

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Транспортные и технологические машины»

ЭКСПЛУАТАЦИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ, ДОРОЖНЫХ И ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН

*Методические рекомендации к курсовому проектированию
для студентов специальности
1-36 11 01 «Подъемно-транспортные,
строительные, дорожные машины и оборудование
(по направлениям)»
очной и заочной форм обучения*



Могилев 2022

УДК 625.08
ББК 39.9
Э41

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой ТТМ «04» ноября 2022 г., протокол № 4

Составитель канд. техн. наук, доц. А. В. Кулабухов

Рецензент канд. техн. наук, доц. В. В. Кутузов

Методические рекомендации к курсовому проектированию для студентов специальности 1-36 11 01 «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование (по направлениям)» очной и заочной форм обучения.

Учебно-методическое издание

ЭКСПЛУАТАЦИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ, ДОРОЖНЫХ И ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН

Ответственный за выпуск	И. В. Лесковец
Корректор	А. А. Подошевка
Компьютерная верстка	Е. В. Ковалевская

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 36 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 07.03.2019.
Пр-т Мира, 43, 212022, г. Могилев.

© Белорусско-Российский
университет, 2022

Содержание

Введение	4
1 Общие указания к выполнению курсового проекта	6
2 Формирование парков дорожно-строительных машин	10
3 Проектирование предприятий по поддержанию и восстановлению работоспособности СДПТМ	20
4 Выбор эффективных вариантов инженерных решений	42
Список литературы	46

Введение

Перспективы развития Республики Беларусь во многом зависят от использования выгодного геополитического положения «на перекрестке» Европы. Дороги в республике становятся составной частью европейских маршрутов. Это существенно поднимает планку требований к обеспечению качества автомобильных дорог. Для решения этой проблемы необходимо внедрение новых технологий, которые апробированы в странах Западной Европы. Применение новых технологий в строительстве, содержании и ремонте автомобильных дорог в условиях Республики Беларусь возможно при формировании парка машин по номенклатуре и типоразмерам. Технико-экономические и технологические свойства машин и оборудование парка позволяют сделать вывод о целесообразности их применения.

Реализация новых технологий предусматривает использование зарубежной и отечественной техники, рациональная эксплуатация которой определяется выбором топливосмазочных материалов и технических жидкостей. Их взаимосвязь строго регламентируется основой (минеральной, синтетической) и присадками по номенклатуре и количеству.

При производстве строительных работ многие операции могут выполняться разными типоразмерами машин. Современный подход к оценке эффективности применения конкретных машин и (или) комплексов определяется с учетом таких технико-экономических показателей, как производительность, количество рабочего времени, себестоимость машино-часа, себестоимость механизированных работ, себестоимость единицы продукции, прибыль и рациональная область использования отдельных машин, комплектов и комплексов.

Строительные, дорожные и подъемно-транспортные машины и оборудование составляют основу комплексной механизации, автоматизации и роботизации строительного производства. Эффективность контроля во многом определяется правильной технической эксплуатацией. Затраты на поддержание, сохранение и восстановление работоспособности строительно-дорожных машин (СДМ) составляют 25 % себестоимости машиночаса эксплуатации, а за срок службы они в 6–10 раз превосходят стоимость новой при трудоемкости изготовления до 5 % и до 95 % на поддержание и восстановление их работоспособности.

Основная задача технической эксплуатации строительных, дорожных и подъемно-транспортных машин (СДПТМ) – реализация потенциальных возможностей конструкции при наименьших затратах на поддержание работоспособности и минимальных вредных воздействиях на окружающую среду. Для ее решения необходимо изучать закономерности изменения технического состояния СДПТМ под воздействием различных факторов в процессе их эксплуатации, что позволяет управлять работоспособностью машин на научной основе. Правила технической эксплуатации должны предусматривать при этом снижение загрязнения окружающей среды

выхлопными газами и топливосмазочными материалами (ТСМ) при испарении и попадании их в грунт.

В процессе технической эксплуатации важны вопросы управления работоспособностью машин. Управление техническим состоянием машины предусматривает организацию технических обслуживаний (ТО) и ремонтов и ее связь с диагностированием машин; применение ТСМ и запасных частей при научно обоснованном нормировании; совершенствование технологических процессов ТО и ремонтов, включая проектирование предприятий по их технической эксплуатации; информацию об эксплуатационной надежности машин; организацию хранения, подготовку к работе, транспортировку машин на объект и на предприятия по ТО и ремонту.

Использование машин в настоящее время требует более строгой оценки экологических последствий и ожидаемого экономического эффекта. Машин с двигателем внутреннего сгорания (ДВС) являются источником загрязнения атмосферы вредными веществами. За 1 ч работы ДВС может выделить такое количество только оксида углерода, которого достаточно для загрязнения около 10 млн м³ воздуха. Для снижения концентрации вредных составляющих в отработавших газах необходимо эксплуатировать технику в исправном состоянии.

Строительство и восстановление автомобильной дороги являются сложными высокомеханизированными организационно-технологическими процессами с большим количеством единиц техники. Отказ одной машины (особенно ведущей) приводит к снижению эффективности строительного производства.

Для оценки работоспособности машины и обеспечения ее безотказной работы на объекте особое внимание уделяется вопросам диагностирования.

Все инженерные решения по внедрению новых технологий, машин и материалов обосновываются с учетом технико-экономических показателей.

Знание теоретических положений и практические навыки по эксплуатации СДПТМ обеспечивают будущим молодым специалистам возможность проектировать и эффективно использовать машины в строительном производстве.

1 Общие указания к выполнению курсового проекта

1.1 Цели и задачи курсового проектирования

Цель курсового проектирования – овладеть методикой и приобрести практические навыки решения инженерных задач, связанных с эксплуатацией строительных, дорожных, подъемно-транспортных машин и оборудования. Курсовое проектирование способствует закреплению, углублению и обобщению знаний, полученных студентами при изучении дисциплины «Эксплуатация строительных, дорожных и подъемно-транспортных машин».

В процессе курсового проектирования студент должен сделать анализ новых достижений в строительстве и эксплуатации техники, реализовать их в проекте с учетом требований нормативной и технической литературы.

1.2 Содержание и объем выполнения курсового проекта

Курсовой проект выполняется студентами по индивидуальным или комплексным заданиям, оформляется в виде расчетно-пояснительной записки (ПЗ) и графической части.

Расчётно-пояснительная записка включает следующие разделы, которые в зависимости от задания могут меняться:

- 1) введение;
- 2) содержание;
- 3) анализ современных технологий и материалов при строительстве и ремонте автомобильных дорог;
- 4) определение годового объема выполняемых работ;
- 5) выбор технологий и ведущих машин для выполнения годового объема работ;
- 6) расчет производительности машин;
- 7) формирование парка машин;
- 8) разработка годового плана и плана-графика на месяц проведения ТО и ремонтов машин;
- 9) выбор формы и схемы организации проведения ТО и ремонта машин;
- 10) анализ современных технологий и материалов при восстановлении работоспособности машин;
- 11) организация работы ремонтной механической мастерской (РММ): определение объема работ и количества работников, расчет и подбор технологического оборудования отделений, расчет площадей отделений и компоновка производственного корпуса (ПК), расчет бытовых и административных помещений, планирование оборотного фонда сборочных единиц при агрегатном методе ремонта;
- 12) организация заправки машин, выбор топливосмазочных материалов (ТСМ) и расчет их потребности, перебазирование машин;
- 13) разработка генерального плана предприятия механизации с планировкой ПК.

В соответствии с заданием в ПЗ рассматриваются вопросы обоснования и расчеты планировки производственного участка с расстановкой оборудования, проектируемого оборудования или приспособлений для механизации и (или) автоматизации операций ТО, ремонта, диагностирования или подъемно-транспортных средств; разработки с подбором оборудования для технологических пооперационных карт ТО, ремонтов и диагностирования; расчеты для составления годового плана и плана-графика на месяц проведения ТО и ремонтов; обоснования технологических схем грузопотоков; разработки структурно-следственных схем и матриц локализации неисправностей при диагностировании; составления алгоритмов оптимизации эксплуатации СДПТМ и т. д.;

14) технико-экономическое обоснование инженерных решений при организации производственной, технической эксплуатации СДПТМ или выполняемого индивидуального задания;

15) список используемой литературы;

16) приложения.

Объем пояснительной записки проекта составляет 40–50 страниц печатного текста. Графическая часть проекта оформляется на четырех листах формата А1 в соответствии с требованиями ЕСКД и ЕСТД и соответствующих государственных стандартов. При электронном варианте выполнения проекта графическая часть выполняется на листах формата А3 с электронным вариантом и размещается в приложении пояснительной записки. Объем комплексного проекта рассчитывается с учетом количества студентов.

Состав графической части проекта определяется заданием и может включать:

– генеральный план предприятия по поддержанию и восстановлению работоспособности СДПТМ с планировкой производственного корпуса;

– планировку производственного участка по ТО, ремонту, диагностированию или любого другого участка с подбором и расстановкой современного оборудования;

– проектирование оборудования или приспособления для механизации и (или) автоматизации операций ТО, ремонта, диагностирования, подъемно-транспортных работ и т. д.;

– разработку технологических пооперационных карт ТО, ремонта или диагностирования, карт смазки, химмотологических карт, алгоритмов поиска неисправностей, матрицы локализации неисправностей, структурно-следственные схемы диагностирования и т. д.;

– годовой план или план-график на месяц проведения ТО и ремонтов;

– технологические схемы грузопотоков; алгоритмы оптимизации эксплуатации СДПТМ и т. д.

