$$h_{\text{кр}} = h_{\text{в}} + h_{\text{п}} + h_{\text{г}}, \quad (4.116)$$

где  $h_{\text{в}}$  – величина микронеровностей поверхности вала, мм;

$h_{\text{п}}$  – величина микронеровностей подшипника, мм;

$h_{\text{г}}$  – искажение геометрических форм сопряжения, мм (учитывается коэффициентами  $\delta_0$  и  $c$  формулы 4.116).

Значения величин  $h_{\text{в}}$  и  $h_{\text{п}}$  принимаются с учетом способа обработки поверхности в пределах (3-10 мм):

алмазное растачивание –	0,30-1,6;
чистовое шлифование –	0,20-0,80;
чистовое полирование (или хонингование) –	0,10-0,40;
суперфиниширование –	0,05-0,25.

– коэффициент запаса надежности подшипника характеризуется отношением

$$k = \frac{h_{\text{min}}}{h_{\text{кр}}} \geq 2. \quad (4.117)$$

Условие выполняется рациональным выбором конструктивных, технологических, эксплуатационных факторов и расчетных параметров работы подшипников. Примеры распечаток ПЭВМ теплового и динамического расчетов проектируемого двигателя представлены в приложениях 14 и 15.

## 5 Тягово-динамический и топливно-экономический расчеты энергетического средства

### 5.1 Тяговый расчет трактора

#### 5.1.1 Исходные и основные расчётные параметры для теоретической тяговой характеристики трактора

##### *Задание на тяговый расчет трактора*

Исходными параметрами к тяговому расчету трактора являются: прототип трактора, крюковая сила тяги  $P_{\text{кр1}}$  на первой пере-

даче, тип двигателя, теоретическая скорость движения на первой передаче  $V_{T1}$ , число рабочих передач, агрофон. Эти параметры даются в задании на тяговый расчет трактора в приложении 2.

В задании на тяговый расчет указывается прототип трактора близкий по тяговому классу, назначению и эксплуатационно-конструктивным параметрам для ориентации при выборе значений основных параметров в процессе расчета теоретической тяговой характеристики трактора.

Тяговый расчет трактора выполняют для случая равномерного движения трактора по горизонтальной поверхности без отбора мощности.

### **5.1.2 Определение основных параметров для расчета тяговой характеристики трактора**

При тяговом расчете определяют или выбирают следующие параметры:

- эксплуатационную массу трактора;
- радиус ведущих колес трактора;
- передаточное число трансмиссии;
- показатели корректорной ветви регуляторной характеристики двигателя.

### **5.1.3 Обоснование эксплуатационной массы трактора**

От общей массы трактора зависят его тяговые свойства и топливная экономичность. При чрезмерно большой массе велики затраты на перекачивание, при малой массе повышаются потери на буксование. Поэтому при работе с любой силой тяги целесообразно иметь каждый раз оптимальную массу, т.е. такую, при которой сумма затрат энергии на перекачивание и буксование при прочих равных условиях имела бы минимальное значение.

В целях экономии металла, уменьшения потерь на качение тракторы должны быть лёгкими, но при этом необходимо применять балласт или догружать ведущие колёса массой навесной машины.

Минимальную эксплуатационную массу трактора, исходя из его сцепных свойств и заданной крюковой силы тяги на первой передаче, определяют по формуле:

$$m_{эсц} = \frac{P_{кр1}}{(\varphi\lambda - f)g}, \text{ кг}, \quad (5.1)$$

где  $P_{кр1}$  – заданная крюковая сила тяги на первой передаче, Н;  
 $\varphi$  – коэффициент сцепления движителей трактора с почвой;  
 $\lambda$  – коэффициент использования сцепной массы трактора;  
 $\lambda = 1,0$  – для гусеничных тракторов и тракторов со всеми ведущими колёсами;  
 $\lambda = [0,75 \div 0,85]$  для тракторов с задними ведущими колёсами;  
 $f$  – коэффициент сопротивления качению.

Коэффициенты  $\varphi$  и  $f$  при расчёте  $m_{эсц}$  принимают по значению, указанному в таблице приложения, в соответствии с заданным агрофоном.

При массе, равной  $m_{эсц}$ , в процессе трогания и разгона, когда требуется преодолевать силы инерции, а так же возникающие перегрузки, возможно полное буксование трактора. Буксование снижают, повышая массу  $m_{эсц}$  за счёт массы балласта  $m_{\delta}$  или догрузки ведущих колёс массой навесной машины  $m_n$  на 8-50%. Рационально для последующих расчётов принять табулированное значение эксплуатационной массы трактора прототипа  $m_{эпр}$ , если она будет больше  $m_{эсц}$ , так как буксование будет меньше и не потребуется создавать трактор другой массы.

### 5.1.4 Определение радиуса ведущих колёс трактора

Радиус ведущих колёс влияет на скорость и буксование тракторов и, следовательно, на их сцепные свойства. У колесных тракторов размеры колёс определяются размерами шин. Размеры шин выбирают по справочным данным. Шины нужной грузоподъёмности подбираются по нагрузке, приходящейся на колёса. У тракторов со всеми ведущими колёсами с одинаковым размером всех колёс центр масс располагается так, чтобы при работе с номинальным тяговым усилием на крюке нагрузка на передние и задние колёса была одинаковой. У тракторов со всеми ведущими колёсами, у которых передние и задние колёса не одинаковы по размеру,

коэффициент нагрузки задних колес принимают равным 0,70-0,85.

Если размеры колес даны в системе СИ, то радиус колеса

$$r_k = 0,001(0,5d + (0,8...0,85)b_k), \text{ м}, \quad (5.2)$$

где  $d$  и  $b_k$  – наружный диаметр обода колеса и ширина профиля покрышки, мм.

[0,8...0,85] – коэффициент, учитывающий радиальную деформацию шин.

Если размеры указаны в дюймах, то расчет радиуса колеса производится по выражению

$$r_k = 0,0254(0,5d + (0,8...0,85)b_k), \text{ м}. \quad (5.3)$$

Для упрощения всех последующих расчетов, выполняемых по тракторам со всеми ведущими колесами, принимают, что кинематическое несоответствие между передними и задними колесами, отсутствует. Это дает основание вести дальнейшие расчеты только с использованием радиуса качения задних колёс.

Для гусеничных тракторов теоретический радиус ведущего колеса (звёздочки) определяют по формуле:

$$r_k = \frac{t_{зв} \cdot Z_k}{2\pi}, \text{ м}, \quad (5.4)$$

где  $t_{зв}$  – шаг гусеничного звена, м;

$Z_k$  – число активно действующих зубьев.

Число  $Z_k$  равно общему числу зубьев звёздочки, если каждый зуб последовательно входит в зацепление с очередным звеном гусеницы или равно половине общего числа зубьев, если зацепление происходит через зуб.

Параметры ведущих колёс принимают сопоставимо с прототипом по справочным данным.

### 5.1.5 Определение передаточных чисел трансмиссии

Разнообразие работ, выполняемых тракторами с различными сельскохозяйственными машинами, вызывает необходимость иметь соответствующий набор передач, обеспечивающих различные скорости движения. В целях повышения производительности тракторных агрегатов основные рабочие скорости тракторов

должны иметь максимальные значения, допустимые при современном уровне агротехники.

Основные рабочие скорости лежат в пределах 5-12 км/ч для колёсных тракторов и 5-8,5 км/ч для гусеничных тракторов с перспективным ростом в ближайшее время до 18 км/ч для колёсных и до 13 км/ч для гусеничных тракторов. Число рабочих передач выбирается из диапазона основных скоростей.

Транспортные передачи используют при работе трактора с прицепами для перевозки грузов. Транспортные скорости гусеничных тракторов находятся в пределах 8,5-15 км/ч, колёсных – 12-35 км/ч. С увеличением транспортных скоростей требуются мероприятия, улучшающие условия работы тракториста и обеспечивающие вождение трактора на повышенных скоростях.

Выбор ряда основных передач производят по геометрической прогрессии:

$$\frac{i_{mp2}}{i_{mp1}} = \frac{i_{mp3}}{i_{mp2}} = \dots = \frac{i_{mpz}}{i_{mp_{z-1}}} = q, \quad (5.5)$$

где  $q$  – знаменатель геометрической прогрессии;

$i_{mp}$  – передаточное число трансмиссии на основных передачах.

Знаменатель геометрической прогрессии определяют по формуле:

$$q = \sqrt[z-1]{\frac{P_{kz}}{P_{k1}}}, \quad (5.6)$$

где  $P_{k1}$  – касательная сила тяги на первой передаче, Н;

$P_{kz}$  – касательная сила тяги на высшей передаче, Н;

Касательная сила тяги на первой передаче равна:

$$P_{k1} = P_{kp1} + P_f, \text{ Н}, \quad (5.7)$$

где  $P_{kp1}$  – крюковая сила тяги на первой передаче, Н;

$P_f$  – сила сопротивления перекачиванию трактора, Н.

Сила сопротивления перекачиванию трактора:

$$P_f = f \cdot m_o \cdot g, \text{ Н}, \quad (5.8)$$

где  $f$  – коэффициент сопротивления перекачиванию трактора;

$m_3$  – эксплуатационная масса трактора.

Касательная сила тяги на высшей передаче определяется по формуле:

$$P_{kz} = P_{kpz} + P_f, H, \quad (5.9)$$

где  $P_{kpz}$  – крюковая сила тяги на высшей передаче, Н.

$$P_{kpz} = \frac{P_{kp1}}{Z_T}, H, \quad (5.10)$$

где  $Z_T$  – диапазон рабочих тяговых усилий проектируемого класса.

Для пропашных тракторов  $Z_T = 2,5-3,0$ , для тракторов общего назначения  $Z_T = 2-3$ .

Передаточное число трансмиссии на первой передаче находят по формуле:

$$i_{mp1} = 0,377 \frac{n_{en} r_k}{V_{T1}}, \quad (5.11)$$

где  $n_{en}$  – номинальная частота вращения коленчатого вала двигателя,  $\text{мин}^{-1}$ ,  $n_{en}$  – принимают по прототипу трактора;

$r_k$  – радиус колеса, м;

$V_{T1}$  – теоретическая скорость движения трактора на первой передаче, км/ч.

Передаточное число трансмиссии на остальных передачах:

$$i_{mp2} = i_{mp1} \cdot q; \quad (5.12)$$

$$i_{mp3} = i_{mp1} \cdot q^2; \quad (5.13)$$

$$i_{mp4} = i_{mp1} \cdot q^3; \quad (5.14)$$

$$i_{mpz} = i_{mp1} \cdot q^{z-1}; \quad (5.15)$$

Общее передаточное число трансмиссии складывается из передаточных чисел механизмов, составляющих трансмиссию

$$i_{mp} = i_G \cdot i_{kn} \cdot i_k, \quad (5.16)$$

где  $i_k$  – передаточное число коробки передач;

$i_G$  – передаточное число главной передачи;

$i_{кп}$  – передаточное число конечной передачи.

По аналогии с существующими тракторами, однотипными с проектируемыми, намечают передаточные числа главной, конечной передач, которые находятся в пределах:

$$i_{г} = 2,5-4,1; \quad i_{кп} = 3,8-6,2.$$

По принятым передаточным числам  $i_{г}$  и  $i_{кп}$  находят передаточные числа коробки передач по формуле (5.16).

Вычисленные передаточные числа являются ориентировочными и при практическом выборе числа зубьев шестерён их приходится корректировать.

### 5.1.6 Методика расчёта и построения регуляторной характеристики двигателя

Мощность двигателя определяют из условия реализации заданной крюковой силы тяги  $P_{кр1}$  на первой передаче с определённой рабочей скоростью.

Расчёт номинальной мощности двигателя производят по формуле (3.1).

Регуляторная характеристика двигателя может быть взята по прототипу, если характеристику строят для уже известного двигателя. Если двигатель неизвестен, то характеристику строят по результатам расчёта.

Сначала рассчитывают корректорную ветвь характеристики. Расчёт мощности ведут по эмпирической формуле:

$$N_e = N_{ен} \left[ 0,7 \frac{n_e}{n_{ен}} + 1,3 \left( \frac{n_e}{n_{ен}} \right)^2 - \left( \frac{n_e}{n_{ен}} \right)^3 \right], \text{ кВт}, \quad (5.17)$$

где  $N_{ен}$  – номинальная мощность двигателя, кВт;

$n_{ен}$  – номинальная частота вращения вала двигателя, мин<sup>-1</sup>;

$n_e$  – значение частоты вращения вала двигателя, мин<sup>-1</sup>;

$N_e$  – мощность двигателя при частоте  $n_e$ , кВт.

Значения  $n_e$  выбирают произвольно, например, через 1000-1200 мин<sup>-1</sup> включительно до  $n_{ен}$  так, чтобы получилось 5-6 точек при

построении корректорной ветви регуляторной характеристики.

Крутящий момент двигателя  $M_e$  определяют по формуле:

$$M_e = \frac{N_e \cdot 9550}{n_e}, \text{ Н}\cdot\text{м}. \quad (5.18)$$

Эффективный удельный расход топлива  $g_e$ , определяют по выражению:

$$g_e = g_{en} \left[ 1,35 - 1,35 \frac{n_e}{n_{en}} + \left( \frac{n_e}{n_{en}} \right)^2 \right], \text{ г}/(\text{кВт}\cdot\text{ч}), \quad (5.19)$$

где  $g_{en}$  – эффективный удельный расход топлива при номинальной мощности, принимают по прототипу трактора.

Часовой расход топлива определяют по формуле:

$$G_T = \frac{g_e \cdot N_e}{1000}, \text{ кг}/\text{ч}. \quad (5.20)$$

Расчёт корректорной ветви регуляторной характеристики двигателя выполняют с учетом следующих принятых значений параметров:  $r_k, f, m_3, \eta_{mp}, P_{кpl}, n_{en}; Z=5, V_{T1}, i_T, i_{кп}$ , (конечной передачи),  $X_3 = 1, g_{en}$  (по прототипу).

Данные расчётов заносят в таблицу 5.1. По данным таблицы 5.1 и по известным закономерностям взаимосвязи показателей строят регуляторную характеристику двигателя (рис. 5.1) в третьем квадранте тяговой характеристики трактора.

Таблица 5.1

Результаты расчётов корректорной ветви регуляторной характеристики двигателя

$n_e, \text{ мин}^{-1}$	$N_e, \text{ кВт}$	$M_e, \text{ Н}\cdot\text{м}$	$g_e, \text{ г}/(\text{кВт}\cdot\text{ч})$	$G_T, \text{ кг}/\text{ч}$
1000				
1200				
$n = 2200$				

Вниз от нулевого значения по вертикальной оси координат наносят масштабную шкалу момента  $M_e$ , а влево на горизонталь-

ной оси из начала координат наносят масштабную шкалу частоты вращения коленчатого вала  $n_e$  и отмечают точки, соответствующие номинальной частоте  $n_{ен}$  и частоте холостого хода  $n_{xx}$ . Частоту  $n_{xx}$  определяют по формуле:

$$n_{xx} = (1,05 \dots 1,1) n_{ен}. \quad (5.21)$$

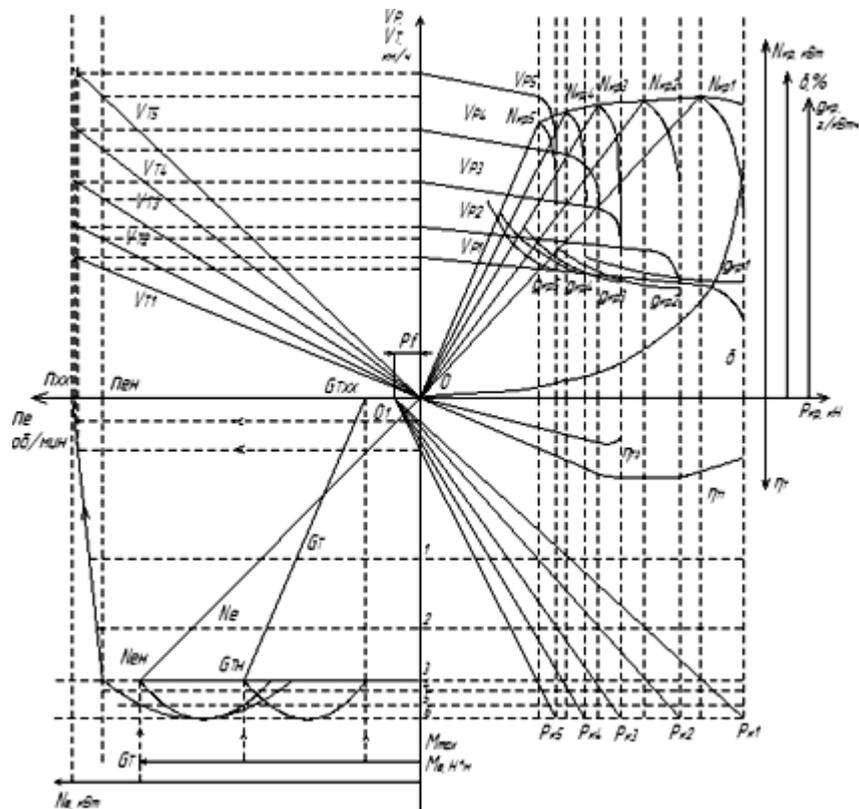


Рис. 5.1. Тяговая характеристика трактора

Из точки со значением  $n_{ен}$  на оси координат проводят вертикальную прямую до пересечения с горизонтальной прямой, проведённой через номинальный момент  $M_{ен}$  на оси моментов. Точку пересечения прямых соединяют прямой с точкой со значением  $n_{xx}$  на оси координат частоты вращения коленчатого вала и получают

регуляторную ветвь  $n_e = f(M_e)$ .