Защита курсового проекта осуществляется перед комиссией. Комплексные проекты защищаются одновременно двумя группами по тождественным заданиям в виде деловых игр. Оценка за проект выставляется индивидуально

каждому студенту с учетом использования новейших достижений при организации производственной и технической эксплуатации машин, а также способности студента грамотно сформулировать вопрос своим коллегам по защите и ответить на встречные вопросы.

1.3 Исходные данные к проекту

1 Условия эксплуатации при возведении земляного полотна: протяженность двух строящихся участков дороги L_0 ; категория дороги k_0 ; дальность транспортировки песка L_n ; коэффициент сопротивления перемещенных машин f ; характеристика грунта C ; относительная влажность грунта W ; расстояние от базы механизации до участка l ; наработка первой машины с начала эксплуатации H ; шаг наработки остальных машин h .

2 Условия эксплуатации при устройстве или ремонте дорожного покрытия: L_0 , k_0 , f , l , H_1 , h_1 , дальность транспортировки щебня L ; дальность транспортировки битума L_b ; дальность транспортировки асфальта L_a .

3 Характеристика дороги. Параметры элементов дороги в зависимости от ее категории в соответствии с СН 3.03.04–2019 принимаются по таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Характеристика дороги

Наименование параметра поперечного профиля	Значение параметра поперечного профиля для категорий дорог					
	I-а	I-б, I-в	II	III	IV	V
1 Число полос движения	4; 6	4; 6	2	2	2	2
2 Ширина полосы движения, м	3,75	3,5	3,5	3,5	3	2,75
3 Ширина проезжей части, м	7,5×2 11,25×2	7×2 10,5×2	7	7	6	5,5
4 Ширина обочины, м, в т. ч.:	3,75	3	3	2,5	2	1,25
укрепленной полосы	–	0,5	0,75	0,5	0,5	–
остановочной полосы	2,5	2,5	–	–	–	–
5 Наименьшая ширина, м	2 + s	2 + s	–	–	–	–
разделительной	0,75	0,5	–	–	–	–
полосы, в т. ч.:						
укрепленной полосы						
6 Ширина дорожного (земляного) полотна, м	24,5 + s 32 + s	22 + s 29 + s	13	12	10	8
7 Интенсивность движения, авт./сут.	30 000 и более	Св. 7000	От 3000 до 7000	От 1000 до 3000	От 100 до 1000	До 100
8 Расчётная скорость, км/ч	Св. 120	120...150	120	100	80	60
<i>Примечание</i> – s – ширина барьерного ограждения, устанавливаемого на разделительной полосе						

Элементы земляного полотна. Верхняя часть (рабочий слой) – материал песок или супесь. Толщина слоя – до 1,5 м (наименьшее возвышение 1,1 м). Коэффициент уплотнения – 1,0–0,98.

Тело насыпи (с откосами). Разрешается использовать грунты и отходы промышленности (шлак).

Дорожные одежды. Для дорог I–IV категорий основные виды покрытий: цементобетонные монолитные, железобетонные сборные, асфальтобетонные.

Асфальтобетонное покрытие на щебеночном основании, выполненное по традиционной технологии, включает:

морозозащитный слой песка.....	1,1...1,5 м;
слой щебня.....	15 см;
слой щебня, обработанный вяжущим.....	8 см;
крупнозернистый асфальтобетон.....	6...7 см;
мелкозернистый асфальтобетон.....	3...5 см.

Большие значения толщины слоя для дорог I и II категорий, меньшие – для дорог III и IV категорий.

В настоящее время в Западной Европе применяется технология тонкослойных асфальтобетонов. Толщина покрытия – от 10 до 20 мм.

Для дорог I и II категорий для верхнего слоя применяют горячие и теплые смеси для плотного асфальтобетона марки I; для дорог III категории – марки II. Для нижнего слоя – горячие и теплые смеси для пористого асфальтобетона марки I для дорог I и II категорий и марки II – для дорог III категории.

Для дорог III и IV категорий допускается для верхнего слоя применение холодных асфальтобетонов типа Б(х) и Т(х); марки I для дорог III категории и марки II – для дорог IV категории.

Современные технологии при ремонте автомобильных дорог. Решить задачи по сохранению и восстановлению работоспособности автомобильных дорог в настоящее время можно при внедрении технологий по регенерации асфальтобетонных покрытий. На их основе технологии тонкослойных асфальтобетонных покрытий, технологии с использованием битумных эмульсий будут превалировать при восстановлении работоспособности автомобильных дорог.

По месту осуществления горячей регенерации различают два метода: регенерация на заводе и на дороге. Регенерация реализуется четырьмя способами: профилировкой, профилировкой с восстановлением слоя износа, профилировкой с изменением структуры покрытия, профилировкой с изменением состава смеси и устройством слоя износа.

Ремонт покрытия дорог с малой интенсивностью движения и оснований с высокой интенсивностью целесообразно производить с использованием холодной регенерации асфальтобетонных покрытий.

При реализации современных технологий строительства, ремонта и содержания дорог необходимо пользоваться техническими кодексами установившейся практики (ТКП) по автомобильным дорогам.

2 Формирование парков дорожно-строительных машин

Обоснование номенклатуры и количества машин в парке для каждой организации производится с учетом принятых технологий, условий их эксплуатации и объема выполняемых работ.

Формирование парка машин производится по объемам работ, выполняемых на трех и более участках по возведению земляного полотна, строительству или (и) ремонту дорожного покрытия.

2.1 Расчет годовых объемов работ

Расчет требуемого количества песка Q_n ; щебня $Q_{ш}$; битума Q_b ; крупнозернистого $Q_{ак}$ и мелкозернистого $Q_{ам}$ асфальтобетона, в зависимости от категории строящейся дороги k_d и ее длины L_d , производится на основании норм расхода материалов на 1 км дороги в соответствии с таблицей 2.1.

Таблица 2.1 – Нормы расхода материалов на 1 км дороги

Наименование материала	Плотность, т/м ³	Категория дороги					
		I		II	III	IV	
		Число полос движения					
		8	6	4	2	2	2
Песок, м ³	1,6...1,7	63,8·10 ³	52,5·10 ³	41,3·10 ³	22,5·10 ³	15,6·10 ³	11,0·10 ³
Щебень, м ³	2,6...2,8	6,92·10 ³	5,19·10 ³	3,46·10 ³	1,73·10 ³	1,61·10 ³	1,38·10 ³
Битум, т	0,8...1,3	705,2	528,9	352,6	176,3	125,3	107,4
Асфальтобетон крупнозернистый, т	2,4...2,5	4,88·10 ³	3,66·10 ³	2,46·10 ³	1,28·10 ³	0,98·10 ³	0,84·10 ³
Асфальтобетон мелкозернистый, т	2,4...2,5	3,48·10 ³	2,61·10 ³	1,74·10 ³	0,87·10 ³	0,49·10 ³	0,42·10 ³

Годовая программа по укладке и уплотнению материалов определяется по длине и ширине строящейся или ремонтируемой дороги, указываемой в задании на курсовой проект.

2.2 Выбор номенклатуры машин

В зависимости от условий эксплуатации и величины годовой программы по видам работ выбирают типы машин.

1 При выполнении землеройно-транспортных работ определяющим фактором является дальность транспортировки грунта. Предельная дальность транспортировки бульдозерами – 0,1 км, прицепными скреперами – 0,5 км, самоходными скреперами – 10 км. При большей дальности транспортировки землеройные работы выполняются экскаваторами или погрузчиками, транспортировка автомобилями-самосвалами соответственно.

Набор грунта самоходным скрепером производится с помощью толкача. При работе экскаваторов и самосвалов в комплект машин включается бульдозер для планировочных работ при отсыпке земляного полотна.

Для снижения коэффициента сопротивления перемещению машин f при транспортировке используется автогрейдер, планирующий дорогу.

При выборе комплекта машин необходимо учитывать следующие условия:

- производительность машин должна быть максимальной при полной их загрузке;

- экскаваторами без предварительного рыхления можно разрабатывать грунты до IV категории включительно (число ударов плотномера ДорНИИС до 35);

- разработка грунта скреперами, погрузчиками и автогрейдерами при значении C до 12;

- разработка грунта повышенной влажности и при величине $C < 1$ возможна только экскаваторами;

- вместимость кузова автосамосвала должна превышать вместимость ковша экскаватора в 4–5 раз, а погрузчика – в 2–3 раза;

- тяговые усилия толкача и скрепера в килоньютонах выбираются из условия превышения вместимости ковша скрепера в 25–30 раз;

- если по условиям эксплуатации возможно применение экскаватора и погрузчика, предпочтение отдается погрузчику.

С учетом вышеизложенных рекомендаций и исходных данных, указанных в задании, принять решение о выборе комплекта машин (автоскрепер с толкачом или экскаватор с автосамосвалом), можно, воспользовавшись номограммой [1, рисунок 2.2].

Уплотнение грунта при устройстве земляного полотна дороги производится пневмошинными катками или прицепными кулачковыми катками. Катки подбираются в соответствии с требованиями ТКП 059–2012.

2 При устройстве дорожного покрытия в комплект машин включены: погрузчики для погрузки щебня, автосамосвалы для транспортировки щебня, распределители щебня, катки для уплотнения щебня, автогудронаторы для транспортировки и разлива битума, автосамосвалы для транспортировки асфальтобетона, асфальтоукладчики для укладки и самоходные катки для уплотнения асфальтобетона.

3 При ремонте дорожного покрытия комплект машин принимается в зависимости от технологии выполняемых работ и расстояния от участка до асфальтобетонного завода.

При ремонте методом укладки дополнительных слоев асфальтобетона в комплект машин включены: автогудронаторы для транспортировки и разлива битума, автосамосвалы для транспортировки асфальтобетона, асфальтоукладчики, катки для уплотнения асфальтобетона.

При регенерации асфальтобетона на заводе в комплект машин включены: асфальтоукладчик, катки, автосамосвалы и холодная фреза.

Горячая регенерация асфальтобетонного покрытия на рабочей площадке производится с помощью ремиксера с традиционным методом уплотнения катками. Для дополнительной доставки асфальтобетона и других строительных материалов используются автосамосвалы.

Холодная регенерация твердого покрытия предусматривает использование цемента и битумной эмульсии в качестве вяжущего. Для выполнения работ формируется комплект машин в следующем составе: холодная фреза, автотранспорт с минеральными материалами, рисайклер, автотранспорт с цементом, водой и эмульсией. Окончательное уплотнение уложенного рисайклером слоя осуществляется по традиционной технологии.

2.3 Режимы работы строительных и дорожных машин

Режим работы машины отражает степень ее загрузки за рассматриваемый период по времени и мощности.

Рабочий режим СДМ по времени устанавливает распределение рассматриваемого календарного периода на время, в течение которого машина выполняет свои основные или дополнительные функции, имеет перерывы в работе для ТО и ремонта, перебазировается с одного объекта на другой, простаивает по организационным причинам и метеорологическим условиям.

На основе разработанных режимов выявляется степень использования, производительность машин и комплексов машин. Для установления норм производительности машин наиболее важными являются режимы применительно к рабочей смене и году.

Определение годового количества рабочего времени T_q отдельной машины следует производить с учетом показателей надежности и времени проведения капитального ремонта. Это связано с тем, что в процессе увеличения наработки с начала эксплуатации возрастает количество отказов, и капитальный ремонт отдельной машины проводится один раз в 2–6 лет.

С учетом комплексного показателя надежности $K_{m.u}$ время работы машины в течение заданного периода может быть определено по формуле

$$T_q = (D_k - D_n) \cdot K_{m.u} \cdot t_{cm} \cdot K_{cm}.$$

Сумма дней перерывов в работе машины по всем причинам, кроме перерывов для технического обслуживания и текущих ремонтов, определяется по формуле

$$D_n = D_{вых} + D_{пб} + D_m + D_n + D_{к.р.},$$

где $D_{вых}$ – количество праздничных и выходных суток за год;

$D_{пб}$ – сутки, затрачиваемые на перебазировку машины в течение года;

D_m – простои по метеорологическим условиям (принимаются по данным гидрометеослужбы применительно к конкретной температурной зоне (таблица 2.2), сут;

D_n – непредвиденные перерывы в работе машины, сут;

$D_{к.р.}$ – сутки пребывания машины в капитальном ремонте.

Таблица 2.2 – Распределение дней, неблагоприятных для работы машин во второй климатической зоне

Неблагоприятные климатические условия	Квартал года				Всего за год
	I	II	III	IV	
Скорость ветра более 10 м/с	6,2	4,7	1,9	5,3	18,1
Дождь	0,6	3,9	4,7	1,8	11
Промерзание грунта	90	–	–	61	151
Температура ниже минус 30 °С	–	–	–	–	–
Снегопад	5,2	–	–	2,8	8

При определении перерывов в работе следует учитывать, что для экскаваторов, погрузчиков и бульдозеров неблагоприятными условиями являются дождь, снегопад и низкая температура, а для автогрейдеров, скреперов и катков – еще и промерзание грунта; для кранового оборудования – дождь и ветер силой более 10 м/с. Совпадение дней, неблагоприятных по метеоусловиям с выходными и праздничными днями, учитывается поправочным коэффициентом, равным 0,7–0,8. Время, затрачиваемое на перебазирование машин, определяется на основании рассмотрения фактического использования их на планируемый год, по объектам с учетом расстояния до базы механизации, количества технических обслуживаний и ремонтов, производимых в стационарных мастерских. Средняя продолжительность перебазирования машин составляет 4 %...6 % от общего количества календарных дней без выходных и праздничных дней. Время пребывания машин в капитальном ремонте принимают на основании инструкций по проведению планово-предупредительного ремонта строительных машин. Время на доставку машин в капитальный ремонт и обратно принимается с учетом расстояний между объектами и местом проведения ремонта.

Изменения коэффициента технического использования K_{mi} с начала эксплуатации до капитального ремонта для СДПТМ с достаточной точностью аппроксимируются уравнением

$$K_{mi} = A_1 - A_2 \cdot H,$$

где A_1, A_2 – эмпирические коэффициенты [4];

H – наработка машины с начала эксплуатации, моточас.

Для СДПТМ, по которым отсутствуют значения эмпирических коэффициентов A_1 и A_2 , представленные в [4], коэффициент технического использования K_{mi} определяется по формуле

$$K_{mi} = 0,93 - 0,22 \frac{H}{t},$$

где t – ресурс машины.

2.4 Расчет производительности машин

Эксплуатационная производительность машин определяется по формуле

$$P_{э} = P_m \cdot k_{э},$$

где P_m – техническая производительность;

$k_{э}$ – коэффициент использования машин по времени в течение смены.

Среднечасовая эксплуатационная производительность машины определяется по формуле

$$P_{срч} = P_m \cdot k_m \cdot k_{то} \cdot k_{рем} \cdot k_{орг},$$

где k_m – коэффициент, учитывающий технологическое обслуживание;

$k_{то}$ – коэффициент, учитывающий техническое обслуживание;

$k_{рем}$ – коэффициент, учитывающий простои в ремонте;

$k_{орг}$ – коэффициент, учитывающий простои по организационным причинам и метеоусловиям.

Годовая эксплуатационная производительность машин определяется по формуле

$$P_{эг} = P_{срч} \cdot T_{ч},$$

где $T_{ч}$ – число часов рабочего времени за год, маш.-ч.

2.5 Расчет количества машин для выполнения заданного объема работ

Определив годовую эксплуатационную производительность машин каждого типа $P_{эг}$ и объемы работ, выполняемых в течение года $Q_{г}$, производится предварительный расчет необходимого количества машин каждого типа:

$$N_j = \frac{Q_{г}}{P_{эг,j}}.$$

Так как действительная наработка машин с начала эксплуатации H различна, различным будет и время работы каждой отдельной машины за год из-за различной продолжительности простоев в ТО и ремонтах, причем часть машин потребует капитального ремонта.

В задании на проект указана наработка H , моточас первой машины с начала эксплуатации и шаг наработки h , моточас для остальных машин данного типа.

2.6 Формирование оптимальных комплектов и комплексов машин

Современный подход к оценке эффективности использования СДПТМ предусматривает использование таких технико-экономических показателей,

как производительность, количество рабочего времени, себестоимость машино-часа, себестоимость механизированных работ изменяется в 2,5–3 раза, что важно учитывать при планировании и организации эксплуатации СДПТМ.

Объемы работ по восстановлению работоспособности автомобильных дорог ежегодно увеличиваются. Для их реализации необходимо иметь мощный парк СДМ. Формирование такого парка связано с необходимостью в приобретении дорогостоящей техники, которая производится зачастую за рубежом. В связи с этим возникает вопрос рационального расходования денежных средств на закупку машин с перспективой прибыльной эксплуатации приобретенной техники [1]. Результатами эффективной работы парков СДМ являются обеспечение высокого качества продукции, экономия используемых материалов, выполнение основных принципов и условий комплектования машин и в совокупности – получение прибыли.

Организация строительного производства предусматривает выполнение основных принципов условий комплектования машин.

1 Принцип соответствия технических характеристик машин и объекта с учетом обеспечения технологического процесса.

2 Принцип непрерывности (строительного потока или основных технологических операций).

3 Принцип достаточности производительности для выполнения объемов работ на объекте в заданные сроки и с требуемым темпом.

Требуемый темп выполнения работы I , т (м³/смена, т/смена), определяется по формуле

$$I = \frac{Q_0}{D_0 \cdot K_{см}}$$

где Q_0 – объем работ на объекте, м³ (т);

D_0 – планируемое количество суток выполнения работ на объекте;

$K_{см}$ – планируемый коэффициент смен.

Необходимая эксплуатационная производительность комплекта $П_{эсм}^к$, м³/смена (т/смена), определяется следующим образом:

$$П_{эсм}^к \geq \frac{I \cdot K_{орг-техн}}{K_к},$$

где $K_{орг-техн}$ – коэффициент организационно-технологической надежности производства работ, $K_{орг-техн} = 1,05–1,15$;

$K_к$ – число однотипных комплектов.

Сменная эксплуатационная производительность является первичным показателем для экономического обоснования выбора оптимального комплекта.

4 Принцип согласования комплекта машин по производительности. Производительность ведущей машины $П_в$ должна быть равной или превышать до 10 % производительность комплектующих $П_к$.