Затем, используя данные таблицы 5.1, строят корректорную ветвь  $n_e = f(M_e)$  регуляторной характеристики по точкам координат  $M_e$  и  $n_e$ .

Масштабные оси координат часового расхода топлива  $G_T$  и мощности двигателя  $N_e$  располагают в нижней части графика влево от оси момента, начиная со значения 0 величин. Сначала строят регуляторную ветвь мощности двигателя  $N_e$ . Для этого на горизонтальной линии, проведённой через значение номинального момента  $M_{ен}$  на оси моментов, отмечают значение номинальной мощности  $N_{ен}$  в принятом масштабе. Полученную точку соединяют с началом координат  $M_e = 0$ , получают регуляторную ветвь мощности  $N_e = f(M_e)$ . Потом по данным таблицы 5.1 строят корректорную ветвь этой функции. После этого строят регуляторную ветвь часового расхода топлива  $G_T = f(M_e)$ . Для этого на оси координат частоты вращения коленчатого вала  $n_e$  влево от начала координат  $M_e = 0$  откладывают значение расхода топлива при работе двигателя на холостом ходу  $G_{Тхх}$  в выбранном масштабе. Значение  $G_{Тхх}$  определяют по формуле:

$$G_{Тхх} = (0,25 \dots 0,35) G_{Тн}, \quad (5.22)$$

где  $G_{Тн}$  – величина часового расхода топлива при номинальном режиме работы двигателя.

На горизонтальной прямой, проведённой через точку номинального момента  $M_{ен}$  влево откладывают значение номинального расхода топлива  $G_{Тн}$ , полученную точку соединяют прямой с точкой  $G_{Тхх}$  и получают регуляторную ветвь часового расхода топлива  $G_T = f(M_e)$ .

Далее строят корректорную ветвь  $G_T = f(M_e)$  по данным таб-

лицы 5.1 по точкам координат  $M_e$  и  $G_T$ .

Построив регуляторную и корректорную ветви характеристик  $n_e$ ,  $N_e$ ,  $G_T = f(M_e)$ , на оси координат  $M_e$  наносят шесть точек, обозначая цифрами: 1, 2, 3, 4, 5, 6, по которым определяют показатели  $n_e$ ,  $N_e$ ,  $G_T$  для шести режимов загрузки двигателя, необходимые при расчёте тяговой характеристики на компьютере. При этом точки 1 и 2 берут в режиме недогрузки при значениях  $M_e$  равных 0,5 и 0,75 соответственно от момента номинального  $M_{ен}$ . Точкой 3 отмечают номинальный момент загрузки  $M_{ен}$ . Загрузка двигателя более  $M_{ен}$  повышается в точках 4 и 5 и достигает максимального значения  $M_{e\max}$  в 6-й точке. В целом исходные данные, обоснованные эксплуатационно-конструктивные параметры и принятые значения загрузки двигателя по регуляторной характеристике используют при расчёте показателей тяговой характеристики трактора.

### 5.1.7 Методика расчёта показателей тяговой характеристики трактора

Тяговые характеристики считаются основным техническим документом тяговых и топливных показателей тракторов и широко используются для оценки различных эксплуатационных режимов их работы. Тяговые характеристики тракторов определяют опытным или расчётным путём. Расчётную тяговую характеристику трактора называют теоретической. При расчёте определяют следующие показатели тяговой характеристики трактора:

- касательную силу тяги

$$P_k = \frac{M_e \cdot i_{mp} \cdot \eta_{mp}}{r_k}, \text{ Н}, \quad (5.23)$$

где  $M_e$  – момент на валу двигателя, Н·м;

$i_{mp}$  – передаточное число трансмиссии;

$\eta_{mp}$  – КПД трансмиссии;

$r_k$  – радиус ведущего колеса, м;

- крюковую силу тяги

$$P_{кр} = P_k - P_f, \text{ Н}, \quad (5.24)$$

где  $P_f$  – сила сопротивления перекачиванию, Н;

- теоретическую скорость трактора

$$V_T = \frac{0,377 \cdot n_e \cdot r_k}{i_{mp}}, \text{ км/ч}, \quad (5.25)$$

где  $n_e$  – обороты коленчатого вала,  $\text{мин}^{-1}$ ;

- коэффициент буксования трактора

$$\delta = \delta_{\max} \left[ 1 - \sqrt{1 - \left( \frac{P_{кр}}{P_{кр\max}} \right)^2} \right], \quad (5.26)$$

где  $\delta_{\max}$  – наибольшее допустимое буксование;

- рабочую скорость трактора

$$V_p = V_T (1 - \delta), \text{ км/ч}; \quad (5.27)$$

- тяговую мощность на крюке трактора

$$N_{кр} = \frac{P_{кр} \cdot V_p}{3600}, \text{ кВт}; \quad (5.28)$$

- удельный крюковой расход топлива

$$g_{кр} = \frac{G_T \cdot 1000}{N_{кр}}, \text{ г/кВт}\cdot\text{ч}, \quad (5.29)$$

где  $G_T$  – часовой расход топлива, кг/ч;

- тяговый КПД трактора

$$\eta_T = \frac{N_{кр}}{N_e}. \quad (5.30)$$

По вышеприведённым формулам выполняют расчёт этих показателей тяговой характеристики трактора на компьютере с программой их функциональных взаимосвязей при введении следующих исходных данных и эксплуатационно-конструктивных пара-

метров:  $P_{кр1}$ ,  $V_{Т1}$ ,  $Z=5$ ,  $f$ ,  $m_3$ ,  $r_k$ ,  $i_T$ ,  $i_{кн}$  (конечной передачи),  $\eta_{тр}$ ,  $n_{ен}$ ,  $X_3$  – коэффициент эксплуатационной загрузки двигателя принимают равным 1,  $g_{ен}$  по прототипу и максимальное буксование  $\delta_{max}$  для 6-й точки. С регуляторной характеристики двигателя, построенной в функции момента, берут для расчётов значения показателей:  $n_e$ ,  $N_e$ ,  $M_e$ ,  $G_T$ , соответствующие шести режимам загрузки двигателя, обозначенные точками 1, 2, 3, 4, 5, 6; на оси координат  $M_e$ . Из каждой точки проводят горизонтальные прямые, пересекающие линии всех показателей, и в точках пересечения берут их значения, заносят в таблицу 5.2 и вводят в компьютер для расчёта тяговой характеристики трактора.

Ввод вышеуказанных параметров и показателей в компьютер с программой «Тяговый расчёт трактора» позволит на выходе получить таблицу 5.3 со значением показателей тяговой характеристики на всех заданных передачах и режимах загрузки трактора.

Таблица 5.2

Значение показателей режимов работы двигателя по регуляторной характеристике

№ режима работы	$n_e$ , мин <sup>-1</sup>	$N_e$ , кВт	$M_e$ , Н·м	$G_T$ , кг/ч	Примечание
1					$0,5 M_{ен}$
2					$0,75 M_{ен}$
3					$M_{ен}$
4					$>M_{ен}$
5					$>>M_{ен}$
6					$M_{emax}$

### 5.1.8 Методика графоаналитического построения тяговой характеристики трактора

По данным таблицы 5.3 строят диаграммы тяговой характеристики трактора (рис. 5.1).

Ось координат  $P_k$ ,  $P_{кр}$ ,  $n_e$  проводят горизонтально через начало координат момента  $M_e = 0$ . Началом координат графика функции  $P_k = f(M_e)$  является точка  $O_1$ , которая смещается влево от начала координат  $P_{кр}$  точки 0 на значение силы сопротивления качению

$P_f$ . Силы  $P_k$ ,  $P_{кр}$ ,  $P_f$  на оси координат наносят в одном и том же масштабе. График функции  $P_k = f(M_e)$  линейный, поэтому достаточно взять значения  $P_k$  при номинальном режиме работы двигателя  $M_{ен}$  и нанести их для каждого режима загрузки на горизонтальной линии, проведённой через точку 3 ( $M_{ен}$ ,  $P_{кн}$ ).

Эти точки соединяют прямыми линиями с началом координат  $O_1$ , продолжая их до горизонтальной линии, проведённой через точку 6 ( $M_{е\max}$ ,  $P_{к\max}$ ). От начала координат 0 наносят шкалу значений  $P_{кр}$ .

Диаграмма теоретических скоростей строится в четвёртом квадранте тяговой характеристики. Теоретическую скорость трактора определяют по формуле (5.25).

Так как в формуле (5.25)  $n_e$  находится в первой степени, то график функции  $V_T = f(n_e)$  – прямая линия, выходящая из начала координат 0, через точки, отложенные в масштабе оси координат  $V_T$  расчётных значений теоретических скоростей при номинальном режиме работы  $n_{ен}$ . Максимальные теоретические скорости  $V_{T\max}$  для каждой передачи определяют графически. Для этого точки пересечения лучей касательных сил  $P_k$  с осью момента  $M_e$  проецируются на линию  $n_e = f(M_e)$  и далее до линий соответствующих теоретических скоростей и на ось координат скоростей ( $V_T$  и  $V_p$ ). Проекции точек на оси координат определяют максимальные значения теоретических и рабочих скоростей без нагрузки  $P_{кр} = 0$  и буксования  $\delta = 0$  двигателей.

В первом квадранте тяговой характеристики строят графики функций:  $\delta = f(P_{кр})$ ;  $N_{кр} = f(P_{кр})$ ;  $V_p = f(P_{кр})$ ;  $g_{кр} = f(P_{кр})$ . Сначала строят кривую буксования. Она является общей для всех передач, так как буксование зависит только от величины тягового усилия и не зависит от передачи. По расчётным значениям таблицы 5.3 в выбранном масштабе оси координат  $\delta$  строят одну графическую зависимость  $\delta = f(P_{кр})$ .

Таблица 5.3

## Результаты расчетов тяговой характеристики трактора

Номер передачи	Номер точки	Из регуляторной характеристики				$P_k, \text{Н}$	$P_{kp}, \text{Н}$	$V_T, \text{км/ч}$	$\delta$	$V_p, \text{км/ч}$	$N_{kp}, \text{кВт}$	$\frac{g_{kp}}{\Gamma(\text{кВт}\cdot\text{ч})}$	$\eta_T$
		$G_T, \text{кг/ч}$	$M_e, \text{Н}\cdot\text{м}$	$N_e, \text{кВт}$	$n_e, \text{мин}^{-1}$								
1	1												
	2												
	3												
	4												
	5												
	6												
...	1												
	2												
	3												
	4												
	5												
	6												
z	1												
	2												
	3												
	4												
	5												
	6												

Построение  $V_p$ ,  $N_{кр}$ ,  $g_{кр} = f(P_{кр})$  выполняют так же по расчётным значениям этих показателей таблицы 5.3 и в выбранном масштабе осей координат наносят их на линиях проекции режимных точек 1, 2, 3, 4, 5, 6, восстановленных с оси координат  $P_k$  и  $P_{кр}$  в поле графиков функций. При  $P_{кр} = 0$  и  $N_{кр} = 0$ , следовательно, график функций  $N_{кр} = f(P_{кр})$  выходит из начала координат 0.

Мощности  $N_{кр}$  на всех передачах до номинальных нагрузок на крюке  $P_{крн}$  возрастают прямо пропорционально до  $N_{кр\max}$ , при увеличении нагрузки на крюке более  $P_{крн}$  (режимы, отмеченные 4, 5 и 6 точками) крюковые мощности резко снижаются по причине незначительных коэффициентов приспособляемости двигателя к перегрузке.

Проведённая огибающая линия по точкам перегиба кривых тяговых мощностей ( $N_{кр\max}$ ) называется потенциальной тяговой характеристикой трактора.

Такая характеристика может быть достигнута при бесступенчатой трансмиссии с автоматически изменяющимся передаточным числом, обеспечивающим загрузку двигателя до номинального  $N_{ен}$  и  $N_{кр\max}$  на всех режимах работы трактора.

Графики функций  $V_p = f(P_{кр})$  при  $P_{кр} = 0$  начинаются на оси координат  $V_T$  и  $V_p$  из точек, соответствующих значениям теоретических скоростей, так как на холостом ходу буксование  $\delta = 0$  и  $V_p = V_T$ . В масштабе шкалы скоростей из таблицы 5.3 наносят точки значений на всех режимах и передачах и строят графики  $V_p = f(P_{кр})$ .

По данным таблицы 5.3 строят графики  $g_{кр} = f(P_{кр})$ , выбрав масштаб оси координат, наносят значения точек на всех заданных передачах и режимах загрузки на крюке трактора.

На линиях проекций режимных точек 1, 2, 3, 4, 5, 6 во втором квадранте строят графики функций тягового КПД  $\eta_T = f(P_{кр})$  для первой и третьей передач по расчётным значениям из таблицы 5.3

или вычисленных самостоятельно по формуле (5.30) – таблица 5.4.

Графики обеих функций строят из начала координат  $P_{кр} = 0$  по отложенным на линиях проекций режимных точек значений тяговых КПД в масштабе оси  $\eta_T$ .

Тяговый КПД находится в пределах:

колёсные с одним ведущим мостом – 0,6-0,7;

колёсные с двумя ведущими мостами – 0,65-0,75;

гусеничные – 0,7-0,8.

Расчётные тяговые КПД трактора на 1 и 3 передачах находят-ся в нормативных значениях при номинальной загрузке.

На третьей передаче тяговый КПД меньше, так как с увеличением скорости повышаются потери на перекачивание трактора.

Таблица 5.4

Результаты расчёта тягового КПД на первой и третьей передачах

Передача	Режимные точки	$N_{кр}$ , кВт	$N_e$ , кВт	$\eta_T$	Примечание
1	1				$\eta_T$
	2				
	3				
	4				
	5				
	6				
3	1				$\eta_T$
	2				
	3				
	4				
	5				
	6				

Выполненный графоаналитический расчёт показателей тяговой характеристики трактора позволяет оценить его тягово-скоростную эффективность и топливную экономичность в заданных условиях при различных режимах работы.

## 5.2 Динамический и топливно-экономический расчёты автомобиля

### 5.2.1 Выбор исходных параметров

За основу берутся параметры лучших существующих однотипных или близких по своим основным показателям автомобилей

отечественного и зарубежного производства. При проектировании необходимо предусмотреть повышение производительности и сокращения времени перевозок, повышение безопасности и удобства для водителя, повышение надежности, уменьшение массы автомобиля, снижение расхода топлива, выполнение требований перспективного типажа. Повышение производительности автомобиля может быть достигнуто за счет увеличения грузоподъемности и повышения скорости движения. Если известны величины коэффициента снаряженной массы или показателя использования массы, то можно определить массу  $m$  снаряженного автомобиля. Для грузового автомобиля коэффициент снаряженной массы определяется по формуле

$$\eta_z = \frac{m}{m_n}, \quad (5.31)$$

где  $m_n$  – номинальная грузоподъемность автомобиля, кг;  
 $m$  – масса снаряженного автомобиля, кг.  
 Масса снаряженного автомобиля будет равна

$$m = \eta_z \cdot m_n, \text{ кг.}$$

Для легкового автомобиля показатель использования массы равен

$$\eta_n = \frac{m'}{L}, \quad (5.32)$$

где  $m'$  – масса снаряженного автомобиля, кг;  
 $L$  – база автомобиля, мм.  
 Масса снаряженного автомобиля будет равна

$$m' = \eta_n \cdot L, \text{ кг.} \quad (5.33)$$

Полная масса автомобиля  $m_a$  определяется как

$$m_a = m + m_c, \quad (5.34)$$

где  $m$  – масса снаряженного автомобиля, кг;  
 $m_c$  – масса нагрузки автомобиля, кг.  
 Для грузового автомобиля

$$m_c = m_n + 80 \cdot n, \text{ кг,} \quad (5.35)$$

где  $n$  – число мест в автомобиле для сидения, включая место для водителя;

80 – масса одного пассажира, кг.

Для легкового автомобиля

$$m_c = (80 + 10)n' + m \cdot g, \text{ кг}, \quad (5.36)$$

где 10 – масса багажа одного пассажира, кг;

80 – масса одного пассажира, кг;

$n'$  – число пассажиров с водителем;

$m \cdot g$  – масса дополнительного снаряжения, кг.

Для подбора шин автомобиля необходимо знать осевую массу и массу, воспринимаемую одним колесом.

У преобладающего числа моделей грузовых автомобилей на заднюю ось приходится 70-75% полной массы, у автомобилей-самосвалов с колесной формулой  $6 \times 4$  около 80%. У автомобилей высокой проходимости с колесной формулой  $4 \times 4$  этот показатель находится в пределах 48-63%, а у автомобилей с колесной формулой  $6 \times 6$  – в пределах 67-77%.