Согласование зависит от структурных схем:

– при последовательной схеме

$$\Pi_B \leq \Pi_{\kappa 1} \leq \Pi_{\kappa 2} \leq \Pi_{\kappa};$$

– при параллельной схеме

$$\Pi_B \leq \sum_{i=1}^m \Pi_{\kappa i},$$

где m – число комплектов машин;

– при смешанной схеме

$$\Pi_B \leq \sum_{i=1}^m \Pi_{\kappa i} \leq \Pi_{\kappa 1} \leq \Pi_{\kappa 2}.$$

5 Принцип согласованности рабочего времени в течение года T_q и продолжительности выполнения работ на участках

$$\sum_{i=1}^n T_i \leq T_q,$$

где T_i – продолжительность выполнения работ на i -м участке;

n – количество участков.

Исходя из основных принципов и условий комплектования машин могут формироваться в общем количестве B , парки СДМ p , которые работают как по традиционным, так и по современным технологиям. Их реализация возможна комплексами СДМ 1 в общем количестве M для парка, включающими комплекты СДМ f в общем количестве K для комплекса, которые формируются из типов машин различного функционального назначения j при их количестве T в данном комплекте и состоят из машин и других средств механизации i в количестве N одного типа.

Положив в основу формализацию получаемой прибыли от эксплуатации каждой машины, входящей в парк СДМ, можно математически отразить эффективность использования парка с учетом приведения расчетов к одному часу эксплуатации конкретной машины:

$$\Pi = \max \left[\sum_{p=1}^M \sum_{\ell=1}^B \sum_{f=1}^K \sum_{j=1}^T \sum_{i=1}^N \Pi_{p\ell f j i} \right],$$

где $\Pi_{p\ell f j i}$ – прибыль, полученная от работы i -й машины j -го типа f -го комплекта 1-го комплекса p -го парка за рассматриваемый период времени, р.

Прибыль как финансовый результат от эксплуатации каждой машины представляет собой разность между полученной выручкой и стоимостью проведения работ с учетом стоимости материалов:

$$\Pi_{p\ell f j i} = (C_m - C_e^{np}) \cdot \Pi_m \cdot K_n \cdot t \cdot K_{mu},$$

где C_m – выручка за вычетом налогов от выполнения единичного объема работ, р.;

P_m – часовая техническая производительность, ед. работы/ч;

K_n – коэффициент внутрисменного использования рабочего времени;

t – количество рабочего времени СДПТМ с учетом простоев в ТО и ремонтах, кроме капитального, ч;

K_{mi} – коэффициент технического использования СДПТМ;

C_e^{np} – приведенная себестоимость единицы выполненной работы с учетом затрат на материал C_m ; $C_e^{np} = (C_{маш.} + C_m)/(P_m \cdot K_n)$.

Применение высокотехнологичных машин способствует увеличению темпов проведения работ за счет высокой производительности используемой техники и снижению технологических простоев, что способствует получению максимальной прибыли. Применение способов регенерации асфальтобетонного покрытия автомобильных дорог позволяет экономить материал за счет снятия, последующей переработки и дальнейшего использования существующего дорожного покрытия.

Анализ показал, что в условиях резкого роста цен на строительные материалы существенно увеличивается и стоимость дорожного покрытия. Это связано, в первую очередь, с тем, что затраты на материал (без транспортировки) во много раз превышают затраты на проведение механизированных работ и составляют более 50 % стоимости дорожного покрытия. Снижение потребного количества строительного материала и возможность его экономии будут влиять как на уменьшение затрат на материал, так и на снижение затрат на транспортирование его к месту проведения работ.

В связи с этим возникают предпосылки использования высокотехнологичных машин, связанные с тем фактом, что более высокая стоимость приобретения, ввода в эксплуатацию, затраты на поддержание и восстановление работоспособности и затраты на строительный материал с учетом его экономии в сумме могут быть ниже аналогичных затрат традиционных машин, работающих без экономии материала.

Применение предлагаемой методики позволит оценить эффективность эксплуатации отдельных машин с учетом процесса их старения и формируемых парков для выполнения планируемых объемов работ.

6 Принцип минимального количества машин в комплекте.

При наличии малообъемных работ целесообразно применять универсальные машины с набором сменных рабочих органов.

7 Принцип однотипности и одномарочности машин в комплекте. Использование в комплекте машин одной марки позволяет повысить эффективность их эксплуатации.

8 Принцип резервирования. Резервирование машины увеличивает издержки на механизацию, но позволяет оперативно устранить сбои в работе комплекта.

2.7 Выбор и расчет потребности топлива и смазочных материалов

Экономное расходование ТСМ приобретает в настоящее время первостепенное значение, т. к. расходы на топливо достигают 30 %...40 % от суммы затрат на эксплуатацию машинного парка.

Показателями топливной экономичности машин являются часовой и удельный расход топлива на единицу эффективной мощности или на единицу произведенной продукции.

При оценке расхода топлива по регуляторной характеристике двигателя следует считать рациональным такой режим работы, при котором используется до 90 % мощности.

Необходимо интенсифицировать использование машины по времени, по мощности, сокращать до минимума работу двигателя на холостом ходу и сокращать потери топлива при заправке машин.

При определении потребности ТСМ по парку машин расчёты можно выполнять в соответствии с требованиями, представленными в сборнике норм расхода топлива и смазочных материалов для механических транспортных средств в Республике Беларусь [19] либо по методике, представленной ниже.

Средний часовой расход топлива двигателем с учетом степени его загрузки можно определить по формуле

$$G_{\text{ч}} = 1,03 \cdot G_{\text{ном}} \cdot [k_{\text{дв}} \cdot (k_{\text{дм}} \cdot k_{\text{N}} - k_{\text{x}}) + k_{\text{x}}] \cdot k_{\text{и}},$$

где 1,03 – коэффициент, учитывающий расход топлива в период запуска и регулировки;

$G_{\text{ном}}$ – часовой расход топлива на номинальном режиме работы двигателя;

$k_{\text{дв}}$ – коэффициент использования двигателя по времени (принимается 0,6–0,8);

$k_{\text{дм}}$ – то же по мощности (принимается 0,4–0,9);

k_{N} – коэффициент, учитывающий изменение расхода топлива в зависимости от степени использования двигателя по мощности (принимается 1,0–1,25);

k_{x} – коэффициент, учитывающий расход топлива при работе двигателя на холостом ходу (принимается 0,25);

$k_{\text{и}}$ – коэффициент, учитывающий расход топлива при работе двигателя на холостом ходу (принимается в пределах 0–0,25).

Часовой расход топлива $G_{\text{ном}}$, кг/ч, на номинальном режиме определяется по формуле

$$G_{\text{ном}} = N_e \cdot g_e \cdot 10^{-3},$$

где N_e – эффективная мощность двигателя, кВт;

g_e – удельный расход топлива (для двигателей с искровым зажиганием $g_e = 300 \dots 340$ г/(кВт·ч), для дизельных $g_e = 225 \dots 240$ г/(кВт·ч)).

Величина коэффициента $k_{\text{дв}}$ для различных СДМ может быть принята для автогрейдера 0,65–0,7; автосамосвала 0,6–0,8; автоскрепера 0,7–0,75; асфальтоукладчика и распределителя материалов 0,7–0,8; бульдозера 0,8; катков

пневмошинных 0,6–0,7; катков самоходных статического действия 0,5–0,6; погрузчиков 0,8; экскаваторов 0,7–0,8.

Расход топлива для пусковых двигателей принимается в пределах 3 % от расхода основных двигателей СДМ.

Определив среднечасовой расход топлива для машин всех типов и учитывая продолжительность их работы в течение года в часах, определяют годовую потребность в топливе для машин парка.

Для обеспечения топливом вспомогательных машин базы потребность увеличивается на 8 %...10 %. Для климатических условий Республики Беларусь принимается 60 % летнего и 40 % зимнего дизельного топлива.

Необходимое количество топливозаправщиков зависит от их вместимости и от расстояния от нефтебазы до участков выполнения работ.

Расстояние от нефтебазы принимается студентом для выполнения курсового проекта, равное расстоянию от базы до участка. Производительность топливозаправщика определяется по формуле

$$P_3 = \frac{60 \cdot q_m}{t_3 + \frac{60 \cdot l}{V_1} + \frac{60 \cdot l}{V_2} + t_2},$$

где q_m – грузоподъемность заправщика, т;

t_3 – время заправки на нефтебазе, $t_3 = 0,5 \dots 0,8$ ч;

l – расстояние от нефтебазы до участка работ, км;

V_1 и V_2 – средние скорости движения заправщика с топливом и порожнего соответственно, $V_1 = 40 \dots 50$ км/ч; $V_2 = 60 \dots 70$ км/ч;

t_2 – время заправки СДМ на участке (в зависимости от количества машин $t_2 = 1 \dots 2$ ч).

Расход смазочных материалов определяется в процентах от расхода топлива:

моторное масло для двигателей с искровым зажиганием.....	2 %...3,5 %;
моторное масло для дизельных двигателей.....	5 %...5,5 %;
трансмиссионные масла.....	0,7 %...1,4 %;
гидравлические масла.....	1 %...1,5 %;
пластичные смазки.....	0,2 %...0,3 %.

Расход в килограммах рабочих жидкостей для гидросистем СДМ планируется на 1 ч работы машины в следующих пределах: автогрейдеры, бульдозеры, погрузчики 0,01...0,04 кг/ч; экскаваторы одноковшовые 0,07...0,09 кг/ч; асфальтоукладчики и распределители материала 0,10...0,14 кг/ч; автоскреперы 0,4...0,6 кг/ч.

В производственных условиях расход топливосмазочных материалов (ТСМ) для мобильных машин, выполняющих транспортные операции, включает три составляющих: базовую (линейную) форму расхода на 100 км пробега; дополнительную норму на 100 т · км транспортной работы; дополнительную норму на езду с грузом.

3 Проектирование предприятий по поддержанию и восстановлению работоспособности СДПТМ

3.1 Исходные данные для проектирования

Исходными данными при проектировании предприятия являются: основные и вспомогательные машины сформированного парка, режимы их работы, ТО и ремонта; основная характеристика проектируемого предприятия (назначение и мощность предприятия, расположение его относительно городских тепловых и энергетических коммуникаций, мероприятия по охране окружающей среды); основные решения по технологии производства (основные инженерные решения по внедрению современных технологий и материалов при обслуживании и ремонте машин, степень кооперации при организации агрегатного метода ремонта); основные строительные решения (количество зданий и сооружений, размещение их на участке, решения по благоустройству и озеленению).

Планирование и организация поддержания и восстановления работоспособности СДПТМ являются одним из важнейших условий эффективности их эксплуатации. Проведение ТО и ремонтов машин в кратчайшие сроки с высоким качеством и минимальной стоимостью обеспечивается соответствующей материально-технической базой и кадровым потенциалом.

Агрегатный метод ремонта СДПТМ позволяет снизить стоимость ремонта до 30 %, сократить продолжительность простоев в 2–3 раза и значительно улучшить качество ремонтов.

Увеличивающийся парк СДПТМ в Республике Беларусь требует создания специализированных предприятий по капитальному ремонту агрегатов и сборочных единиц.

3.2 Планирование ТО и ремонтов машин

В организациях по поддержанию и восстановлению работоспособности система технических обслуживаний и ремонтов реализуется через годовые планы и план-графики на месяц проведения ТО и ремонтов для всего парка машин. Годовой план утверждается главным инженером или главным механиком вышестоящей организации и является основанием для расчета потребности в материальных, трудовых и энергетических ресурсах при разработке производственных планов.

Годовым планом определяется число планируемых ТО и ремонтов каждой машины. Исходными данными для разработки годового плана являются фактическая наработка с начала эксплуатации для каждой машины, а также регламентированная периодичность выполнения ТО и ремонтов.

В годовом плане определяется количество ТО и ремонтов в год, а также месяц постановки на капитальный ремонт машин, выработавших плановый

ресурс. В планах-графиках на месяц указываются даты выполнения ТО и ремонтов, а также продолжительность пребывания в них по дням для каждой машины.

Годовой план и план-график на месяц составляются в соответствии с требованиями ДМД 02191.7.008-2009 *Рекомендации по совершенствованию технического обслуживания и ремонта дорожно-строительных машин с учётом целесообразности их эксплуатации на любом этапе с начала использования* [4].

3.3 Определение годовой трудоёмкости ТО и ремонтов

Объём работ по ТО и ремонту для расчетного парка машин определяют исходя из трудоёмкости выполняемых работ по каждому мероприятию:

$$T_{\text{тор}}^{\text{сум}} = \sum_{i=1}^d \sum_{j=1}^M \sum_{\ell=1}^N T_{\varepsilon_{ij\ell}},$$

где d – количество мероприятий по обслуживанию и ремонту машин;

M – количество марок машин;

N – количество машин одной марки;

$T_{\varepsilon_{ij\ell}}$ – годовая трудоёмкость i -го мероприятия для машин j -й марки,

$$T_{\varepsilon_{ij\ell}} = T_i K_{\text{тор}_i};$$

T_i – трудоёмкость i -го мероприятия;

$K_{\text{тор}_i}$ – количество i -х мероприятий за год.

Трудоёмкость ТО и ремонтов целесообразно определить и отдельно по формулам:

$$T_{\text{тор}}^{\text{сум}} = T_{\varepsilon_{\text{ТО}}} + T_{\varepsilon_{\text{ТР}}} + T_{\varepsilon_{\text{КР}}} + 2 \cdot T_{\text{СО}};$$

$$T_{\varepsilon_{\text{ТО}}} = \sum_{i=1}^M \sum_{\ell=1}^N (T_{\text{ТО-1}} \cdot K_{\text{ТО-1}} + T_{\text{ТО-2}} \cdot K_{\text{ТО-2}} + 2 \cdot T_{\text{СО}})_{i\ell};$$

$$T_{\varepsilon_{\text{ТР}}} = \sum_{i=1}^M \sum_{\ell=1}^N (T_{\text{ТР}} \cdot K_{\text{ТР}})_{i\ell};$$

$$T_{\varepsilon_{\text{КР}}} = \sum_{i=1}^M \sum_{\ell=1}^N T_{\text{ТР}i\ell},$$

где $T_{\text{ТО-1}}$; $T_{\text{ТО-2}}$; $T_{\text{ТР}}$; $T_{\text{КР}}$ – трудоёмкости проведения ТО-1; ТО-2; СО; ТР; КР соответственно;

$K_{\text{ТО-1}}$; $K_{\text{ТО-2}}$; $K_{\text{ТР}}$ – количество мероприятий за год в соответствии с годовым планом ТО и ремонтов.

Годовой объём работ служит основанием для расчета потребности предприятия в производственных рабочих, технологическом оборудовании, производственных площадях и передвижных мастерских. Для определения

количества рабочих необходимой квалификации, оборудования и площадей по участкам необходимо общую трудоемкость распределить по видам работ.

ТО и ремонты СДМ производятся в производственных корпусах и передвижных мастерских.

3.4 Организация ТО и ремонтов машин

Место и способ выполнения ТО и ремонтов зависят от вида и сложности технического воздействия и удаленности места работы машин от базы. В зависимости от состава парка машин, их количества и условий эксплуатации ТО и ремонты могут выполняться индивидуальным, групповым, участковым или агрегатно-участковым методами. Ремонт, выполняемый в полевых или стационарных условиях агрегатным методом, значительно сокращает время простоя машины в ремонте.

Для машин, возвращающихся в конце рабочего дня на базу, ТО и ремонты производятся в ремонтных мастерских базы.

Для машин на пневмоколесном ходу при удаленности от базы до 10 км ТО и ремонты рекомендуется проводить в стационарных условиях.

Для машин на гусеничном ходу транспортировка в мастерские базы производится на трейлерах.

При выполнении ТО и ремонтов в полевых условиях отпадает необходимость в транспортировании машин на базу, т. к. обслуживание и ремонт выполняются передвижными ремонтными мастерскими (ПРМ). В курсовом проекте полученная годовая трудоемкость ТО и текущих ремонтов $T_{\text{тор}}$ для всех машин распределяется по месту выполнения между ремонтно-механическими мастерскими базы и ПРМ. Исходя из опыта эксплуатации СДМ, можно считать, что примерно 30 %...40 % технических обслуживаний, 60 % текущих ремонтов и до 25 % капитальных ремонтов выполняются в ремонтных мастерских базы, а 60 %...70 % технических обслуживаний и 40 % текущих ремонтов – в полевых условиях ремонтно-механическими мастерскими.

В зависимости от состава парка машин и удаленности участка производства работ от базы эти цифры могут студентом корректироваться. Для мобильных машин целесообразно ТО и ремонты планировать в ремонтно-механических мастерских.

3.5 Расчет количества передвижных ремонтных мастерских

Целесообразность использования ремонтно-механических мастерских зависит от удаленности места работ от базы.

По рекомендациям устоявшейся практики предельное расстояние для обслуживания машин с помощью ПРМ определяется зависимостью

$$l_{np} = 0,5 \cdot \left(\frac{t_{cm}}{2} - t_{nod} \right) \cdot V,$$

где t_{cm} – продолжительность смены для рабочих ПРМ, $t_{cm} = 8$ ч ;

t_{nod} – время подготовки к работе, $t_{nod} = 1 \dots 2$ ч;

V – скорость передвижения мастерских, км/ч.

Средняя техническая скорость движения ПРМ в зависимости от дорожных условий определяется по формуле

$$V = 26 - 62 \cdot f + 0,34 \cdot f^{-1},$$

где f – коэффициент сопротивления перемещению (можно принимать $f = 0,02 \dots 0,04$).

Необходимое количество ПРМ определяется по формуле

$$X_m = \frac{k_{mto} \cdot T_{кто} + k_{mtr} \cdot T_{ктр}}{\Phi_{зм} \cdot P_m \cdot k_v},$$

где k_{mto} – коэффициент, учитывающий долю работ по ТО, выполняемых ПРМ;

k_{mtr} – коэффициент, учитывающий долю работ по текущим ремонтам, выполняемых ПРМ;

$T_{кто}$ – годовая трудоемкость ТО для всего парка машин;

$T_{ктр}$ – годовая трудоемкость текущего ремонта для всего парка машин;

$\Phi_{зм}$ – номинальный годовой фонд времени мастерской;

P_m – число рабочих в ПРМ (обычно 2–3 чел.);

k_v – коэффициент, учитывающий потери времени на перемещение ПРМ, $k_v = 0,5-0,6$.