По осевой массе подсчитывается нагрузка на отдельное колесо по формулам

$$m_{\kappa 1} = \frac{m_1}{\kappa_1}, \text{ кг}, \quad (5.37)$$

$$m_{\kappa 2} = \frac{m_2}{\kappa_2}, \text{ кг}, \quad (5.38)$$

где  $m_1, m_2$  – массы, приходящиеся соответственно на переднюю и заднюю оси;

$\kappa_1, \kappa_2$  – количество колес у передней и задней осей.

Шины колес выбираются по максимальной массе, приходящейся на одно колесо. Размеры колес необходимо выбирать, ориентируясь на колесо, воспринимающее наибольшую нагрузку. Определив по нагрузке и справочным данным размеры шин, нужно подсчитать действительный радиус колеса  $r_k$ .

При обозначении параметров шин в дюймах радиус определяется по формуле

$$r_k = 0,0254[0,5 \cdot d + (1 - \kappa') \cdot b], \text{ м}, \quad (5.39)$$

где  $d$  – внутренний диаметр шины, дюймов;

$b$  – ширина шины, дюймов;

$\kappa'$  – коэффициент радиальной деформации.

Для стандартных широкопрофильных шин коэффициент  $\kappa'$  принимается равным 0,1-0,16; для арочных шин  $\kappa'$  принимают равным 0,2-0,03. При обозначении параметров шин в мм радиус  $r_\kappa$  определяется по формуле

$$r_\kappa = 0,001[0,5 \cdot d + (1 - \kappa') \cdot b], \text{ м.} \quad (5.40)$$

## 5.2.2 Подбор двигателя к проектируемому автомобилю

Расчет необходимой номинальной мощности двигателя автомобиля проводится в части 1 курсового проекта по формулам 3.3-3.8. Имея величину отношения  $n_v/n_n$  (см. п. 3.1), выбирают номинальную частоту вращения коленчатого вала двигателя, т.е. соответствующую максимальной мощности  $n_n$ , руководствуясь при этом пределами изменения номинальной частоты вращения у однотипных автомобилей. Затем определяют частоту вращения коленчатого вала  $n_v$  при максимальной скорости  $V_{\max}$  автомобиля, используя соотношение  $n_v/n_n$ . После этого проверяют коэффициент частоты вращения двигателя  $n_s$ , который представляет собой отношение числа оборотов к скорости автомобиля, т.е. число оборотов двигателя при условной скорости 1 км/ч. Необходимо, чтобы коэффициент частоты вращения карбюраторного двигателя легкового автомобиля находился в пределах 30-40, карбюраторного двигателя грузового автомобиля – 40-50, а дизельного двигателя грузового автомобиля – 27-38.

Величина  $n_s$  подсчитывается по формуле

$$n_s = \frac{n_v}{V_{\max}}. \quad (5.41)$$

В случае несовпадения полученной величины  $n_s$  с рекомендуемой следует изменить величину  $n_v$ , а при необходимости согласовать целесообразность отклонения от рекомендуемой. После то-

го, как будет окончательно принято числовое значение отношения  $n_v / n_n$ , его подставляют в формулу мощности и подсчитывают величину  $N_{e\max}$ . Для расчета внешней скоростной характеристики двигателя выбирают числовые значения скоростей в пределах от 10 км/ч до  $V_{\max}$  (5-7 точек). Затем по формуле

$$n_v = n_s \cdot V \quad (5.42)$$

определяют частоту вращения двигателя, соответствующую выбранным скоростям и принятому коэффициенту  $n_s$ .

Данные заносятся в таблицу 5.5.

Таблица 5.5

Результаты расчета внешней характеристики двигателя

$V$ , км/ч	10	20	50	80	...	$V_{\max}$
$n_e$ , мин <sup>-1</sup>						
$N_e$ , кВт						
$M_e$ , Н·м						
$N_{\psi}$ , кВт						

Текущие значения мощности двигателя при различной частоте вращения коленчатого вала определяют по формуле Лейдермана

$$N_e = N_{e\max} \cdot \left[ a \cdot \left( \frac{n_e}{n_n} \right) + b \cdot \left( \frac{n_e}{n_n} \right)^2 - c \cdot \left( \frac{n_e}{n_n} \right)^3 \right], \text{ кВт.} \quad (5.43)$$

Для определения текущих значений крутящего момента используется формула

$$M_e = 9550 \cdot \frac{N_e}{n_e}, \text{ Н·м.} \quad (5.44)$$

Мощность, необходимая для движения автомобиля на прямой передаче по дороге с заданным углом подъема  $i_{np}$  при различных скоростях движения определяется по выражению

$$N_{\psi} = \frac{\left( \frac{\psi \cdot m_a \cdot g \cdot V}{3600} + \frac{K \cdot F \cdot V^3}{13 \cdot 3600} \right)}{\eta_{mp}}, \text{ кВт,} \quad (5.45)$$

где  $\psi = f + i_{np}$ .

Результаты расчетов заносят в таблицу 5.5. По данным этой таблицы строят графики:  $N_e = f(n_e)$ ;  $M_e = f(n_e)$ ;  $N_\psi = f(V)$ .

Проекция точки пересечения кривых  $N_e = f(n_e)$  и  $N_\psi = f(V)$  на ось абсцисс определяет максимальную скорость ( $V'_{max}$ ) автомобиля на прямой передаче по дороге с заданным углом подъема  $i_{np}$  (рис. 5.2).

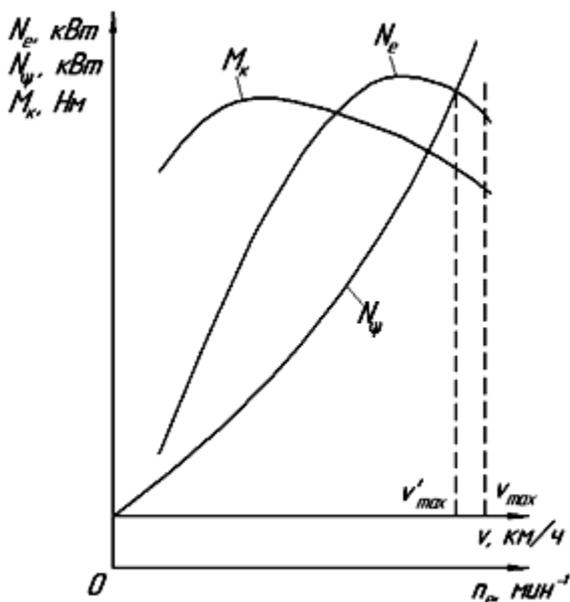


Рис. 5.2. Внешняя характеристика двигателя

### 5.2.3 Динамический расчет автомобиля

После построения внешней характеристики двигателя приступают к расчету передаточных чисел главной передачи и коробки передач автомобиля, а потом к определению показателей тягово-скоростных качеств.

Передаточные числа главной передачи  $i_0$  определяют из

условия обеспечения максимальной скорости движения автомобиля на прямой передаче.

$$i_0 = 0,377 \cdot \frac{n_v \cdot r_k}{V_{\max}}, \quad (5.46)$$

где  $n_v$  – частота вращения двигателя при  $V_{\max}$ ,  $\text{мин}^{-1}$ ;

$r_k$  – радиус колеса, м.

У большинства автомобилей, применяемых в сельском хозяйстве, высшей передачей является прямая передача.

В этом случае (без учета раздаточной коробки)

$$i_{mp} = i_0, \quad (5.47)$$

где  $i_0$  – передаточное число главной передачи.

Отсюда

$$i_0 = 0,377 \cdot \frac{n_n \cdot r_k}{V_{\max}}. \quad (5.48)$$

Затем определяют передаточное число первой передачи коробки передач  $i_{k1}$ . Передаточное число первой передачи  $i_{k1}$  должно удовлетворять двум требованиям:

- не вызывать полного буксования ведущих колес автомобиля при передаче максимального крутящего момента двигателя;
- обеспечивать преодоление максимального дорожного сопротивления  $\psi$ .

Следовательно, максимальная касательная сила тяги не должна превышать силы сцепления шин с дорогой, т.е.

$$P_{k \max} \leq P_\varphi, \quad (5.49)$$

где  $P_\varphi$  – сила сцепления движителей автомобиля с дорогой.

$P_{k \max}$  определяется по формуле:

$$P_{k \max} = \frac{M_{k \max} \cdot i_0 \cdot i_{k1} \cdot \eta_{mp}}{r_k}, \text{ кН}, \quad (5.50)$$

где  $M_{k \max}$  – максимальный крутящий момент двигателя, Н·м;

$r_k$  – радиус колеса, м;

$i_{k1}$  – передаточное число коробки передач на первой передаче.

Для определения  $P_\varphi$  используется формула

$$P_\varphi = \varphi \cdot m_a \cdot g \cdot \lambda, \text{ кН}, \quad (5.51)$$

где  $m_a$  – полная масса автомобиля, кг;

$g$  – ускорение свободного падения,  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ ;

$\lambda$  – коэффициент использования массы автомобиля для сцепления с дорожным покрытием;

$\varphi$  – коэффициент сцепления движителей с дорогой.

У автомобилей обычной проходимости  $\lambda = 0,7-0,75$ ; у автомобилей повышенной проходимости  $\lambda = 1,0$ ; коэффициент сцепления  $\varphi$  принимается в пределах 0,5-0,8.

С учетом приведенных расчетов можно записать

$$\frac{M_{\kappa \max} \cdot i_0 \cdot i_{\kappa 1} \cdot \eta_{mp}}{r_\kappa} = \varphi \cdot m_a \cdot g \cdot \lambda, \quad (5.52)$$

откуда

$$i_{\kappa 1} = \frac{m_a \cdot g \cdot \lambda \cdot \varphi \cdot r_\kappa}{M_{\kappa \max} \cdot i_0 \cdot \eta_{mp}}. \quad (5.53)$$

По максимальному коэффициенту дорожных сопротивлений  $\psi_{\max}$  находят передаточное число первой передачи.

Формула для определения передаточного числа по максимальному сопротивлению дороги имеет вид

$$i'_{\kappa 1} = \frac{m_a \cdot g \cdot \psi_{\max} \cdot r_\kappa}{M_{\kappa \max} \cdot i_0 \cdot \eta_{mp}}. \quad (5.54)$$

Обычно у отечественных автомобилей общего назначения максимальное сопротивление дороги  $\psi_{\max}$ , преодолеваемое на первой передаче, лежит в пределах 0,32-0,5.

У полноприводных автомобилей эта величина достигает 0,6-0,8. Передаточное число  $i'_{\kappa 1}$  должно быть меньше или равно  $i_{\kappa 1}$ .

Количество ступеней коробки передач и их передаточные числа определяют способность автомобиля к преодолению подъемов, быстроте разгона, движению с различной скоростью в заданных условиях. Увеличение числа передач с одной стороны улучшает тяговые качества автомобиля и разгона, с другой стороны чрезмерное увеличение числа ступеней усложняет коробку пе-

редач и затрудняет ее использование.

У автомобилей, предназначенных для работы в сельском хозяйстве, необходимо иметь больше передач, чем для машин, работающих в хороших дорожных условиях.

Определение передаточных чисел коробки передач производится по геометрической прогрессии. Знаменатель геометрической прогрессии определяется по формуле

$$q = z - 1 \sqrt[z]{\frac{1}{i_k}}, \quad (5.55)$$

где  $z$  – число передач в коробке передач, включая прямую.

Если в коробке передач прямой передачей является последняя, то для трехступенчатой коробки передач

$$i_{k2} = \sqrt{i_{k1}}; i_{k3} = 1,0. \quad (5.56)$$

Для четырехступенчатой коробки передач

$$i_{k2} = \sqrt[3]{i_{k1}^2}; i_{k3} = \sqrt[3]{i_{k1}}; i_{k4} = 1,0. \quad (5.57)$$

Для пятиступенчатой коробки передач

$$i_{k2} = \sqrt[4]{i_{k1}^3}; i_{k3} = \sqrt[4]{i_{k1}^2}; i_{k4} = \sqrt[4]{i_{k1}}; i_{k5} = 1,0. \quad (5.58)$$

Зная  $i_{k1}$  и знаменатель геометрической прогрессии  $q$ , передаточные числа последующих передач можно определить по формулам

$$i_{k2} = i_{k1} \cdot q; i_{k3} = i_{k1} \cdot q^2; i_{kz} = i_{k1} \cdot q^{z-1}. \quad (5.59)$$

Для отечественных автомобилей  $q$  лежит в пределах 0,55-0,65.

Определенные расчетом передаточные числа являются ориентировочными и при проектировании коробки передач могут несколько изменяться. Передаточное число заднего хода подбирают во время компоновки коробки передач.

Основными динамическими показателями автомобиля являются динамический фактор и скорость. Значения этих показателей определяют на всех передачах по прототипу при работе двигателя на внешней характеристике. Динамическая характеристика характеризует динамические качества автомобиля при равномерном

движении с разной нагрузкой на всех передачах.

Динамический фактор определяется по формуле

$$D = \frac{P_k - P_w}{m_a \cdot g} = \psi \pm \frac{\delta_{ep} \cdot j}{g}, \quad (5.60)$$

где  $\delta_{ep}$  – коэффициент учета силы инерции вращающихся масс;

$j$  – ускорение автомобиля, м/с<sup>2</sup>.

Коэффициент  $\delta_{ep}$  определяется по формуле

$$\delta_{ep} = 1,04 + 0,05 \cdot i_k^2, \quad (5.61)$$

где  $i_k$  – передаточное число коробки передач.

Для расчета касательной силы тяги используется формула

$$P_k = \frac{M_k \cdot i_{mp} \cdot \eta_{mp}}{r_k}, \text{ Н.} \quad (5.62)$$

Сила сопротивления воздуха определяется по выражению

$$P_w = \frac{\kappa \cdot F \cdot v^2}{13}, \text{ Н.} \quad (5.63)$$

Результаты расчетов заносятся в таблицу 5.6.

Таблица 5.6

Результаты расчета основных показателей автомобиля

Номер передачи	Номер точки	$v$ , км/ч	$n_e$ , мин <sup>-1</sup>	$P_k$ , Н	$P_w$ , Н	$D$	$D-\psi$	$j$ , м/с <sup>2</sup>	$1/j$ , с <sup>2</sup> /м	Примечания
1	1									
	2									
	3									
	4									
	5									
	6									
...	1									
	2									
	3									
	4									
	5									
	6									
z	1									
	2									
	3									
	4									
	5									
	6									

По данным таблицы 5.6 строится динамическая характеристика (рис. 5.3). Для построения динамической характеристики на каждой передаче нужно рассчитать 6-8 точек.

Ускорение, которое может развивать автомобиль, в значительной степени характеризует динамические качества автомобиля. Чем больше ускорение, тем выше разгонные качества автомобиля, его средняя скорость и производительность.

Ускорение автомобиля вычисляется по формуле

$$j = \frac{(P_k - P_c)}{\delta_{ep} \cdot m_a}, \text{ м/с}^2, \quad (5.64)$$

где  $P_c = P_f + P_w$  – суммарная сила сопротивления движению автомобиля (дороги, воздуха) на горизонтальном участке пути.

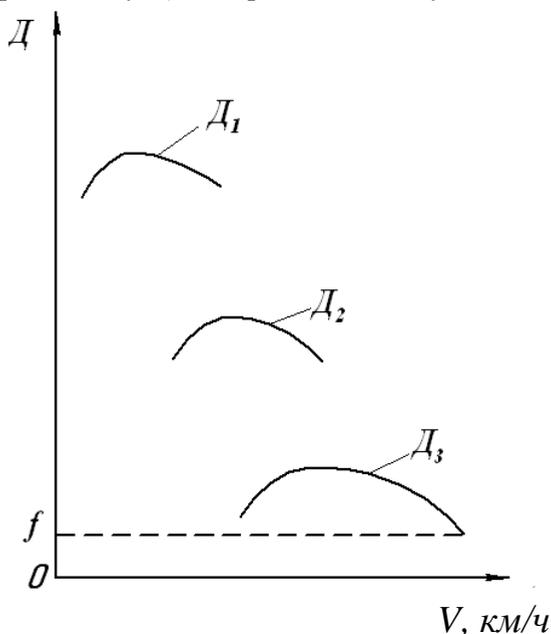


Рис. 5.3. Динамическая характеристика автомобиля

Сила  $P_f$  определяется по формуле

$$P_f = m_a \cdot g \cdot f, \text{ Н}, \quad (5.65)$$

где  $f$  – коэффициент сопротивления перекачиванию автомобиля.

Данные расчетов заносятся в таблицу 5.6. По данным таблицы 5.6 строятся графики ускорений как функции скорости автомобиля (рис. 5.4).

По графику ускорений можно установить наивыгоднейшие с точки зрения разгона моменты перехода с одной передачи на другую. Чтобы разгон происходил с максимальной интенсивностью, ускорение на данной скорости должно иметь наибольшее значение.

Время разгона автомобиля определяется по графику ускорений разгона автомобиля.