Следует учитывать, что водители ПРМ являются слесарями высокой квалификации и принимают участие в работе ПРМ. К работам по ТО и текущему ремонту привлекаются также машинисты, работающие на машинах. Годовой фонд времени мастерской определяется по формуле

$$\Phi_{зм} = (D_k - D_{en}) \cdot t_{см} \cdot k_{см} \cdot k_{ми},$$

где D_k – число календарных дней в году;

D_{en} – число выходных и праздничных дней в году;

$t_{см}$ – продолжительность смены, ч;

$k_{см}$ – коэффициент сменности;

$k_{ми}$ – коэффициент технического использования, $k_{ми} \approx 0,8$.

3.6 Проектирование ремонтно-механических мастерских

Стационарные ремонтно-механические мастерские (РММ) составляют основу предприятия по эксплуатации СДПТМ и имеют в своем составе:

- пост мойки машины;
- пост технической диагностики;
- пост смазки, заправки;
- участки ТО и ремонта СДПТМ и их сборочных единиц;
- участок ремонта сборочных единиц и агрегатов;
- участок сварочных и кузнечно-механических работ;
- механическое отделение;

- отделение регулировки и ремонта топливной аппаратуры;
- отделение диагностики и ремонта пневмо- и гидроприводов;
- отделение диагностики и ремонта силового электропривода;
- отделение диагностики и ремонта низковольтного электрооборудования СДПТМ.

Объем работ по техническому обслуживанию и ремонту основных машин определяется путем исключения из годовой трудоемкости ТО и ремонтов объемов работ, выполняемых ПРМ.

Кроме того, необходимо учесть дополнительные трудозатраты на ремонт технологического и энергетического оборудования РММ, на изготовление нестандартного оборудования и инструмента, а также на ТО и ремонт вспомогательных машин. В целом трудоемкость этих работ в курсовом проекте можно принять равной 30 %...35 % от общей годовой трудоемкости ТО и ремонта.

В РММ работы по ТО и текущему ремонту могут выполняться на универсальных или специализированных постах. Универсальные посты могут быть тупиковыми или проездными.

Организация работ на специализированных постах предусматривает разделение работ по операциям между 3–5 постами поточной линии.

При выборе метода организации ТО и ТР основными критериями являются ритм производства и такт поста.

Ритм производства – интервал времени (в часах) между выпуском двух последовательно обслуживаемых или ремонтируемых машин:

$$R = \frac{t_{\text{сут}}}{N_{\text{сут}}},$$

где $t_{\text{сут}}$ – суточный фонд времени, ч;

$N_{\text{сут}}$ – количество машин, проходящих ТО или ТР за сутки.

$$t_{\text{сут}} = t_{\text{см}} \cdot k_{\text{см}},$$

где $t_{\text{см}}$ – продолжительность смены, $t_{\text{см}} = 8$ ч;

$k_{\text{см}}$ – коэффициент сменности, $k_{\text{см}} = 1-2$.

Такт поста – длительность (в часах) пребывания машины на посту:

$$\tau = \frac{t_{\text{мор}}}{P_n},$$

где $t_{\text{мор}}$ – объем работ по ТО или ТР одной машины, ч;

P_n – количество рабочих, работающих на посту.

Можно принимать P_n равным: на постах ТО-1 – 2–3 чел.; на постах ТО-2 – 3–4 чел.; на постах ТР – 2–3 чел.

Если выполняется неравенство $\tau \geq 3R$, то следует проектировать поточную линию; если $\tau \leq R$ – выполнение ТО и ТР машин планируется на универсальных постах.

3.6.1 Определение годовой трудоемкости работ, выполняемых в РММ. Годовая трудоемкость работ включает в себя работы по ТО и ремонту основных машин, выполняемые РММ, и работы по самообслуживанию мастерских по ТО и ремонту и вспомогательных машин:

$$T_{грмм} = (k_{то} \cdot T_{это} + k_{тр} \cdot T_{этр} + k_{кр} \cdot T_{экр}) \cdot k_{сам},$$

где $k_{то}$ – коэффициент, учитывающий долю работ по ТО, выполняемых в РММ;
 $k_{тр}$ – коэффициент, учитывающий долю работ по текущему ремонту, выполняемых в РММ;

$k_{кр}$ – то же по капитальному ремонту (в проекте можно принимать 0,25–0,75 в зависимости от проведения КР сборочных единиц на специализированных предприятиях);

$T_{это}, T_{этр}, T_{экр}$ – годовая трудоемкость ТО, текущих и капитальных ремонтов для всех марок машин соответственно;

$k_{сам}$ – коэффициент, учитывающий трудозатраты на ремонт технологического оборудования и ТО и ремонт вспомогательных машин (в проекте можно принимать $k_{сам} = 1,3–1,35$).

Годовой объем работ $T_{грмм}$, выполняемых в РММ, служит основанием для расчета потребности рабочих, оборудования и производственных площадей.

3.6.2 Определение фондов времени и численности основных производственных рабочих. Номинальный годовой фонд времени рабочего определяется по формуле

$$\Phi_{нр} = (D_k - D_{вн}) \cdot t_{см} - D_{пн} \cdot (t_{см} - t'_{см}),$$

где $D_k, D_{вн}, D_{пн}$ – количество календарных, выходных и праздничных, а также предпраздничных дней соответственно;

$t'_{см}$ – продолжительность смены в предпраздничные дни, ч.

Действительный годовой фонд времени рабочего определяется по формуле

$$\Phi_{др} = (\Phi_{нр} - D_{от} \cdot t''_{см}) \cdot \eta_p,$$

где $D_{от}$ – количество дней отпуска (таблица 3.1);

$t''_{см}$ – продолжительность смены при шестидневной рабочей неделе (в дни отпуска входят и субботы), ч;

η_p – коэффициент, учитывающий потери времени по уважительным причинам, $\eta_p = 0,96$.

Таблица 3.1 – Продолжительность отпуска и фонд времени в зависимости от вида работ

Вид работ	Продолжительность отпуска O_m , дн.	Действительный годовой фонд времени, $\Phi_{др}$, ч	Номинальный годовой фонд времени, $\Phi_{нр}$, ч
Аккумуляторные, медницкие, сварочные, кузнечно-рессорные, малярные	24	1879	2096
Топливные, вулканизационные, слесарно-механические (работа с абразивным инструментом)	18	1921	2096
Разборочно-сборочные, агрегатные, шиномонтажные, жестяницкие, арматурные, кузовные, слесарно-механические, обойные, моечные, смазочные, контрольно-регулирующие, электротехнические	15	1942	2096

Номинальный годовой фонд времени используется при расчете явочного количества рабочих

$$P_{яв} = \frac{T_{зрмм}}{\Phi_{нр}}$$

Действительный годовой фонд времени используется при расчете списочного количества рабочих:

$$P_{сп} = \frac{T_{зррм}}{\Phi_{др}}$$

Годовой фонд времени рабочего места

$$\Phi_{рм} = \Phi_{нр} \cdot k_{см},$$

где $k_{см}$ – количество смен.

Годовой фонд времени рабочего поста

$$\Phi_{рп} = \Phi_{нр} \cdot k_{см} \cdot P_n \cdot \eta_{\epsilon},$$

где P_n – количество рабочих на посту;

η_{ϵ} – коэффициент загрузки поста (при ТО-1 $\eta_{\epsilon} = 1$; при ТО-2 $\eta_{\epsilon} = 0,85-0,95$).

Годовой фонд времени оборудования

$$\Phi_{об} = \Phi_{пр} \cdot k_{см} \cdot \eta_n^u,$$

где η_n^u – коэффициент использования оборудования, $\eta_n^u = 0,8–0,9$.

3.6.3 *Распределение трудоемкости ТО и текущего ремонта по видам работ.* Примерное распределение трудоемкости ТО и ТР по видам работ может быть принято по таблицам 3.2–3.5.

Таблица 3.2 – Распределение трудоемкости ТО по видам работ (для колесных машин)

В процентах

Вид работ	Экскаватор	Автогрейдер	Каток пневмошинный	Погрузчик	Автосамосвал	Автокран	Автоскрепер
Внешний уход	5	4	4	4	3	3	3
Контроль и диагностика	20	19	21	18	26	18	18
Смазочные	14	15	18	13	13	13	15
Крепежные	14	16	20	15	15	12	14
Регулировочные	4	5	6	4	4	4	4
Электротехнические	4	4	5	5	4	3	8
Аккумуляторные	2	2	2	5	4	4	6
Ремонт системы питания	8	8	10	7	10	8	7
Шиномонтажные	6	7	3	7	10	9	6
Станочные	8	7	7	9	2	10	5
Пневмогидроаппаратура	15	14	4	13	7	16	16

Таблица 3.3 – Распределение трудоемкости ТО по видам работ (для гусеничных машин)

В процентах

Вид работ	Экскаватор	Трактор	Бульдозер	Асфальтоукладчик
Внешний уход	2	4	4	4
Контрольные и диагностические	21	24	20	18
Смазочные	16	19	17	18
Крепежные	18	22	22	19
Регулировочные	5	7	6	6
Электротехнические	5	5	4	5
Ремонт системы питания	2	10	9	8
Станочные	10	9	8	10
Пневмогидроаппаратура	15	–	10	12

Таблица 3.4 – Распределение трудоемкости текущего ремонта по видам работ (для колесных машин)