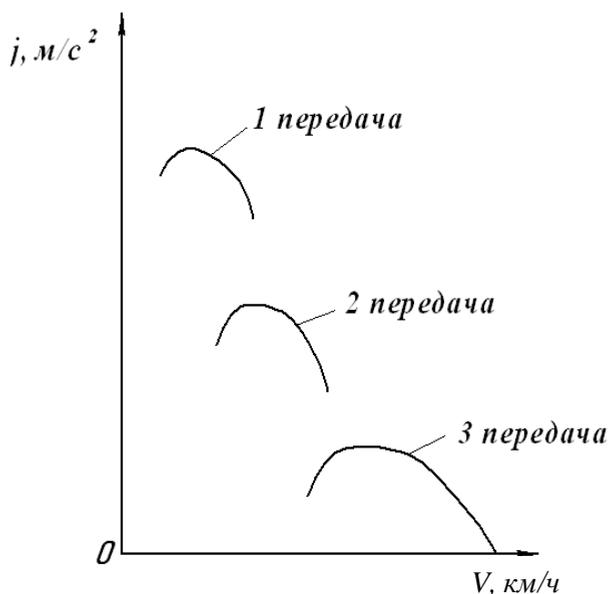


Рис. 5.4. Графики зависимости ускорения автомобиля от скорости

Известно, что ускорение есть первая производная скорости по времени

$$j = \frac{dV}{dt}, \quad (5.66)$$

отсюда

$$dt = \frac{1}{j} \cdot dV, \quad (5.67)$$

или

$$t = \frac{1}{j} \cdot \int_{V_1}^{V_2} dV. \quad (5.68)$$

Решение данного интеграла затрудняется отсутствием известных аналитических зависимостей между  $j$  и  $V$ . Обычно на практике для определения времени разгона автомобиля применяют графоаналитический метод. Для этого необходимо построить вспомогательный график величин, обратных ускорениям

$\frac{1}{j} = f(V)$  (рис. 5.5).

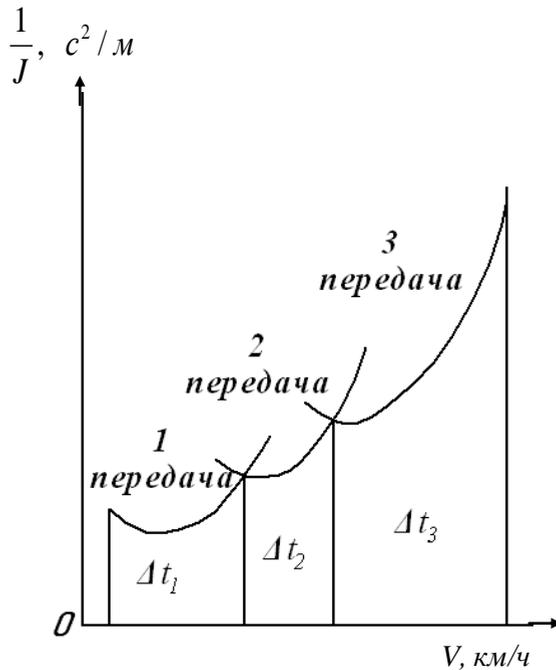


Рис. 5.5. График зависимости величин, обратных ускорению автомобиля, от скорости

Площадь графика, заключенная между осью абсцисс и кривыми  $\frac{1}{j}$ , разбивается несколькими вертикальными линиями

на отдельные участки. Элементарные площадки  $\Delta t$  суммируются нарастающим итогом.

Время разгона определяется по формуле

$$t = \frac{\sum \Delta t \cdot a \cdot b}{3,6}, \text{ с}, \quad (5.69)$$

где  $\sum \Delta t$  – сумма элементарных площадок, мм<sup>2</sup>;

$a$  – масштаб скорости, (км/ч)/мм;

$b$  – масштаб величин, обратных ускорениям, (с<sup>2</sup>/м)/мм.

Результаты расчетов заносятся в таблицу 5.7.

Таблица 5.7

Результаты расчетов времени и пути разгона автомобиля

Разгон	$\Delta t$ , мм <sup>2</sup>	Время разгона, с	Разгон	$\Delta s$ , мм <sup>2</sup>	Путь разгона
от $V_0$ до $V_1$			от $V_0$ до $V_1$		
от $V_1$ до $V_2$			от $V_1$ до $V_2$		
от $V_2$ до $V_3$			от $V_2$ до $V_3$		
...			...		
от $V_{z-1}$ до $V_z$			от $V_{z-1}$ до $V_z$		

Время разгона определяется по формуле (5.69). Расчет ведут до скорости, равной 0,95 от  $V_{\max}$ , так как при  $V_{\max}$  ускорение  $j = 0$ , а  $\frac{1}{j} = \infty$ .

По данным таблицы 5.7 строят график зависимости  $t = f(V)$  (рис. 5.6). График пути разгона, так же как и график времени разгона, строят для характеристики приемистости автомобиля. Известно, что скорость есть первая производная пути по времени

$$V = \frac{ds}{dt}, \quad (5.70)$$

откуда

$$ds = V \cdot dt, \quad (5.71)$$

или

$$s = \int_{t_0}^{t_1} V dt. \quad (5.72)$$

Ввиду сложности аналитического решения интеграла, для определения пути разгона автомобиля применяют графоаналитический метод. На графике времени разгона (рис. 5.6) площадь между кривой и осью ординат разбивается несколькими горизонтальными линиями на участки и определяются их площади. Каждая элементарная площадка  $\Delta s$  представляет собой в масштабе  $Vdt$ .

Путь разгона определяется по формуле

$$s = \frac{\sum \Delta s \cdot a \cdot c}{3,6}, \text{ м}, \quad (5.73)$$

где  $\sum \Delta s$  – сумма элементарных площадок,  $\text{мм}^2$ ;  
 $c$  – масштаб времени,  $\text{с/мм}$ .

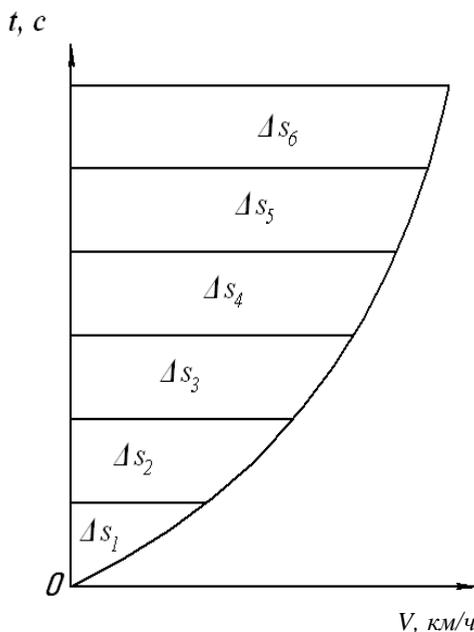


Рис. 5.6. График зависимости времени разгона автомобиля от скорости

Результаты расчетов заносятся в таблицу 5.7. По данным таблицы 5.7 строится график пути разгона автомобиля. Примерный график пути разгона  $s = f(V)$  представлен на рис. 5.7.

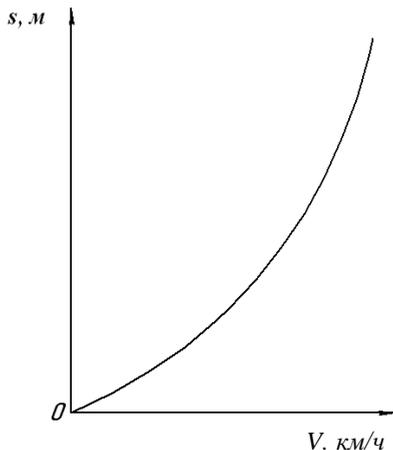


Рис. 5.7. График зависимости пути разгона автомобиля от скорости

#### 5.2.4 Расчет топливной экономичности автомобиля

Основным показателем топливной экономичности является график экономической характеристики автомобиля.

Этот график может быть построен по данным дорожных испытаний. Если же дорожные испытания не проводятся, то экономическую характеристику автомобиля строят аналитически, проводя соответствующие расчеты.

Известно, что расход топлива автомобилем на 100 км пути равен

$$Q_s = \frac{g_e \cdot N_e}{10 \cdot V}, \text{ л/100 км,} \quad (5.74)$$

где  $N_e$  – мощность двигателя, кВт;

$V$  – скорость движения автомобиля, км/ч;

$g_e$  – удельный расход топлива двигателем, г/кВт·ч.

В свою очередь

$$N_e = \frac{N_\psi + N_w}{\eta_{mp}}, \text{ кВт,} \quad (5.75)$$

где  $N_\psi$  – мощность, затрачиваемая двигателем автомобиля на преодоление сопротивления дороги, кВт;

$N_w$  – мощность, затрачиваемая автомобилем на преодоление сопротивления воздуха, кВт;

$\eta_{mp}$  – КПД трансмиссии.

Мощность двигателя автомобиля, затрачиваемая на преодоление сопротивления дороги, определяется по формуле

$$N_\psi = \frac{m_a \cdot g \cdot \psi \cdot V}{3600 \cdot \eta_{mp}}, \text{ кВт}, \quad (5.76)$$

где  $m_a$  – полная масса автомобиля, кг;

$\psi$  – суммарный коэффициент сопротивления дороги;

$V$  – скорость движения автомобиля, км/ч.

Мощность, затрачиваемая автомобилем на преодоление силы сопротивления воздуха, определяется по уравнению

$$N_w = \frac{\kappa \cdot F \cdot V^3}{13 \cdot 3600}, \text{ кВт}, \quad (5.77)$$

где  $\kappa$  – коэффициент сопротивления воздуха,  $(\text{Н} \cdot \text{с}^2)/\text{м}^4$ ;

$F$  – лобовая площадь автомобиля,  $\text{м}^2$ .

Для грузовых автомобилей  $\kappa$  лежит в пределах 0,5-0,9; у грузопассажирских –  $\kappa = 0,25-0,4$ .

$$F = 0,778 \cdot B \cdot H, \text{ м}^2, \quad (5.78)$$

где  $B$  и  $H$  – ширина и высота автомобиля, м.

Тогда

$$Q_s = g_e \cdot \frac{N_\psi + N_w}{10 \cdot V \cdot \eta_{mp}}, \text{ л/100 км}. \quad (5.79)$$

Удельный расход топлива двигателя для любой частоты вращения двигателя и степени использования мощности определяется по уравнению

$$g_e = g_n \cdot \kappa_n \cdot \kappa_n, \text{ г/кВт} \cdot \text{ч}, \quad (5.80)$$

где  $g_n$  – удельный расход топлива при максимальной мощности двигателя, г/кВт·ч;

$\kappa_n$  – коэффициент, учитывающий изменение удельного расхода топлива в зависимости от степени использования мощности двигателя;

$\kappa_n$  – коэффициент, учитывающий изменение удельного расхода топлива в зависимости от частоты вращения коленчатого вала двигателя.

График зависимости коэффициента  $\kappa_n$  от отношения частоты вращения коленчатого вала текущей к частоте вращения номинальной  $n_e/n_n$  приведен на рисунке 5.8. График зависимости коэффициента  $\kappa_n$  от степени использования мощности двигателя  $U$  для карбюраторных двигателей приведен на рисунке 5.9. График зависимости коэффициента  $\kappa_n$  от степени использования мощности двигателя  $U$  для дизельных двигателей – на рисунке 5.10.

Степень использования мощности двигателя  $U$  определяется по формуле

$$U = \frac{N_{\psi} + N_w}{\eta_{mp} \cdot N_e}, \quad (5.81)$$

где  $N_e$  – мощность двигателя, определяемая по скоростной характеристике, кВт.

Мощность  $N_{\psi}$ , затрачиваемая автомобилем на преодоление силы сопротивления дороги, определяется по формуле (5.85). Мощность  $N_w$ , затрачиваемая на преодоление силы сопротивления воздуха, определяется по формуле (5.86). При работе с полным использованием мощности ( $U = 1$ ), коэффициент  $\kappa_n$  равен единице.

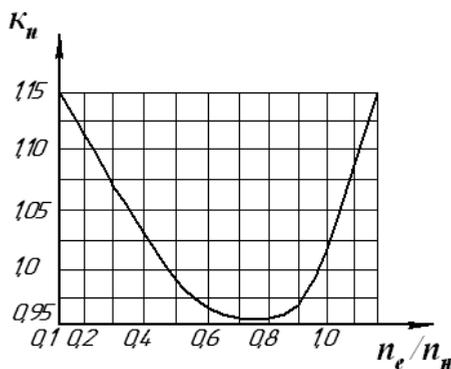


Рис. 5.8. График зависимости коэффициента  $\kappa_n$  от отношения частоты

вращения коленчатого вала двигателя  $n_e/n_n$

При расчетах  $g_n$  принимается для карбюраторных двигателей равным 330 г/кВт·ч, а для дизельных –  $g_n = 240$  г/кВт·ч. Также  $g_n$  может быть принято из теплового расчета двигателя. Расчет производится для условий движения автомобиля на прямой передаче по дороге с коэффициентом сопротивления  $\psi = f$  для тех же значений скоростей, которые использовались при динамическом расчете. Нужно рассчитать 6-8 точек. Необходимые данные берутся из таблицы 5.6. Результаты расчетов заносят в таблицу 5.8.

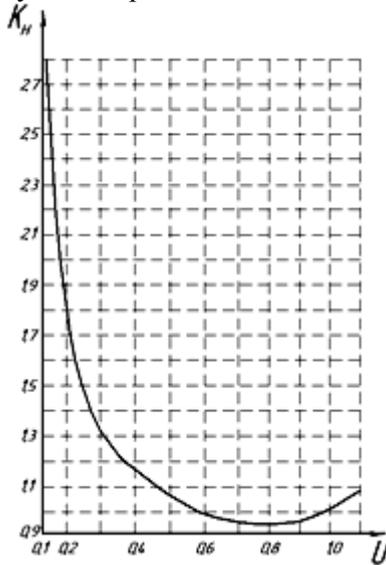


Рис. 5.9. График зависимости коэффициента  $K_n$  от степени использования мощности двигателя (карбюраторные двигатели)

Таблица 5.8

Результаты расчета экономической характеристики

Коэфф. сопротивления дороги	Номер точки	$V$ , км/ч	$n_e/n_n$	$K_n$	$N_{e_s}$ , кВт	$N_{\psi_s}$ , кВт	$U$	$K_n$	$Q_s$ , л/100 км
$\psi$	1								
	2								
	3								
	4								
	5								
	6								

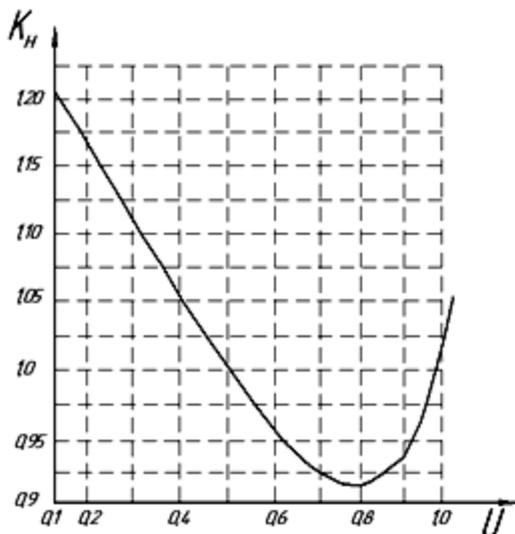


Рис. 5.10. График зависимости коэффициента  $K_n$  от степени использования мощности двигателя (дизельные двигатели)  
 По данным таблицы 5.8 строится экономическая характеристика автомобиля (рис. 5.11).

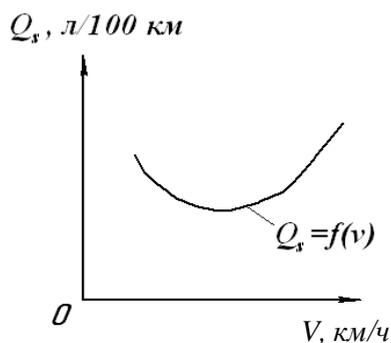


Рис. 5.11. Экономическая характеристика автомобиля

Выполненный тяговый, динамический и топливно-экономический расчет автомобиля позволяет оценить его тягово-скоростную эффективность и топливную экономичность в заданных условиях при различных режимах эксплуатации.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

После завершения расчетов каждой части курсового проекта необходимо провести анализ результатов и сделать выводы. При проведении анализа числовые значения показателей мощностных, динамических и экономических качеств проектируемого двигателя сравниваются с соответствующими показателями прототипа. За основные показатели принимаются мощность двигателя, его топливная экономичность и геометрические размеры.

Числовые значения показателей тяговой характеристики трактора или динамических и экономических качеств проектируемого автомобиля сравниваются с соответствующими показателями прототипа.

В тяговом расчете трактора за основные показатели принимаются эксплуатационная масса, максимальный коэффициент буксования, крюковая сила тяги, рабочая скорость, удельный тяговый расход топлива и тяговый КПД.

В расчете автомобиля за основные показатели могут быть приняты динамические качества автомобиля (динамический фактор, ускорение, время и путь разгона) и топливная экономичность.

Произведя анализ, необходимо показать резервы, за счет которых можно улучшить технико-экономические показатели проектируемого автомобиля или трактора.

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Колчин, А. И. Расчет автомобильных и тракторных двигателей : учеб. пособие для вузов / А. И. Колчин, В. П. Демидов. – 3-е изд. перераб. и доп. – М. : Высшая школа, 2002. – 496 с.
2. Николаенко, А. В. Теория, конструкция и расчет автотракторных двигателей. – М. : Колос, 1992. – 414 с.
3. Двигатели внутреннего сгорания. Теория рабочих процессов / под ред. В. Н. Луканина. – М. : Высшая школа, 1985. – 369 с.
4. Двигатели внутреннего сгорания. Динамика и конструирование / под ред. В. Н. Луканина. – М. : Высшая школа, 1985. – 319 с.
5. Уханов, А. П. Автомобильные и тракторные двигатели. Курсовое проектирование : учеб. пособие / А. П. Уханов, В. Ф. Китанин, Д. А. Уханов [и др.] ; под ред. А. П. Уханова. – Пенза : РИО ПГСХА, 2005. – 192 с.
6. Уханов, А. П. Использование нефтепродуктов, технических жидкостей и ремонтных материалов при эксплуатации мобильных машин : учебное пособие / А. П. Уханов, Ю. В. Гуськов, И. И. Артемов, А. В. Климанов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Самара : СГСХА, 2002. – 292 с.
7. Климанов, А. В. Теория и расчет автотракторных двигателей : учебное пособие / А. В. Климанов, Г. А. Ленивецев. – Самара, 2002. – 127 с.
8. Климанов, А. В. Курсовое проектирование по теории и расчету автотракторных двигателей : методические рекомендации. – Самара : Самвен, 2002. – 36 с.
9. Ленивецев, Г. А. Тракторы и автомобили. Основы теории тракторных и автомобильных двигателей : методические указания для выполнения расчетно-графической работы №1 «Тепловой расчет двигателя» / Г. А. Ленивецев, О. С. Володько, О. Н. Черников [и др.] – Кинель : РИЦ СГСХА, 2007. – 23 с.
10. Черников, О. Н. Тракторы и автомобили. Основы теории тракторных и автомобильных двигателей: методические указания для выполнения расчетно-графической работы №2 «Динамический расчет двигателя». – Кинель : РИЦ СГСХА, 2007. – 23 с.
11. Ленивецев, Г. А. Тракторы и автомобили. Конструкция тракторов и автомобилей. Основы теории тракторных и автомобильных двигателей : методические указания студентам 4 курса инженерного отделения заочного факультета для выполнения кон-

трольных работ №1 и №2 / Г. А. Ленивец, О. С. Володько, В. В. Ефимов. – Кинель, 2005. – 56 с.

12. Петрова, С. С. Методические рекомендации по оформлению курсовых работ и дипломных проектов для агроинженерных специальностей / сост. С. С. Петрова, Г. С. Бухвалов, С. В. Машков, А. П. Быченин, С. В. Денисов. – Самара : РИЦ СГСХА, 2010. – 38 с.

13. Плаксин, В. Ф. Динамический и топливно-экономический расчет автомобиля : методические рекомендации / В. Ф. Плаксин, Р. Р. Мингалимов, Р. М. Мусин [и др.]. – Кинель : РИЦ СГСХА, 2009. – Ч. 2. – 52 с.





## Основные технические данные автомобильных двигателей

Марка двигателя	Расположение и число цилиндров	Д, мм	S, мм	$V_h, i, л$	$\varepsilon$	$N_{ен}, кВт$	$g_e, г/(кВт·ч)$	$n_n, мин^{-1}$	Топливо
МеМЗ-969А	V-4	76	66	1,2	7,2	29,4	328	4200	А-76
ВАЗ-1113	P-2	79	66	0,65	8,5	23	-	5500	Аи-92
УЗАМ-412Э	P-4	82	70	1,48	8,8	55	306	5800	Аи-93
ВАЗ-2106	P-4	79	80	1,57	8,5	59	299	5400	Аи-93
ВАЗ-2107	P-4	76	80	1,45	8,5	57	299	5600	Аи-93
УМЗ-451М	P-4	92	92	2,45	6,7	55,2	313	4000	А-76
ЗМЗ-402.10	P-4	92	92	2,45	8,2	73,5	285	4500	А-76
ЗМЗ-24Д	P-4	92	92	2,45	8,2	70	292	4500	А-76
ЗМЗ-53.11	V-8	92	80	4,25	7	88,3	300	3200	А-76
ЗиЛ-130	V-8	100	95	6	7,1	110	300	3200	А-76
ЗМЗ-53.27	V-8	92	80	4,25	7	69	-	3400	Газовое
ВАЗ-3411	P-4	82	80	1,7	23	44,2	300	4800	ДТ
ВАЗ-342	P-4	76	80	1,4	23	51,5	320	5000	ДТ
ГАЗ-3301	P-6	105	120	6,3	18	92	225	2800	ДТ
ЗиЛ-845Н	V-8	110	115	8,7	18,5	162	238	2800	ДТ
КамАЗ-7401	V-8	120	120	10,8	17	161	220	2600	ДТ
КамАЗ-640	V-6	120	120	8,2	17	117	225	2600	ДТ
ЯМЗ-238НБ	V-8	130	140	14,8	16,5	158	238	1700	ДТ
ЯМЗ-240Н	V-12	130	140	22,2	16	368	248	2100	ДТ

Приложение 4

Основные технические данные тракторных дизелей

Марка двигателя	Расположение и число цилиндров	Д, мм	S, мм	$V_h \cdot i, л$	$\epsilon$	$N_{ен}, кВт$	$\xi, г/(кВт \cdot ч)$	$n_n, мин^{-1}$
Д-21А1	Р-2	105	120	2,08	16,5	18,4	236	1800
Д-120	Р-2	105	120	2,08	16,5	22,1	236	2000
Д-144-07	Р-4	105	120	4,15	16,5	44,2	238	2000
Д-145Т	Р-4	105	120	4,15	16,5	55,2	238	2000
Д-65Н	Р-4	110	130	4,94	17,3	45,6	238	1750
Д-240Т	Р-4	110	125	4,8	16	73,6	235	2200
Д-260Т	Р-6	110	125	7,1	15	110	236	2100
СМД-23	Р-4	120	140	9,1	15	125	224	2000
СМД-31	V-6	120	140	9,5	15	195	231	2000
СМД-60	V-6	130	115	9,1	14,5	110	234	2000
СМД-86	V-8	130	115	12,1	14,5	140	238	2000
А-41Т	Р-4	130	140	7,43	16	97	238	1750
Д-450	Р-4	130	140	7,43	14	110	231	1800
А-01Т	Р-6	130	140	7,43	14,5	129	238	1800
Д-160Б	Р-4	145	205	13,6	14	105	238	1070
Д-200	Р-6	145	205	13,6	14	147	245	1250
ЯМЗ-240Б	V-12	130	140	22,2	16,5	220	228	1900

Приложение 5

Средний элементарный состав жидких топлив и их теплотворность

Топливо	Состав в массовых долях				Низшая теплота сгорания, МДж/кг
	С	Н	О	зола и влага	
Бензин	0,854	0,142	0,003	0,001	43,5
Дизельное топливо	0,857	0,133	0,01	-	42,8
Газовое топливо	-	-	-	-	86-112

Приложение 6

Значения масс элементов кривошипно-шатунного механизма  
автотракторных двигателей

Элементы кривошипно-шатунного механизма	Конструктивные массы, $m' = m/F_n$ , кг/м <sup>2</sup>	
	Карбюраторные двигатели, Д = 70-100 мм	Дизельные двигатели, Д = 80-140 мм
Поршневая группа ( $m'_n = m_n/F_n$ ): - поршень из алюминиевого сплава - поршень из чугуна	80-150 150-250	150-350 250-450
Шатун ( $m'_{ш} = m_{ш}/F_n$ )	100-200	250-450
Неуравновешенная часть колена вала без противовесов ( $m'_к = m_к/F_n$ ): - стальной кованый вал - чугунный литой вал	150-200 100-200	200-450 150-350

Примечание. Большие значения  $m'$  относятся к двигателям с большим диаметром цилиндра.

Приложение 7

Порядок работы и чередование вспышек четырехтактных двигателей

Расположение и число цилиндров	Порядок работы цилиндров	Интервалы чередований вспышек	Марки двигателей
P-2	1-2-0-0	180°-540°	Д-21А1, Д-120, ВАЗ-1113
P-4	1-3-4-2, 1-2-4-3	равномерно, 180°	Д-144-07, Д-145Т, Д-65Н, Д-240Т, СМД-23, А-41Т, Д-450, Д-160Б, УЗАМ-412Э, типа ВАЗ, ЗМЗ-24Д
P-6	1-5-3-6-2-4	равномерно, 120°	ГАЗ-3301, А-01Т, Д-260Т, Д-200
V-4	1-3-4-2	равномерно, 90°	МеМЗ-969А
V-6	1-4-2-5-3-6	90°, -150°, -90°, -150° и т.д.	КАМАЗ-640, СМД-31, СМД-60
V-8	1-5-4-2-6-3-7-8	равномерно, 90°	ЗМЗ-53.11, ЗМЗ-53.27, ЗИЛ-130, ЗИЛ-845Н, ЯМЗ-238НБ, СМД-86
V-12	1-12-5-8-3-10-6-7-2-11-4-9	75°, -45°, -75°, -45° и т.д.	ЯМЗ-240Б, ЯМЗ-240Н

Приложение 8

Значения постоянной  $\lambda$  кривошипно-шатунного механизма для автотракторных двигателей

Марка двигателя	Значение	Марка двигателя	Значение
МемЗ-969А	0,237	А-41Т, А-01Т	0,264
ВАЗ-1113, ВАЗ-2106, ВАЗ-2107, ВАЗ-3411, ВАЗ-342, УЗАМ-412Э	0,295	Д-450	0,262
ЗМЗ-402.10, ЗМЗ-24Д, ЗМЗ-53М, ЗМЗ-53.27	0,295	КамАЗ-7401, КамАЗ-640	0,268
Зил-130, Зил-845Н	0,257	Д-160Б, Д-200	0,264
Д-21А1, Д-120, Д-144	0,279	ЯМЗ-238НБ	0,264
Д-65Н, Д-240Т, Д-260Т	0,272	ЯМЗ-240Б, ЯМЗ-240Н	0,266
СМД-60, СМД-31, СМД-86	0,280	ЯМЗ-740, ЯМЗ-743	0,267

Приложение 9

Значения величин  $(\cos\alpha + \lambda\cos2\alpha)$  при разных значениях  $\alpha$  и  $\lambda$

$\alpha^\circ$	Знак	$\cos\alpha + \lambda\cos2\alpha$								Знак	$\alpha^\circ$
		0,24	0,25	0,26	0,27	0,28	0,29	0,30	0,31		
0	+	1,240	1,250	1,260	1,270	1,280	1,290	1,300	1,310	+	360
30	+	0,986	0,991	0,996	1,001	1,006	1,011	1,016	1,021	+	330
60	+	0,380	0,375	0,370	0,365	0,360	0,355	0,350	0,345	+	300
90	-	0,240	0,250	0,260	0,270	0,280	0,290	0,300	0,310	-	270
120	-	0,620	0,625	0,630	0,635	0,640	0,645	0,650	0,655	-	240
150	-	0,746	0,741	0,736	0,731	0,726	0,721	0,716	0,711	-	210
180	-	0,760	0,750	0,740	0,730	0,710	0,710	0,700	0,690	-	180

Приложение 10

Значения величин  $\sin(\alpha+\beta)/\cos\beta$  при разных значениях  $\alpha$  и  $\lambda$

$\alpha^\circ$	Знак	$\sin(\alpha+\beta)/\cos\beta$								Знак	$\alpha^\circ$
		0,24	0,25	0,26	0,27	0,28	0,29	0,30	0,31		
0	+	0	0	0	0	0	0	0	0	-	360
30	+	0,605	0,609	0,613	0,618	0,622	0,627	0,631	0,636	-	330
60	+	0,972	0,976	0,981	0,985	0,990	0,995	0,999	1,004	-	300
90	+	1	1	1	1	1	1	1	1	-	270
120	+	0,760	0,756	0,751	0,747	0,742	0,737	0,733	0,728	-	240
150	+	0,395	0,391	0,387	0,382	0,378	0,373	0,369	0,364	-	210
180	+	0	0	0	0	0	0	0	0	-	180

Приложение 11

Значения величин  $\cos(\alpha+\beta)/\cos\beta$  при разных значениях  $\alpha$  и  $\lambda$

$\alpha^\circ$	Знак	$\cos(\alpha + \beta) / \cos \beta$								Знак	$\alpha^\circ$
		0,24	0,25	0,26	0,27	0,28	0,29	0,30	0,31		
0	+	1	1	1	1	1	1	1	1	+	360
30	+	0,806	0,803	0,801	0,798	0,795	0,793	0,790	0,788	+	330
60	+	0,317	0,309	0,301	0,293	0,285	0,277	0,269	0,261	+	300
90	-	0,245	0,256	0,267	0,278	0,289	0,300	0,311	0,322	-	270
120	-	0,683	0,691	0,699	0,707	0,715	0,723	0,731	0,739	-	240
150	-	0,926	0,929	0,931	0,934	0,937	0,939	0,942	0,944	-	210
180	-	1	1	1	1	1	1	1	1	-	180

Приложение 12

Примеры расчета углов смещения диаграммы тангенциальных усилий

Пример 1

Двигатель четырехтактный, V-6:

- порядок работы цилиндров 10-4-2-5-3-6;
- порядковый номер вспышек 1-2-3-4-5-6;
- интервал между вспышками  $\theta = 90^\circ - 150^\circ - 90^\circ - 150^\circ - 90^\circ$ .

Угол смещения графика тангенциальных сил, например, для пятого цилиндра, относительно графика этих сил для первого цилиндра составляет:

$$\Psi_5 = 720^\circ - (90^\circ + 150^\circ + 90^\circ).$$

Аналогично производится подсчет для остальных цилиндров.

Пример 2

Двигатель четырехтактный, V-8:

- порядок работы цилиндров 1-5-4-2-6-3-7-8;
- порядковый номер вспышек 1-2-3-4-5-6-7-8;
- интервал между вспышками  $\theta = 720^\circ / 8 = 90^\circ$ .

Угол смещения графика тангенциальных сил для пятого цилиндра, относительно графика этих сил для первого цилиндра, составляет:

$$\Psi_5 = (8-2+1)90^\circ = 630^\circ.$$

Аналогично производится подсчет для остальных цилиндров.

Пример заполнения таблицы для расчета суммарной тангенциальной силы  
многоцилиндровых двигателей

$\alpha, ^\circ$	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T $\Sigma$ , Н	T $\Sigma/\mu_r$ , мм
0	0	5223,632	-967,053	0	-698,625	0	0	599,6315	4157,586	26,2
30	-2618,69	4759,713	692,741	-2077,12	2062,406	11534,67	-2061,78	2506,463	14798,41	93,1
60	-2155,76	2956,388	-273,968	-2576,37	2568,074	6043,944	-2659,38	2046,416	5949,349	37,4
90	599,6315	0	0	-698,625	0	5223,632	-967,053	0	4157,586	26,2
120	2506,463	-2077,12	11534,67	2062,406	-2618,69	4759,713	692,741	-2061,78	14798,41	93,1
150	2046,416	-2576,37	6043,944	2568,074	-2155,76	2956,388	-273,968	-2659,38	5949,349	37,4
180	0	-698,625	5223,632	0	599,6315	0	0	-967,053	4157,586	26,2
210	-2061,78	2062,406	4759,713	-2618,69	2506,463	-2077,12	11534,67	692,741	14798,41	93,1
240	-2659,38	2568,074	2956,388	-2155,76	2046,416	-2576,37	6043,944	-273,968	5949,349	37,4
270	-967,053	0	0	599,6315	0	-698,625	5223,632	0	4157,586	26,2
300	692,741	-2618,69	-2077,12	2506,463	-2061,78	2062,406	4759,713	11534,67	14798,41	93,1
330	-273,968	-2155,76	-2576,37	2046,416	-2659,38	2568,074	2956,388	6043,944	5949,349	37,4
360	0	599,6315	-698,625	0	-967,053	0	0	5223,632	4157,586	26,2
390	11534,67	2506,463	2062,406	-2061,78	692,741	-2618,69	-2077,12	4759,713	14798,41	93,1
420	6043,944	2046,416	2568,074	-2659,38	-273,968	-2155,76	-2576,37	2956,388	5949,349	37,4
450	5223,632	0	0	-967,053	0	599,6315	-698,625	0	4157,586	26,2
480	4759,713	-2061,78	-2618,69	692,741	11534,67	2506,463	2062,406	-2077,12	14798,41	93,1
510	2956,388	-2659,38	-2155,76	-273,968	6043,944	2046,416	2568,074	-2576,37	5949,349	37,4
540	0	-967,053	599,6315	0	5223,632	0	0	-698,625	4157,586	26,2
570	-2077,12	692,741	2506,463	11534,67	4759,713	-2061,78	-2618,69	2062,406	14798,41	93,1
600	-2576,37	-273,968	2046,416	6043,944	2956,388	-2659,38	-2155,76	2568,074	5949,349	37,4
630	-698,625	0	0	5223,632	0	-967,053	599,6315	0	4157,586	26,2
660	2062,406	11534,67	-2061,78	4759,713	-2077,12	692,741	2506,463	-2618,69	14798,41	93,1
690	2568,074	6043,944	-2659,38	2956,388	-2576,37	-273,968	2046,416	-2155,76	5949,349	37,4
Сумма									199242,7	1253,4
T $\Sigma$ ср=									8301,78	52,2