В процентах

Вид работ	Экскаватор	Автогрейдер	Каток пневмошинный	Погрузчик	Автосамосвал	Автокран	Автоскрепер
Крепежные	4	3	4	4	8	4	5
Регулировочные	2	3	3	2	3	3	4
Разборочно-сборочные	27	23	25	24	25	26	26
Ремонт агрегатов	18	19	24	18	20	18	17
Электротехнические	7	7	6	5	6	7	7
Аккумуляторные	–	–	–	2	2	2	3
Ремонт системы питания	4	4	4	3	3	3	3
Шиномонтажные	1	1	5	2	1	1	1
Вулканизация камер	1	1	–	1	1	1	1
Ремонт пневмогидроаппаратуры	10	11	5	9	5	10	11
Медницкие	2	2	2	3	3	2	2
Жестяницкие	1	2	1	1	2	1	1
Сварочные	4	3	1	2	3	2	4
Станочные	12	14	15	12	9	12	8
Столярные	1	1	–	4	1	1	1
Кабиноарматурные	1	1	1	1	1	1	1
Обойные	1	1	1	1	1	1	1
Малярные	1	1	1	3	3	3	2

Таблица 3.5 – Распределение трудоемкости текущего ремонта по видам работ (для гусеничных машин)

В процентах

Вид работ	Экскаватор	Трактор	Бульдозер	Асфальтоукладчик
Крепежные	4	4	4	3
Регулировочные	4	4	4	5
Разборочно-сборочные	27	30	28	27
Ремонт агрегатов	18	20	18	20
Электротехнические	7	8	7	5
Ремонт системы питания	4	5	4	3
Медницкие	2	2	2	2
Жестяницкие	1	2	2	2
Сварочные	4	4	4	3
Кузнечно-рессорные	2	3	2	2
Станочные	13	13	11	11
Столярные	1	1	1	1
Кабиноарматурные	1	1	1	1
Обойные	1	1	1	1
Малярные	1	2	2	2
Ремонт пневмогидроаппаратуры	10	–	9	12

3.6.4 Распределение трудоемкости капитального ремонта машин по видам работ. В курсовом проекте принимаем, что в условиях РММ выполняется 50 %...75 % трудоемкости капитальных ремонтов машин. Остальные трудоемкости капитальных ремонтов машин выполняются на специализированных заводах по капитальному ремонту сборочных единиц.

Примерное распределение трудоемкости капитального ремонта (за исключением ремонта двигателей) приводится в таблице 3.6.

Расчет штатов базы механизации. Определив общую трудоемкость ТО и ремонтов, выполняемых в РММ, производят распределение ее по видам работ в соответствии с таблицами 3.2–3.6 и определяют численность основных производственных рабочих по производственным участкам и зонам ТО и ремонта.

Штат базы механизации: машинисты дорожных машин; водители самосвалов (если используются самосвалы базы); основные производственные рабочие РММ; рабочие ПРМ, включая водителей; вспомогательных рабочих РММ (принимается в пределах 8 %...10 % от числа основных); ИТР (принимается 15 %...20 % от численности основных рабочих); служащие (принимается 8 %...10 % от численности основных рабочих; МОП (принимается 1 %...2 % от численности рабочих).

3.6.5 Расчет количества рабочих постов, линий и оборудования по зонам ТО и ремонта и по участкам РММ. Распределив общую годовую трудоемкость работ, выполняемых в РММ $T_{грмм}$, по видам работ, определяют количество рабочих постов ТО и ремонта или поточных линий ТО.

Число универсальных или специализированных постов ТО и ремонта определяется по формуле

$$X_n = \frac{T_{год} \cdot k_n}{\Phi_{пр} \cdot P_n \cdot k_{см} \cdot \eta_n},$$

где $T_{год}$ – годовая трудоемкость работ, выполняемых в отделении (зоне) на постах;

k_n – коэффициент неравномерности поступления машин (принимается 1,4–1,5);

P_n – количество рабочих, одновременно работающих на посту;

η_n – коэффициент использования поста (принимается 0,85–0,9).

При расчете числа универсальных постов, помимо времени выполнения работ по ТО или ремонту, необходимо учитывать время t_n на передвижение машины при ее установке на пост и выезде с поста, которое (в зависимости от типа и габаритов машины) принимается в пределах 0,1...0,15 ч.

Таблица 3.6 – Распределение трудоемкости КР по видам работ для отдельных моделей СДПТМ

В процентах

Наименование машин	Трудоемкость по видам работ																
	Трудоемкость выполняемых работ в РММ	Разборка	Мойка деталей	Контроль и сортировка	Ремонт и обслуживание организации	Комплектовка	Сборка агрегатов	Сборка машин	Меднические	Жестяничные	Обойные	Маллярные	Электромонтажные	Шинно-монтажные	Станочные	Кузнечные	Сварочные
Автогрейдер гжельный	900	10	1	2	3	2	22	26	3	4	4	4	3	1	8	4	3
Автогудронатор на базе МАЗ	570	8	2	2	2	3	15	22	2	5	6	6	6	1	12	5	4
Автокран г/п 16 т	1200	12	2	3	3	3	21	23	2	3	3	3	3	1	14	3	3
Автосамосвал г/п 10 т (МАЗ-5551)	550	7	3	2	2	2	25	22	2	4	2	4	3	1	12	5	4
Автоскрепер ДЗ-11 $q = 10 \text{ м}^3$	960	10	2	2	3	2	30	27	1	2	1	2	2	1	8	3	4
Асфальтоукладчик АСФ-К-2-04	622	10	5	2	2	2	29	30	1	2	1	2	2	1	7	1	3
Бульдозер ДЗ-240С	1370	12	3	2	4	2	25	23	2	3	2	3	3	–	8	3	5
Каток пневмошинный тягач МоАЗ (ДУ-16В)	750	10	3	2	2	2	28	25	1	2	1	4	3	4	8	2	3
Каток моторный 10...15 т	310	12	5	3	1	2	26	30	2	2	2	2	2	–	7	2	2
Погрузчик Амкодор 332	500	13	4	3	4	3	21	22	2	3	2	3	4	1	8	4	3
Экскаватор вмести-мостью ковша 1,25 м ³	1870	9	3	2	5	3	27	30	1	3	1	2	2	–	6	2	4

Число постов на поточной линии определяется по формуле

$$X_n = \frac{\tau}{R}.$$

Обычно число постов в линии не превышает пяти. Определив число постов в линии, распределяют трудоемкость ТО по видам работ между постами

$$T_{mo} = t_1 + t_2 + \dots + t_n$$

и находят частные такты каждого поста:

$$\tau_1 = \frac{t_1}{P_1}; \quad \tau_2 = \frac{t_2}{P_2}$$

и т. д.

Синхронизация работы постов достигается изменением числа рабочих. Допустимые отклонения частных тактов – $\pm 5\%$.

Такт работы линии ТО должен учитывать время перемещения машин вдоль линии:

$$\tau_l = \frac{T_{mo}}{P_l} + t_{nl},$$

где P_l – общее количество рабочих на линии;

t_{nl} – время перемещения машин вдоль линии, ч.

$$P_l = P_{ncp} \cdot X_{nl};$$

$$t_{nl} = \frac{(L_m + a) \cdot X_{nl}}{V_k},$$

где L_m – габаритная длина машины, м;

a – интервал между машинами, $a = 1,5 \dots 2$ м;

V_k – скорость движения конвейера, $V_k = 10 \dots 15$ м/мин.

Рабочая длина поточной линии

$$L_l = L_m \cdot X_{nl} + a (X_{nl} - 1).$$

Фактическая длина линии увеличивается за счет двух дополнительных постов со стороны въезда и выезда. При въезде предусматривается пост подпора, а при выезде – пост для выполнения дополнительных и незаконченных работ.

Фактическая длина линии ТО

$$L_\phi = L_l + 2 (L_m - a).$$

При выполнении ЕО принимаются 2–3 поста (уборочно-моечный, контрольно-регулирующий и дозаправочный); при выполнении ТО-1 – 3–4 поста (уборочно-моечный, контрольно-регулирующий и крепежных работ, смазочный и дозаправочный); при выполнении ТО-2 – 4–5 постов (уборочно-моечный, диагностический, контрольно-регулирующий и крепежных работ, смазочный и дозаправочный).

Обычно уборочно-моечные операции выполняются не на линии ТО, а на специализированном участке механизированной мойки. Дозаправка смазочными материалами и рабочими жидкостями производится на посту смазки, а заправка топливом вне помещения РММ – на пункте заправки.

Необходимое количество оборудования для производственных участков РММ определяется по формуле

$$N_{об} = \frac{T_{год}}{\Phi_{до}},$$

где $T_{год}$ – годовая трудоемкость работ, выполняемых в отделении, ч;

$\Phi_{до}$ – действительный фонд времени работы оборудования, ч.

Часть оборудования принимается без расчета как технологически необходимая.

3.6.6 Расчет производственных площадей. Производственные площади зон ЕО, ТО-1, ТО-2 и зоны ремонта машин определяются для каждой зоны по формуле

$$F_i = X_{ni} \cdot F_{mi} \cdot k_n,$$

где X_{ni} – число универсальных постов ЕО, ТО или ремонта или число постов в поточной линии ТО;

F_{mi} – площадь, занимаемая машиной, м²;

k_n – переходный коэффициент, учитывающий рабочие зоны, проходы и проезды (для зоны ТО и ремонта $k_n = 4–5$).