 $\mu_r =$ 

159Н в мм;

Тепловой расчет двигателя на ЭВМ  
(на примере карбюраторного двигателя ГАЗ-53)

Исходные данные:	
Прототип двигателя:	ГАЗ-53А ;
Ход поршня S=	80 мм;
Диаметр поршня D=	92 мм;
Степень сжатия $\varepsilon$ =	6,4 ;
Средняя скорость поршня $C_p$ =	8,4 м/с;
Кэффициент наполнения $\eta_v$ =	0,77 ;
Кэффициент избытка воздуха $\alpha$ =	0,9 ;
Температура остаточных газов $T_r$ =	900 К;
Частота вращения коленчатого вала n=	3150 об/мин;
Номинальная мощность $N_{ен}$ =	83 кВт;
Степень повышения давления $\lambda$ =	4 ;
Число цилиндров двигателя i=	8 шт;
Тактность двигателя $\tau$ =	4 ;
Расчет корректировать не требуется	
Студент	; Группа
Результаты расчета:	
Давление в конце впуска $P_a$ =	0,095 Мпа;
Температура в конце впуска $T_a$ =	342,2012 К;
Давление в конце сжатия $P_c$ =	1,226999 Мпа;
Температура в конце сжатия $T_c$ =	690,5931 К;
Давление в конце сгорания $P_z$ =	4,907998 Мпа;
Температура в конце сгорания $T_z$ =	2196,875 К;
Давление в конце расширения $P_b$ =	0,472165 Мпа;
Температура в конце расширения $T_b$ =	1352,617 К;
Среднее индикаторное давление $P_i$ =	0,992812 Мпа;
Среднее эффективное давление $P_e$ =	0,839412 Мпа;
Индикаторный к.п.д. $\eta_i$ =	0,319722 ;
Механический к.п.д. $\eta_m$ =	0,845489 ;
Эффективный к.п.д. $\eta_e$ =	0,270321 ;
Удельный эффективный расход топлива $g_e$ =	306,1492 г/кВтч;
Ход поршня S=	78 мм;
Диаметр поршня D=	90 мм;
Рабочий объем цилиндра $V_h$ =	0,495963 л;
Средняя скорость поршня $C_p$ =	8,19 м/с;
Эффективная мощность $N_e$ =	87,42665 кВт;
Удельная литровая мощность $N_l$ =	22,03457 кВт/л;
Удельная поршневая мощность $N_p$ =	17,18696 кВт/кв. дм.;
Эффективный крутящий момент $M_k$ =	265,0554 Нм.

Пример динамического расчета двигателя на ЭВМ

Введите в выделенные цветом ячейки требуемые значения:  
 Pr (в мм) берется из индикаторной диаграммы, значения  $\sin(\alpha+\beta)/\cos\beta$  и  $\cos(\alpha+\beta)/\cos\beta$  берутся из справочных материалов.

$m_l = 0,744$  кг,  $m_{ш} = 0,976$  кг,  $m_k = 1,098$  кг,  $m_j = 1,0124$  кг;  $\lambda = R/L = 0,295$  ;  
 $\mu_r = 159$  Н в мм;  $R = 0,039$  м;  $n = 3150$  об/мин;  $\omega = 329,7$  1/с;  $mR = 1,8056$  кг.

$\alpha$ , °	Pr, мм	Pr, Н	Pj, Н	$\alpha$ , рад	През, Н	Pс, Н	$\cos(\alpha+\beta)/\cos\beta$	Z, Н	$\sin(\alpha-\beta)/\cos\beta$	T, Н	Rш, Н	Pj, мм
0	4.2	667.6425	-5558.08	0	-4890.43	-7654.63	1	-4890.43	0	0	12545.06	-34.9647
30	3.8	604.0575	-4814.17	0.523333	-4210.11	-7654.63	0.795	-3347.04	0.622	-2618.69	11309.034	-30.285
60	3.8	604.0575	-2781.59	1.046667	-2177.54	-7654.63	0.285	-620.597	0.99	-2155.76	8551.4118	-17.4984
90	3.8	604.0575	-4.42604	1.57	599.6315	-7654.63	-0.289	-173.293	1	599.6315	7850.8535	-0.02784
120	3.8	604.0575	2773.925	2.093333	3377.983	-7654.63	-0.715	-2415.26	0.742	2506.463	10377.135	17.45019
150	3.8	604.0575	4809.742	2.616667	5413.799	-7654.63	-0.937	-5072.73	0.378	2046.416	12890.828	30.25708
180	3.8	604.0575	5558.068	3.14	6162.125	-7654.63	-1	-6162.13	0	0	13816.753	34.96465
210	4	635.85	4818.59	3.663333	5454.44	-7654.63	-0.937	-5110.81	-0.378	-2061.78	12930.867	30.31274
240	5	794.8125	2789.253	4.186667	3584.065	-7654.63	-0.715	-2562.61	-0.742	-2659.38	10557.658	17.54661
270	6	953.775	13.27812	4.71	967.0531	-7654.63	-0.289	-279.478	-1	-967.053	7992.8232	0.08353
300	13	2066.513	-2766.25	5.233333	-699.738	-7654.63	0.285	-199.425	-0.99	692.741	7884.544	-17.4019
330	33	5245.763	-4805.3	5.756667	440.4632	-7654.63	0.795	350.1683	-0.622	-273.968	7309.595	-30.2291
360	170	27023.63	-5558.05	6.28	21465.58	-7654.63	1	21465.58	0	0	13810.951	-34.9645
390	147	23367.49	-4823	6.803333	18544.49	-7654.63	0.795	14742.87	0.622	11534.67	13538.534	-30.3405
420	56	8901.9	-2796.91	7.326667	6104.994	-7654.63	0.285	1739.923	0.99	6043.944	8456.5349	-17.5948
450	33	5245.763	-22.1302	7.85	5223.632	-7654.63	-0.289	-1509.63	1	5223.632	10548.457	-0.13922
480	23	3656.138	2758.569	8.373333	6414.707	-7654.63	-0.715	-4586.52	0.742	4759.713	13133.942	17.35359
510	19	3020.288	4800.845	8.896667	7821.132	-7654.63	-0.937	-7328.4	0.378	2956.388	15271.914	30.20112
540	9.5	1510.144	5558.012	9.42	7068.155	-7654.63	-1	-7068.16	0	0	14722.783	34.96429
570	4.2	667.6425	4827.389	9.943333	5495.031	-7654.63	-0.937	-5148.84	-0.378	-2077.12	12970.864	30.3681
600	4.2	667.6425	2804.552	10.46667	3472.195	-7654.63	-0.715	-2482.62	-0.742	-2576.37	10459.514	17.64285
630	4.2	667.6425	30.98215	10.99	698.6246	-7654.63	-0.289	-201.903	-1	-698.625	7887.5304	0.194902
660	4.2	667.6425	-2750.88	11.51333	-2083.24	-7654.63	0.285	-593.723	-0.99	2062.406	8502.2821	-17.3052
690	4.2	667.6425	-4796.38	12.03667	-4128.74	-7654.63	0.795	-3282.34	-0.622	2568.074	11234.427	-30.173
720	4.2	667.6425	-5558.08	12.56	-4890.43	-7654.63	1	-4890.43	0	0	12545.06	-34.9647

Приложение 16

Коэффициенты взаимодействия движителей тракторов с опорной поверхностью ( $f$  – коэффициент сопротивления движению,  $\varphi$  – коэффициент сцепления)

Агрофон	Гусеничные тракторы		Колёсные тракторы		
	$f$	$\varphi$	$f$	$\varphi$	$\varphi$
				Сухая поверхность	Мокрая поверхность
1	2	3	4	5	6
Асфальт или бетон	0,06	0,8	0,018-0,032	0,7-0,8	0,4-0,5
Дорога грунтовая сухая, удовл. состояние	0,05-0,07	0,9-1,1	0,03-0,05	0,6-0,8	-
Дорога грунтовая, укатанная:					
На глинистом грунте	0,06-0,07	0,9-1,0	0,03-0,04	0,65-0,8	0,3-0,4
На песчаном грунте	0,08-0,09	1,0-1,1	0,04-0,05	0,6-0,7	0,3-0,45
На чернозёме	-	0,9-1,2	0,05	0,6-0,7	-
Снежная укатанная	0,06-0,07	0,5-0,7	0,025-0,04	0,3-0,4	-
Дорога грунтовая, неровная и грязь	-	-	0,05-0,10	-	-
Булыжное покрытие	-	-	0,035-0,045	-	-
Мягкая песчаная дорога	0,10	-	-	-	-
Луг:					
Скошенный	0,075	1,1-1,2	0,07-0,09	0,7-0,8	0,5...0,6
Нескошенный	-	0,9-1,0	0,08-0,10	0,6-0,7	0,4-0,5
Целина, плотная залежь	0,06-0,07	1,0-1,2	0,05-0,07	0,7-0,9	-
2,3-летняя залежь	0,06-0,07	0,9-1,1	0,06-0,08	0,6-0,8	-
стерня	0,06-0,09	0,8-1,0	0,08-0,10 0,10-0,12	0,6-0,8	0,5
Залежь сухая, дёрн	0,07	1,0	-	0,7	-
Слеж. пахота	0,08-0,09	0,6-0,7	0,12-0,14	0,4-0,6	-
Поле:					
Свежевспаханное	0,10-0,12	0,7	0,18-0,22	0,3-0,6	-
культивированное	0,08-0,12	0,6-0,7	0,16-0,20	0,4-0,6	-
спаханное	0,18-0,11	0,6-0,8	0,12-0,18	0,5-0,7	-

1	2	3	4	5	6
Песок:					
Влажный	0,10-0,12	0,5-0,6	0,08-0,15	-	0,4-0,6
Сухой	0,09-0,15	0,4-0,55	0,15-0,30	0,2-0,3	-
Глубокая грязь	0,10-0,15	0,4-0,5	-	-	-
Глубокий снег (0,4 м)	0,18	0,25	0,18-0,20	-	0,2-0,25
Болото задерновое	0,12-0,18	0,3-0,4	0,200,25	-	0,2-0,25
Болотно-торфяная целина осушенная	0,11-0,14	0,4-0,6	-	-	-

## Приложение 17

Передаточные числа главной и конечной передач  
некоторых тракторов

Марка трактора	Передаточное число главной передачи, $i_{г}$	Передаточное число конечной передачи, $i_{кп}$
Т-30-69	2,38	4,75
ВТЗ-2032	2,38	4,75
МТЗ-80	3,4	5,3
Бел. 1221	3,4	5,3
Бел. 1523	3,4	5,3
Т-25-А1	2,38	4,75
ЮМЗ-6М	3,4	5,3
Т-150К	4,45	4,6
К-701	6	2,92
К-744	6	2,92
МТЗ-55А	3,47	6,3
ДТ-75Д	4,5	5,55
ВТ-100	4,5	5,55
Т-4А.01	3,63	4,39
Т-150	4,45	4,6
ВТ-200	4,5	5,55

Краткая техническая характеристика отечественных  
колёсных тракторов

Показатели	T-3069	BT3-2032	MT3-80	Беларус-1221	Беларус-1523	T-25A	ЮМЗ-64	T-150	K-744	K-701	ЛТЗ-55А
Тяговый класс	0,6	0,6	1,4	1,4	1,4	0,6	1,4	3	5	5	0,9
Марка двигателя	Д-120	Д-120	Д-240	Д-245	Д-260	Д-21А	Д-65Н	СМД-62	ЯМЗ-238НД	ЯМЗ-240НБ	Д-144
Колесная формула	4×2	4×4	4×2	4×4	4×4	4×2	4×2	4×4	4×4	4×4	4×4
Номинальная частота вращения коленчатого вала	2000	2000	2200	2100	2100	1800	1750	2100	1500	1500	1800
Номинальная мощность	22,1	22,1	55,2	77,96	114	19,5	45,6	121	221	230	36,8
Размер шин задних колёс	9,5-32	9,5-32	15,5-38	18,4R38	18,4R38	9,5-32	15,5-38	530-610	28,1R26	28,1R	26
Удельный расход топлива	245	245	229	226	220	235	238	241	220	228	
Заправочные жидкости	81	241	241	340	340	81	233	514	948	949	
Эксплуатационная масса	2390	2390	3300	5300	5500	1800	3350	8005	14900	12500	3075

Приложение 19

Краткая техническая характеристика  
отечественных гусеничных тракторов

Показатели	ДТ-75Д	ВТ-150Д	ВТ-200	Т-4А	ХТЗ-150
Тяговый класс	3	3	3	4	3
Марка двигателя	Д-440	Д-442	СМД-62	А-0,1	СМД-61
Номинальная частота, мин <sup>-1</sup>	1750	1850	2000	1750	2000
Номинальная мощность, кВт	70	110	125	130	117
Удельный расход г/(кВт·ч)	238	228	228	173	
Заправочные жидкости, кг	411	514	516	501	506
Эксплуатационная масса, кг	7530	7820	7600	8870	8110
Длина звена гусеницы, мм	170	174	170	175	174
Число активно действующих зубьев звёздочки	14	14	13	14	14

Приложение 20

Техническая характеристика малотоннажных грузовых автомобилей

Параметры	Марки автомобилей			
	ИЖ-2715, ИЖ-27151	ЕрАЗ-726 В	УАЗ-451М, УАЗ-452	УАЗ-451ДМ, УАЗ-452Д
1	2	3	4	5
Грузоподъемность, кг	350+2ч 400+2ч	1150	1000/800	1000/800
Максимальная мощность двигателя, кВт	55,2	55,2	55,2	55,2

## Окончание прил. 20

1	2	3	4	5
Частота вращения коленчатого вала двигателя при максимальной мощности, мин <sup>-1</sup>	5800	4000	4000	4000
Собственная масса автомобиля, кг	1100/1050	1475	1540/1720	1510/1670
Полная масса, кг	1590	2625	2700/2670	2660/2620
База автомобиля, мм	2400	2700	2300	2300
Координата ц.т. продольная, мм			1100*	1100
Координата ц.т. вертикальная, мм			750*	750
Высота пола платформы над землей, мм	530	1385	770/720	1010
Ширина колеи передних колес, мм				
Ширина колеи задних колес, мм	1237	1420	1442	1442
Габаритные размеры:				
длина, мм	4100	5030	4360	4460
ширина, мм	1600	1790	1940	2044
высота, мм	1760/1470	2180	2070/2090	2070
Нагрузка (без учета массы груза):				
на переднюю ось, кг	580/570	880	860/680	850/660
на заднюю ось, кг	520/480	590	990/730	925/745
Площадь лобового сопротивления, м <sup>2</sup>	2,1/1,8	3,05	2,9/3,0	2,9
Радиус качения колес, мм	300*	320	360	360
Максимальная скорость, км/ч	115	110	95	95
Общие передаточные числа трансмиссии на:				
1-й передаче	14,72	14,20	21,11	21,11**
2-й передаче	8,60	8,05	13,53	13,53**
3-й передаче	5,61	4,55	8,10	8,10**
4-й передаче	4,22	-	5,125	5,125**
Передаточное число главной передачи	4,22	4,55	5,125	5,125

Примечания. \* Приведено ориентировочное значение. \*\* Без учета передаточного числа раздаточной коробки.

Приложение 21

Техническая характеристика переднеприводных  
легковых автомобилей

Наименование параметра	Модель автомобиля				
	«Деу-Нексия»	ВАЗ-21099	ВАЗ-21102	ВАЗ-21103	ВАЗ-21108
Число мест	5	5	5	5	5
Снаряженная масса, кг	969	920	1020	1030	1100
Полная масса, кг	1404	1370	1495	1505	1575
Максимальная скорость, км/ч	163	154	167	185	185
Время разгона до 100 км/ч, с	14,6	13,5	14,0	12,5	13,0
Расход топлива, л/100км, 90/120/ГЦ*	5,1/6,3/9,3	5,6/7,7/8,9	5,2/6,6/8,9	5,2/6,5/8,8	5,2/6,5/8,8
Мощность, кВт (DIN) при частоте, мин <sup>-1</sup>	55/5400	51,5/5600	58/4800	68/5600	68/5600
Максимальный крутящий момент, Н·м при частоте мин <sup>-1</sup>	123 3200-3400	106,4 3400	115 2800-3000	128 3700	128 3700
Длина, мм	4482	4205	4265	4265	4440
Ширина, мм	1662	1650	1680	1680	1680
Высота, мм	1393	1402	1420	1420	1420
База, мм	2520	2460	2492	2490	2665
Колея передних/задних колес, мм	1400/1406	1400/1370	1400/1370	1400/1370	1400/1370
Дорожный просвет, мм	160	160	160		
Коэффициент аэродинамического сопротивления				0,300	0,347

Примечание. \* 90/120/ГЦ – расход топлива при 90км/ч, 120 км/ч и в городском цикле (ГЦ).

## Общие сведения о грузовых автомобилях и тягачах

Модель	Колесная формула	Полная масса автомобиля (автопоезда), т	Номинальная мощность, л.с.
<b>Бортовые</b>			
ГАЗ-33021 «Газель»	4×2	3,5	90
ГАЗ-33021 фургон изотермический	4×2	3,5	90
ГАЗ-3309 бортовой	4×2	8,1	116
ЗиЛ-5301 бортовой	4×2	6,95	105
ЗиЛ-432900	4×2	11,0	105
ЗиЛ-433100	4×2	11,75	185
ЗиЛ-433110	4×2	11,75	150
ЗиЛ-433102 шасси	4×2	11,75	185
ЗиЛ-33360	4×2	11,0	150
ЗиЛ-433420	6×6	11,17	170
ЗиЛ-133Г40	6×4	17,8	185
КамАЗ-5320	6×4	15,31	220
КрАЗ-6510	6×4	24,88	240
МАЗ-5516	6×4	28,7	300
МАЗ-55165	6×6	28	330
Урал-5557-10	6×6	16,3	180
<b>Седельные тягачи</b>			
ЗиЛ-442100	4×2	10,3 (18,3)	185
ЗиЛ-442160	4×2	10,3 (14,4)	150
ЗиЛ-442300	4×2	10,3(18,3)	185
ЗиЛ-13305	6×4	17,7 (25,8)	200
КамАЗ-5410	6×4	18,33(34)	220
КамАЗ-54112	6×4	19 (34)	220
КрАЗ-6444	6×4	23,5 (55)	240
КрАЗ-260В	6×6	21,48	300
МАЗ-54321	4×2	16(40)	360
МАЗ-54323-32	4×2	16 (38)	300
КамАЗ-53212	6×4	18,23	220
КамАЗ-43101	6×6	15,5	220
КрАЗ-260	6×6	21,47	300
МАЗ-63Q31	6×4	24	360
Урал-4320-10	6×6	13,3	180
Урал-4320-31	6×6	13,3	240
<b>Самосвалы</b>			
КамАЗ-55111	6×4	22,2	220
КамАЗ-55102	4×2	15,5 (27)	220

## Техническая характеристика грузовых автомобилей

Параметры	Марки автомобилей						
	ГАЗ-66	ГАЗ-52-04	ГАЗ-53А	ЗИЛ-130	КамАЗ-5320	МАЗ-500	УРАЛ-377
1	2	3	4	5	6	7	8
Грузоподъемность, кг	2,0	2,5	4,0	5,0	8,0	7,5	7,5
Максимальная мощность двигателя, кВт	84,6	55,1	84,6	102,9	154,4	132,4	132,4
Частота вращения коленчатого вала двигателя при максимальной мощности, мин <sup>-1</sup>	3200	2900	3200	3100	2600	2100	3200
Кoeff. приспособляемости двигателя	1,12	1,11	1,11	1,15	1,10*	1,09	1,10*
Собственная масса автомобиля, кг	3470	2520	3250	4300	7080	6500	7225
Полная масса, кг	5800	5170	7400	9525	15305	14225	14950
База автомобиля, мм	3300	3700	3700	3800	3690+1320	3850	3525+1400
Координата ц.т. продольная, мм	2030	1740	1750	1800	2340	1850	1800*
Координата ц.т. вертикальная, мм	820	830	820	800	770*	900	910"
Высота пола платформы над землей, мм	1550	1260	1350	1430	1370	1450	1530
Ширина колеи передних колес, мм	1800	1577	1630	1800	2010	1950	2020
Ширина колеи задних колес, мм	1750	1650	1690	1790	1850	1900	2020
Габаритные размеры:							
длина, мм	5805	5708	6395	6675	7435	7250	7611
ширина, мм	2322	2200	2380	2500	2500	2500	2500
высота, мм	2400	2150	2220	2400	3340	2720	2560
Нагрузка (без учета массы груза):							
на переднюю ось, кг	2140	1220	1460	2120	3320	3300	3360
на заднюю ось, кг	1330	1300	1790	2180	3760**	3200	3865**
Площадь лобового сопротивления, м <sup>2</sup>	4,4	3,2	3,6	4,1	5,08	5,0	5,17
Радиус качения колес, мм	470	436	470	480	470*	530	610*

1	2	3	4	5	6	7	8
Момент инерции массы колес, Н·с <sup>2</sup> ·м	7,5	7,5	8,37	13	21,7*	27	29*
Момент инерции массы вращающихся частей двигателя, Н·с <sup>2</sup> ·м	0,28	0,5	0,28	0,62	3,1*	2,4	0,8*
Максимальная скорость, км/ч							
Общие передаточные числа трансмиссии на:							
1-й передаче	44,3	42,7	44,3	48,0	Низш: 46,5 Высш: 37,8	47,6	54,9
2-й передаче	21,05	20,06	21,05	26,4	24,0 19,5	26,1	30,3
3-й передаче	11,69	11,30	11,69	14,8	14,8 12,1	13,8	15,9
4-й передаче	6,83	6,67	6,83	9,5	9,1 7,43	7,73	8,9
5-й передаче	-	-	-	6,45	5,9 4,85	5,46	6,9
Передаточное число главной передачи	6,83	6,67	6,83	6,45	5,94; 7,22 6,53	7,73	8,9

Примечания. \* Приведено ориентировочное значение.

\*\* У автомобилей с колесной формулой 6×4 нагрузка приведена на тележку.

\*\*\* В зависимости от передаточного числа главной передачи (передаточные числа трансмиссии приведены для передаточного числа главной передачи 5,94).

Координаты центра тяжести приведены для собственной массы автомобиля.

Техническая характеристика переднеприводных  
легковых автомобилей

Наименование параметра	ВАЗ-2109	АЗЛК-2141 «Москвич»	АЗЛК-21412 «Алеко»	ЗАЗ-1102 «Таврия»	ВАЗ-1111 «Ока»
1	2	3	4	5	6
Тип кузова	Несущий двухобъемный				
	Пятидверный			Трехдверный	
Количество мест, включая водителя	5	5	5	4 - 5	4
Масса снаряженного автомобиля (собственная масса), кг	915	1070	1080	710	635
Габаритные размеры, мм:					
длина	4006	4350	4350	3708	3200
ширина	1620	1690	1690	1554	1420
высота в ненагруженном состоянии	1402	1400	1400	1410	1400
Минимальный дорожный просвет под нагрузкой, мм	160	165	165	162	150
Наименьший радиус поворота по оси следа внешнего переднего колеса, м	5	5	5	5	4,6
Время разгона с места с переключением передач до 100 км/ч с полной массой автомобиля, с	19	16,7	19,7	20	36
Максимальная скорость движения, км/ч	148	153	145	140	115
Максимальный подъем, преодолеваемый автомобилем с полной массой без разгона на первой передаче, %	34	30	30	36	30

1	2	3	4	5	6
Тормозной путь с полной массой на сухом ровном асфальтированном шоссе со скоростью 80 км/ч на горизонтальном участке, м - при применении рабочей тормозной системы	38	43,2	43,2	43,2	38
		60 (для контура, включающего малые рабочие цилиндры передних колес)			
- при применении запасной тормозной системы (одного из контуров)	85	50 (для контура, включающего большие рабочие цилиндры передних колес)		93,3	85
Расход топлива при городском цикле езды, л/100 км	8,6	9,9	9,8	6,8	6,0
Модель двигателя	BA3-2108	2106-70	331,10	MeM3-245	BA3-1111
Тип двигателя	Четырехтактный, карбюраторный, с верхним расположением распределительного вала и клапанного механизма				
Число и расположение цилиндров	Четыре вертикально в ряд	Четыре в ряд под углом 20° к вертикали	Четыре в ряд под углом 10° к вертикали	Два вертикально в ряд	
Диаметр цилиндра и ход поршня, мм	76×71	79×80	82×70	72×67	76×71
Рабочий объем, л	1,300	1,569	1,478	1,091	0,649
Степень сжатия	9,9	8,5	9,5	9,5	9,9
Номинальная мощность, кВт (л.с.), при частоте вращения коленчатого вала, мин <sup>-1</sup>	47,0 (63,7) при 5600	56,3 (76,4) при 5400	52,9 (72) при 5500	37,5 (51) при 5200-5500	21,5 (29,3) при 5600
Максимальный крутящий момент, Н·м (кг·см), при частоте вращения коленчатого вала, мин <sup>-1</sup>	94,7 (9,6) при 3500	121 (12,4) при 3000	105,8 (10,8) при 3200	78,5 (8,0) при 3000-3500	44,1 (4,51) при 3400

1	2	3	4	5	6
Передаточные числа: коробки передач					
1	3,636	3,308		3,454	3,70
2	1,950	2,050		2,056	2,06
3	1,357	1,367		1,333	1,27
4	0,941	0,946		0,969	0,90
5	0,784	0,732		0,828	-
Задний ход	3,530	3,357		3,358	3,67
Главная передача	3,940	3,900		3,588	4,54

## Приложение 25

## Техническая характеристика заднеприводных и полноприводных легковых автомобилей

Параметры	Марки автомобилей					
	ЗА3-968М	ВА3-2106	АЗЛК-2140	ГАЗ-3102	ВА3-2121	УАЗ-469
1	2	3	4	5	6	7
Пассажироместимость, чел.	4	5	4/5	5	4/5	4/5
Масса багажа, кг	40	50	50	50	120	400
Максимальная мощность двигателя, кВт	30,2	58,8	55,2	77,2	58,8	55,2
Частота вращения коленвала при максимальной мощности, мин <sup>-1</sup>	4200-4400	5400	5800	4750	5400	4000
Масса, кг						
собственная	840	1045	1045	1470	1150	1650
полная	1160	1445	1445	1870	1550	2450
База автомобиля, мм	2160	2424	2400	280	2200	2380
Ширина колеи, мм						
передних колес	1240	1365	1270	1484	1430	1442
задних колес	1226	1321	1270	1423	1400	1453
Габаритные размеры:						
длина, мм	3765	4116	4250	4960	3720	4025
ширина, мм	1570	1611	1550	1846	1680	1785
высота, мм	1400	1440	1480	1476	1640	2050
Нагрузка (без пассажиров), кг:						
на переднюю ось	320	560	560	780	680	890
на заднюю ось	520	485	485	690	470	760

1	2	3	4	5	6	7
Площадь лобового сопротивления, м <sup>2</sup>	1,71*	1,81*	1,79*	2,12*	2,1*	2,85*
Радиус качения колес, мм	290	300	300	336	330	353
Максимальная скорость, км/ч	118	154	142	152	132	100
Общие передаточные числа трансмиссии на:						
1-й передаче	15,67	13,28	13,61	13,65	13,93	22,16**
2-й передаче	8,74	8,12	7,96	8,81	8,56	14,20**
3-й передаче	5,78	5,29	5,19	5,65	5,55	8,50**
4-й передаче	3,96	4,10	3,90	3,90	4,30	5,38**
Передаточное число главной передачи	4,125	4,10	3,90	3,90	4,30	5,38***

Примечания.\* Приведено ориентировочное значение.

\*\* Без учета передаточного числа раздаточной коробки.

\*\*\* С учетом передаточного числа колесного редуктора ( $i_p - 1,94$ ).

## Приложение 26

## Коэффициент снаряженной массы грузовых автомобилей

Марка автомобиля	Коэффициент снаряженной массы
УАЗ-451Д	1,88
ГАЗ-51А	1,085
ГАЗ-53Ф	1,05
ГАЗ-53А	0,813
ЗИЛ-164	0,95
ЗИЛ-130	0,86
Урал-377	0,97
МАЗ-500	0,825
УАЗ-69	3,05
УАЗ-452Д	2,0
ГАЗ-63	1,6
ГАЗ-66	1,75
ЗИЛ-157К	1,23
ЗИЛ-131	1,91
Урал-375Д	1,6
МАЗ-502	1,925
КрАЗ-214	1,76

Показатели обтекаемости автомобилей при нормальных атмосферных условиях ( $T_o = 293 \text{ K}$ ,  $P_o = 101325 \text{ кПа}$ )

Модель автомобиля (автопоезда)	Коэффициент об- текаемости*, $K, \text{H}^2 \cdot \text{м}^{-4}$	Площадь лобового сопротивления, $F, \text{м}^2$	Фактор обтекае- мости, $(kF), \text{H} \cdot \text{с}^2 \cdot \text{м}^{-2}$
1	2	3	4
1. Легковые автомобили			
ЗА3-968	0,30	1,7	0,51
ЗА3-1102	0,23	1,6	0,37
ВА3-2101 (03; 06)	0,33	1,8	0,59
ВА3-2105	0,34	1,8	0,61
ВА3-2108	0,25	1,9	0,48
ВА3-2121	0,24	2,2	0,53
ВА3-2109	0,29	1,89	0,55
ВА3-2110	0,21	1,96	0,41
АЗЛК-412	0,32	1,8	0,58
АЗЛК-2141	0,22	1,9	0,42
ГАЗ-3102	0,23	2,3	0,53
УАЗ-469	0,38	3,4	1,29
2. Грузовые автомобили			
ИЖ-2715	0,32	2,1	0,67
ГАЗ-53	0,61	3,8	2,31
ГАЗ-3305	0,81	4,1	3,32
ГАЗ-4509	0,68	4,5	3,06
ЗИЛ-130	0,54	5,1	2,75
ЗИЛ-4331	0,66	5,2	3,43
ЗИЛ-4331 + борто- вой прицеп	1,00	5,9	5,90
ЗИЛ-431410	0,53	5,1	2,70
ЗИЛ-131	0,64	5,4	3,46
МАЗ-500А (крытый тентом)	0,45	8,5	3,83
МАЗ-5335	0,46	5,4	2,50
МАЗ-500А	0,64	6,0	3,84
МАЗ-516 (крытый тентом)	0,49	8,5	4,16
МАЗ-5336	0,67	8,4	5,63
МАЗ-5336+887 (с тентом)	0,79	8,3	6,56
МАЗ-6422+9491	1,04	9,0	9,36
КамАЗ-5320	0,68	6,9	4,69
КамАЗ-5511	1,04	6,0	6,24

1	2	3	4
КамАЗ-5410+9370	0,87	7,9	6,87
КамАЗ-5410+9491	1,04	9,0	9,36
Урал-375Д	0,71	6,2	4,40
КрАЗ-256	0,59	6,4	3,78
КрАЗ-255Б	0,70	7,1	4,97
КрАЗ-6505	0,98	6,7	6,57
3. Автобусы			
РАФ-2203	0,27	3,6	0,97
КАВЗ-685	0,32	5,9	1,89
ПАЗ-672	0,30	5,3	1,59
ПАЗ-3202	0,39	5,3	2,07
ЛАЗ-695Е	0,25	6,3	1,58
ЛАЗ-695Н	0,38	6,3	2,39
ЛАЗ-699	0,37	6,3	2,33
ЛиАЗ-677	0,46	6,5	3,00

Примечание. \*Коэффициент обтекаемости:  
 легковых автомобилей –  $0,20-0,35 \text{ Н} \cdot \text{с}^2 \cdot \text{м}^{-4}$ ;  
 грузовых автомобилей –  $0,5-0,8 \text{ Н} \cdot \text{с}^2 \cdot \text{м}^{-4}$ ;  
 автопоездов –  $0,55-1,05 \text{ Н} \cdot \text{с}^2 \cdot \text{м}^{-4}$ ;  
 автобусов –  $0,25-0,50 \text{ Н} \cdot \text{с}^2 \cdot \text{м}^{-4}$ .

## Приложение 28

Средние значения коэффициента сопротивления воздуха  
по типам автомобилей

Тип автомобиля	Коэффициент сопротивления воздуха
Легковые автомобили:	
с открытым кузовом	0,040-0,050
с закрытым кузовом	0,020-0,035
высокой обтекаемости	0,015-0,020
Грузовые автомобили	0,060-0,070

Приложение 29

Показатели динамических характеристик автомобилей

Модель АТС	Максим. скорость, км/ч, $V_{max}$	Коэфф. суммарн. сопротивл. дороги при $V_{max}$ $\psi_{max}$	Максим. динамич. фактор при $V_{max}$	Критическая скорость, км/ч, $V_K$	Максим. динамич. фактор, $D_{max}$	Скорость движения при $D_{max}$ , км/ч
Легковые						
ЗАЗ-966	120	0,024	0,08	50	0,37	17
ВАЗ-2101	140	0,025	0,065	60	0,3	22
Москвич-412	140	0,037	0,07	60	0,35	23
Волга-М-24	145	0,025	0,10	65	0,4	20
Грузовые						
УАЗ-451Д	95	0,032	0,067	60	0,26	20
ГАЗ-53А	85	0,022	0,045	58	0,34	9
ЗИЛ-130	90	0,018	0,043	48	0,36	5
Урал-377*	75	0,017	0,038	45	0,33	6
КамАЗ-5320	85	0,015	0,037	50	0,35	6
КрАЗ-257	70	0,02	0,036	43	0,3	6
Зил-131*	80	0,013	0,018	40	0,57	5

Примечание. \* Высшая ступень в раздаточной коробке.

Приложение 30

Коэффициенты сопротивления качению автомобильных шин

Вид опорной поверхности	Состояние опорной поверхности	Коэффициент f
Асфальтобетонное шоссе	хорошее	0,012-0,018
Гравийно-щебеночная дорога	хорошее	0,020-0,025
Бульжная мостовая	хорошее	0,025-0,030
Грунтовая дорога	сухая укатанная	0,025-0,035
	после дождя	0,050-0,150
Песок	сухой	0,150-0,300
	сырой	0,060-0,150
Снег	укатанный	0,030-0,050
	влажный	0,180-0,250
Лед	-	0,015-0,030

Показатели карбюраторных и дизельных двигателей

Марка двигателя	Литраж, л	Тип	Максимальная мощность, кВт	Частота вращения при максимальной мощности, мин <sup>-1</sup>	Максимальный крутящий момент, Н·м	Част. вращ. при макс. моменте, мин <sup>-1</sup>	Коэф. приспособл. по нагрузке, $K_n$	Коэф. приспособл. по частоте, $K_\omega$	Коэффициенты			Удельный расход топлива, г/(кВт ч)	
									<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	Минимальный, $g_e$	При макс. мощности $g_e(N_e)$
MeM3-968	1,197	K4P	29,4	4,3	74,5	2,8	1,14	1,54	0,65	1,5	1,15	327,3	405
BA3-2105	1,295	K4P	50,7	5,6	94,1	3,4	1,09	1,65	0,88	0,69	0,57	299,3	340
4087	1,36	K4P	36,8	4,75	91,2	2,97	1,23	1,6	0,58	2,07	1,65	326,4	390
451M	2,445	K4P	55,2	4	166,7	235	1,26	1,7	0,72	1,83	1,35	312,8	340
ГАЗ-52-04	3,48	K6P	55,2	2,80	205,9	1,5	1,09	1,87	0,97	0,46	0,43	340	360
ЗМЗ-66	4,25	K8V	88,6	3,3	284,4	2,25	1,16	1,47	0,44	2,12	1,56	306	326
ГАЗ-14	5,53	K8V	161,8	4,2	451,1	2,75	1,23	1,53	0,41	2,5	1,91	272	292
ЗИЛ-130	6	K8V	110,3	33	402	1,9	1,22	1,68	0,75	1,59	1,34	321	355
ЗИЛ-375	7	K8V	132,4	3,2	465	1,9	1,18	1,68	0,80	13	1	321	355
КамАЗ-740	10,85	D8V	154	2,6	637	1,7	1,13	1,53	0,68	1,38	1,06	224	244
ЯМЗ-236	11,15	D6V	132,4	2,1	666,7	13	1,107	1,4	0,44	1,87	1,31	223	240
ЯМЗ-238	14,84	D8V	176,5	2,1	882,6	1,5	1,09	1,4	0,48	1,73	1,21	223	240
ЯМЗ-240	22,3	DI2V	264,8	2,1	1274,8	1,5	1,061	1,4	0,68	1,07	0,75	223	240

Примечания. 1. K4P – карбюраторный, четырехцилиндровый, рядный; D6V – дизельный, шестицилиндровый, V-образный. 2. Для остальных марок дизелей можно принять:  $a=0,5$ ;  $b=1,6$ ;  $c=1,1$ .

Приложение 32

Коэффициент сопротивления качению при движении груженых автомобилей по асфальтобетонному покрытию при различных скоростях

Модель автомобиля	Коэффициент сопротивления качению $f_v = f_o + K_f v^2$			
	$f_o$	$K_f \cdot 10^{-6}$	$f_{40}$	$f_{80}$
ГАЗ-3102	0,0104	0,546	0,0112	0,0139
АЗЛК-2140	0,0136	0,23	0,0139	0,0151
ВАЗ-2106	0,0140	0,43	0,0147	0,0168
ГАЗ-53	0,0098	0,31	0,0103	0,0118
ЗИЛ-130	0,0105	0,30	0,0110	0,0124
ЗИЛ-130+ГКБ-187	0,0082	0,57	0,0091	0,0118
КамАЗ-5320	0,0110	0,30	0,0115	0,0129
КамАЗ-5320+ГКБ-8350	0,0100	0,12	0,0102	0,0108
МАЗ-5325	0,0093	1,25	0,0113	0,0173
МАЗ-5325+МАЗ-8926	0,0115	0,30	0,0120	0,0134

Приложение 33

Аэродинамические показатели и размер шин автомобилей

Марки автомобилей	Показатели	
	Коэффициент обтекаемости, $\text{H} \cdot \text{c}^2 \cdot \text{M}^{-4}$	Размер шин, дюйм
1	2	3
ГАЗ-66	0,686	12-18
ГАЗ-52	0,686	7,50-20
ГАЗ-53А	0,686	8,25-20
ЗИЛ-130	0,686	260-508Р (9-20)
КамАЗ-5320	0,686	260-508Р (9-20)
МАЗ-500	0,686	11-20
УРАЛ-377		1100×400-533
ЗИЛ-131	0,882	12-20
ИЖ-2715 (27151)		6,45-13
ЕрАЗ-726В		7-15
УАЗ-451М(452)		8,4-15
УАЗ-51ДМ(452Д)		8,4-15
ЗАЗ-968М «Запорожец»		6,15-13
ВАЗ-2106 «Жигули»	0,245	6,45-13
АЗЛК-2140 «Москвич»		6,45-13

## Окончание прил. 33

1	2	3
ГАЗ-31-02 «Волга»		205/70P14
ВАЗ-2121 «Нива»		6,95-16
УАЗ-469		8,40-15
ВАЗ-2101 «Жигули»	0,245	6,15-13
АЗЛК-412 «Москвич»	0,245	6,45-13
ГАЗ-24 «Волга»	0,206	7,35-14
ГАЗ-21 «Волга»	0,206	6,70-15
ГАЗ-20 «Победа»	0,245	6-16
ГАЗ-13 «Чайка»	0,245	8,20-15

Примечание. Коэффициент обтекаемости легковых автомобилей 0,2-0,3 Н·с<sup>2</sup>·м<sup>-4</sup>, грузовых 0,5-0,7 Н·с<sup>2</sup>·м<sup>-4</sup>.

## Приложение 34

## Сведения о подвесках и шинах грузовых автомобилей

Параметры	ГАЗ-52	ГАЗ-53А	ЗИЛ-130	МАЗ-500А	УАЗ-469	ГАЗ-66	ЗИЛ-131	Урал-375Д
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Передняя подвеска								
Тип*	ЗР	ЗР	ЗР	ЗР	ЗР	ЗР	ЗР	ЗР
Жесткость, кН/м	152,9	180,3	255	398	98	241,1	284,2	323,4
Размер шин, дюйм	220-508	240-508	9,00-20	300-508	8,40-15	12-18	12-20	14-20
Давление в шинах кг/см <sup>2</sup>	3,0	2,8	3,5	5,0	2,0	3,0	3,0	3,2
Жесткость шин, кН/м	951	1000	1260	941	902	784	848	990
Задняя подвеска								
Тип	ЗР	ЗР	ЗР	ЗР	ЗР	ЗР	ЗР	ЗР
Жесткость основных рессор, кН/м	623	706	706	631	175	192	1078	866
Нагрузка, при которой включаются дополнит. рессоры, т	0,98	1,4	1,5	3,285	-	-	-	-

## Окончание прил. 34

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Жесткость дополнит. рес-сор, кН/м	132	158	154	514	-	-	-	-
Жесткость шин, кН/м	2117	2391	3171	1882	1000	784	1500	1960
Давление в шинах, кг/см <sup>2</sup>	4,0	4,5	5,0	5,5	2,5	3,0	4,0	3,2

Примечание. \* Тип подвески; ЗР – зависимая рессорная. Значения показателей приведены для полной массы автомобиля.

## Приложение 35

## Показатели скоростных и разгонных свойств автомобилей

Марка и модель	Максимальная скорость, км/ч	Время разгона, с			Путь выбега (от 60 км/ч), м
		400 м	1000 м	до $v_{зад}^*$	
ЗАЗ-1102	142,5	20	38	18	555
ВАЗ-2105	143	20	38	16,5	480
ВАЗ-2106	150	19,5	37	15	470
ВАЗ-2108	147	20	37	14,5	555
ВАЗ-2109	151	19	36,5	15,5	600
М-2141	155	20	37	15	580
ЗиЛ-130	93	34	63	30,5	910
ЗиЛ-4331	95	35	62,7	29,7	945
КамАЗ-5511	81,5	39,5	71,5	43,5	920
КамАЗ-5320+ КГБ-8350	82	45,5	82	64	800
МАЗ-64221+9386	104,5	39,5	72,5	45	1155
МАЗ-64227+9389	96	38,5	72,5	45	960

Примечание. \* Для легковых – до 100 км/ч; автобусов и грузовых автомобилей – до 60 км/ч.

Время разгона автотранспортных средств  
до нормативной скорости

Модель АТС	Время разгона, с
1. Легковых автомобилей до 100 км/ч	
ЗА3-968	38
ВА3-2103	19
ВА3-2106	17,5
ВА3-2121	25
М-412	19
ГАЗ-24	22
ГАЗ-14	15
ЗИЛ-117	13
2. Грузовых автомобилей, автопоездов и автобусов до 60 км/ч	
УАЗ-4512ДМ	18
ГАЗ-53А	36
ГАЗ-66	28
ЗИЛ-130	38
КамАЗ-5320	42
Урал-375	55
Урал-377	62
КрАЗ-257	55

Распределение массы легковых автомобилей на поддресоренные  
и неподдресоренные части

Параметры	АЗЛК-412 «Москвич»	ГАЗ-21 «Волга»	ГАЗ-24 «Волга»	ГАЗ-13 «Чайка»	ЗИЛ-114	ВА3-2101 «Жигули»
Масса автомобиля, кг:						
без пассажиров	1040	1488	1453	2114	3275	945
с пассажирами	1445	1914	1878	2712	2800	1345
Масса неподдресоренных частей, приходящихся на колеса, кг:						
передние	66	80	80	95	138	58
задние	106	150	150	170	258	92
Масса поддресоренных частей, приходящихся на колеса (без пассажиров), кг:						
передние	489	698	669	1057	1462	457
задние	379	560	554	792	1417	338
Масса поддресоренных частей, приходящихся на колеса (с пассажирами), кг:						
передние	699	874	787	1209	1632	590
задние	574	810	861	1238	1772	605

**Распределение массы грузовых автомобилей па подрессоренные  
и неподрессоренные части**

Параметры	ГАЗ-53А	Зил-130	МАЗ-500А	ГАЗ-66	Зил-131	УРАЛ-375
Масса автомобиля, кг:						
без груза	3250	4300	6600	3470	6630	8400
с грузом	7400	9525	14825	5800	11030	13200
Масса неподрессоренных частей, приходящихся на колеса, кг:						
передние	340	475	710	560	935	1200
задние	730	950	1550	525	1560	1950
Масса подрессоренных частей, приходящихся на колеса (без груза), кг:						
передние	1120	1645	2640	1580	2255	2300
задние	1060	1230	1700	805	1880	2950
Масса подрессоренных частей, приходящихся на колеса (с грузом), кг:						
передние	1480	2100	4115	2170	2695	2700
задние	3800	6000	8450	2545	5120	7350

Варианты задания на курсовой проект студентам заочной формы обучения

Предпоследняя цифра номера зачетной книжки	Последняя цифра номера зачетной книжки	Прототип	Обороты двигателя, н, мин <sup>-1</sup>	Степень сжатия, ε	Тип двигателя	Проанализировать зависимость	Трактор						Автомобиль						
							Прототип	$P_{фр.1}$ , кН	Тип двигателя	$V_{п1}$ , км/ч	Число передач	Агротфон	Автомобиль (прототип)	Грузоподъемность, (т) / кол-во мест	$V_{max}$ , км/ч	К-т сопр. Дороги, f	Угол подъема на прямой передаче	Максимальный угол подъема	КПД трансмиссии
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Четная	1	ВАЗ-2101	5600	7,7	Р-4К	$g_e=f(\alpha)$							ВАЗ-2101	5 ч	135	1,9	30	2,1	0,92
	2	Д-245.2	1950	16	Р-4ДТ	$T_z=f(\epsilon)$	МТЗ-122	20	кол	7,2	5	стерня							
	3	ВАЗ-2105	5550	8,5	Р-4К	$M_e=f(n_n)$							ВАЗ-2105	5 ч	135	2,3	4,9	29	0,9
	4	ЗМЗ-402	4200	8	Р-4К	$g_e=f(\lambda)$							ГАЗ-3110	5 ч	160	2,7	5,7	31	0,91
	5	ЯМЗ-8481.10	1750	14,5	V-8ДТ	$g_e=f(\alpha)$	К-744	65	кол	7,2	5	стерня							
	6	Renault Logan	5500	9,9	Р-4И	$M_e=f(n_n)$							Renault Logan	5 ч	130	3	7	30	0,92
	7	Д-144	1900	16	Р-4ДВ	$T_z=f(\alpha)$	ЛТЗ-55А	9	кол	8	5	целина							
	8	УМЗ-412Э	5700	8,7	Р-4К	$g_e=f(\alpha)$							Москвич-412	5 ч	120	2,5	5,8	29	0,9
	9	ЯМЗ-8481.10	1900	14	V-8ДТ	$M_e=f(n_n)$	К-744Р2	54	кол	6,7	5	целина							
	0	ЗиЛ-130	3050	6,6	V-8К	$M_e=f(n_n)$							ЗиЛ-130	6 т	95	3,3	7,2	34	0,9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Нечетная	1	МЗМА-407	4400	7,3	Р-4К	$P_e=f(n_n)$							Москвич-407	5ч	110	2,8	7,2	29	0,92
	2	ВАЗ-2101	5500	8,7	Р-4К	$g_e=f(\alpha)$							ВАЗ-2101	5 ч	130	2,9	3,2	33,5	0,91
	3	ЗиЛ-645	2800	18,1	V-8ДТ	$T_z=f(\lambda)$							ЗиЛ-433110	5 т	90	3,1	6,5	32	0,85
	4	ВАЗ-2103	5400	8,7	Р-4К	$g_e=f(\alpha)$							ВАЗ-2103	5 ч	120	3,2	6,2	30	0,9
	5	ВАЗ-21214	5600	9,6	Р-4И	$M_e=f(\epsilon)$							ВАЗ-21214	5 ч	100	3,2	7,2	33	0,88
	6	КамАЗ-740	2500	16,1	V-8Д	$P_i=f(\epsilon)$							КамАЗ-5320	14 т	100	2,8	7,4	34	0,85
	7	ВАЗ-2111	5550	8,5	Р-4И	$P_i=f(n_n)$							ВАЗ-2111	5 ч	100	2,7	5,6	28	0,93
	8	Д-65Н	1700	17	Р-4Д	$P_i=f(\eta_v)$	ЮМЗ-6Л	20	кол	6	5	стерня							
	9	ВАЗ-2112	5600	9,2	Р-4И	$g_e=f(\alpha)$							ВАЗ-2112	5 ч	110	2,6	5,8	27	0,93
	0	ЗМЗ-53	3350	6,9	V-8К	$P_e=f(\lambda)$							ГАЗ-53	4 т	82	2,4	3	28	0,91

## Пример оформления реферата

### РЕФЕРАТ

Проект представлен пояснительной запиской и графической частью на двух листах миллиметровой бумаги формата А1. Пояснительная записка содержит \_\_\_ страниц машинописного текста, включает \_\_\_ таблиц, \_\_\_ рисунков и \_\_\_ наименований использованных источников.

Ключевые слова: двигатель, расчет, тепловой, динамический, автомобиль, динамический, трактор, тяговый.

Сокращения, используемые в тексте:

**КПД** - коэффициент полезного действия;

**ДВС** - двигатель внутреннего сгорания;

**ВМТ** - верхняя мертвая точка;

**КП** - коробка передач.

В проекте представлен тепловой и динамический расчет двигателя \_\_\_\_\_ и динамический расчет автомобиля \_\_\_\_\_ (тяговый расчет трактора \_\_\_\_\_). Определены основные габаритные, экономические и динамические показатели двигателя и автомобиля (трактора) в целом с учетом конкретных параметров эксплуатации, отраженных в задании на курсовой проект.

## Пример оформления оглавления

### Оглавление

	стр
Введение.....	2
Оглавление.....	3
Реферат.....	4
1	
1.1	
...	
2	
2.1	
...	
Выводы и предложения.....	31
Список использованной литературы и источников.....	32
Приложения.....	34

Учебное издание

## **КОМПЛЕКСНЫЙ РАСЧЕТ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СРЕДСТВА**

Методические указания для выполнения курсового проекта

**Составители:**

**Быченин Александр Павлович  
Ленивцев Геннадий Александрович  
Володько Олег Станиславович  
Черников Олег Николаевич  
Мусин Рамиль Магданович  
Мингалимов Руслан Рустамович**

Отпечатано с готового оригинал-макета  
Подписано в печать 16.10.2014 Формат 60×84 1/16  
Усл. печ. л. 7,91, печ. л. 8,5.  
Тираж 50. Заказ №227.

Редакционно-издательский центр ФГБОУ ВПО Самарской ГСХА  
446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная 2  
Тел.: (84663) 46-2-47  
Факс 46-6-70  
E-mail: [ssaariz@mail.ru](mailto:ssaariz@mail.ru)