Площади производственных участков РММ определяются по удельной площади, приходящейся на одного производственного рабочего из числа одновременно работающих на участке по формуле

$$F = f_1 + f_A(P - 1),$$

где f_1 – удельная площадь на первого рабочего;

f_A – удельная площадь на каждого следующего рабочего;

P – число рабочих на участке в наибольшей смене.

Площади производственных участков могут также определяться по площади, занимаемой оборудованием, по формуле

$$F = \sum f_{об} \cdot k_n,$$

где $\Sigma f_{об}$ – общая площадь, занимаемая оборудованием.

Площади складов. Расчет складских площадей $F_{ск}$ производится по укрупненным нормам по удельной площади f_{yd} на одну машину:

$$F_{ск} = \sum_{i=1}^{n} f_{yd} \cdot N \cdot k_n,$$

где N – общее количество машин всех типов в парке.

Величина удельных площадей f_1 , f_{Δ} и переходных коэффициентов k_n приведена в таблице 3.7.

Удельные площади на одну машину и значения переходного коэффициента приводятся в таблице 3.8.

Таблица 3.7 – Удельные площади и переходные коэффициенты для отделений производственного корпуса

Наименование отделения	Удельная площадь, м ²		Переходный коэффициент k_n
	для первого рабочего f_1	для следующих рабочих f_{Δ}	
Агрегатное	15	12	4
Электротехническое	10	5	3,5
Аккумуляторное	15	10	3,5
Топливной аппаратуры	8	10	3,5
Шиномонтажное	15	10	4
Вулканизационное	15	10	4
Кузнечно-рессорное	20	15	5
Сварочное	15	10	5
Медницко-радиаторное	10	9	3,5
Жестяницкое	12	10	3,5
Слесарно-механическое	12	10	3,5
Малярное (без ввода машин)	10	8	4
Малярное (с вводом машин)	30	15	3,5
Участки ремонта и технического обслуживания и диагностики машин	–	–	4–5
Пневмогидроаппаратуры	12	10	3,5

Таблица 3.8 – Удельные площади на одну машину для складских помещений

Наименование склада	Удельная площадь на одну машину f_{yd} , м ²	Переходный коэффициент k_n
Запасных частей	0,3...0,4	2,5
Материалов	0,6...0,8	3,0
Металлов	0,7	2,5
Смазочных материалов	0,5...0,6	2,5
Резины	0,4	3,0
Лесных и строительных материалов	0,2...0,3	3,0
Утиля	0,1...0,2	2,0
Инструмента	0,1...0,2	2,5

На стадии проектирования можно принять площади складов, занимающие 10 %...12 % производственных площадей.

Площади стоянок машин. Строительные и дорожные машины в основном хранятся на открытых площадках, машины сезонного использования – под навесом, подвижный состав автотранспорта в зимнее время – на открытых стоянках с подогревом.

Площади стоянок определяются по формуле

$$F_{ст} = f_m \cdot N \cdot k_{np},$$

где f_m – площадь, занимаемая машиной;

N – число машин, хранящихся на стоянке;

k_{np} – коэффициент, учитывающий проезды (можно принимать $k_{np} = 2,5$).

Площади бытовых и административных помещений. Площади административных и бытовых помещений базы при укрупненных расчетах принимают в процентах от площади производственных помещений.

Площади административных помещений принимают равными 6 %, бытовых – 15 %.

3.7 Компоновка производственного корпуса

При проектировании баз механизации следует отдавать предпочтение блокированной схеме застройки, что позволяет сосредоточить все работы по ТО и ремонту машин в одном производственном корпусе, упростить производственные связи между зонами и участками, сократить протяженность коммуникаций и удешевить стоимость строительства и эксплуатации здания.

Планировка производственного корпуса должна учитывать технологические связи производственных участков, зон и складов, а также противопожарные и санитарные нормы.

Здание производственного корпуса выполняется многопролетным. Ширина пролетов – 9, 12, 18 м, реже – 24 м. Шаг колонн – 6 или 12 м. Высота здания до нижнего пояса ферм при ширине пролета до 12 м и использовании кран-балок, управляемых с пола, – 5,4 или 6,8 м, при ширине пролета 18 м – 7,2 м; при использовании мостовых кранов и пролете 18...24 м – 8,4 м. Расстояние между подкрановыми путями на 1 м меньше ширины пролета.

Сечение железобетонных колонн – 400 × 600 мм. Толщина стен – 0,51 м. Ширина ворот должна превышать ширину машины не менее, чем на 600 мм.

Типовые ворота (ширина × высота) 3,0 × 3,0; 3,6 × 3,6; 3,6 × 4,2.

Ширина проездов – 3,5...4 м. Ширина проходов – 1,0...1,5 м. Санитарными нормами предусмотрено не менее 4,5 м² площади и не менее 15 м³ объема на

одного работающего в производственных помещениях; в административно-хозяйственных помещениях – 3,25 м².

Производственный корпус РММ состоит, как правило, из трех основных зон: диагностирования, ТО и ремонтов.

В зоне диагностирования определяется техническое состояние систем и сборочных единиц машин и устанавливается объем работ по ТО и ремонту, а также выполняется заключительный контроль показателей после ТО и ремонта.

Зона ТО состоит из универсальных или специализированных постов, где выполняются контрольно-регулирующие и смазочные работы. Этой зоне придаются специализированные производственные участки: электротехнический, аккумуляторный, шиномонтажный, пневмо- и гидропривода.

Зона ремонта включает: специализированные или универсальные посты, где производится замена неисправных агрегатов и сборочных единиц; участки по ремонту агрегатов и сборочных единиц; специализированные производственные отделения: кузнечно-рессорный, термический, сварочный, медницко-радиаторный, механический, малярный, обойный, жестяницкий, мойки и очистки деталей и других работ.

Количество постов и участков, а также оборудования рассчитывается по объемам выполняемых работ.

При планировке производственного корпуса участки, опасные в пожарном отношении (кузнечный, сварочный, термический, медницкий, малярный, обойный и столярный) изолируют от остальных помещений огнестойкими стенами и перекрытиями.

Минимальное число наружных ворот в зонах ТО и ремонтов принимается в зависимости от количества машин, одновременно находящихся в этих зонах. При одновременном обслуживании до 10 машин предусматриваются одни ворота, при большем количестве машин – не менее двух ворот. Малярный и сварочный участки должны иметь въезд машин со двора.

Посты, на которых обслуживание машин производится снизу, должны обеспечиваться смотровыми канавами тупикового или проездного типа.

Посты наружной мойки машин оборудуют эстакадами с устройством очистки сточных вод.

3.8 Бытовые и административные помещения

Гардеробы с индивидуальными шкафчиками для каждого рабочего принимаются из расчета 0,75...0,8 м² на 1 чел. Остальные бытовые помещения рассчитываются по количеству работающих в наибольшей смене.

Площадь умывальных комнат принимается из расчета 0,1...0,15 м² на 1 чел. (один кран на 10 чел.).

Площадь душевых принимается равной 0,4...0,5 м² на 1 чел. (одна кабина площадью 2,0...2,5 м² на 5 чел.).

Площадь туалетов – 0,5 м² на 1 чел. (один унитаз при площади 3,0 м² на 15 чел.).

При блокированной схеме застройки административные и бытовые помещения размещают в 2–3-этажном здании, пристроенном к производственному корпусу, и соединяются с ним коридорами.

На первом этаже здания размещают гардероб, умывальники, душевые, туалеты, столовую и кухни; на втором и третьем – административные помещения: кабинеты руководства; отделы главного механика, технический, плановый, производственный, снабжения, бухгалтерию, отдел кадров и техобучения.

3.9 Генеральный план базы механизации

При разработке генплана необходимо разместить на отведенном земельном участке все здания, сооружения и службы в такой последовательности, чтобы обеспечить кратчайшие пути перемещения машин; отсутствие встречных потоков; соблюдение противопожарных норм; а также розу ветров, определяющую направление преобладающих ветров; отдельные въезд на территорию базы и выезд с нее через контрольно-пропускной пункт, где контролируется техническое состояние машин. На генплане изображаются производственный и административно-бытовой корпуса, котельная, трансформаторная подстанция, компрессорная, насосная с пожарным резервуаром для воды, моечная эстакада с очистными сооружениями, пункт заправки топливом со складом ТСМ, материальный и другие склады, площадка для ежедневного ухода, навес для хранения материалов, сезонной техники и механизмов, стоянка для машин и КПП.

Мобильные машины, поступающие на базу ежедневно, проходят пункт заправки, после чего машины, поступающие на плановые ТО или в ремонт, проходят мойку на эстакаде и устанавливаются на площадку ожидания ТО перед воротами производственного корпуса. После окончания ТО или ремонта машины поступают на стоянку. На открытых стоянках машины хранятся группами. Расстояние между отдельными группами – не менее 20 м. Расстояния от стоянки до зоны обслуживания – не менее 10 м; до ограды участка – не менее 2 м. При выезде с базы машины проходят через КПП. При площади земельного участка более 5 га предусматривается не менее двух выездов.

Оценка эффективности использования площади земельного участка производится:

– по коэффициенту застройки

$$k_z = \frac{F_{зд}}{F_y},$$

где $F_{зд}$ – площадь зданий и крытых сооружений (навесов);

F_y – площадь участка, обычно $F_y = 0,3 \dots 0,35 \text{ м}^2$;

– по коэффициенту использования площади

$$k_u = \frac{F_{зд} + F_{см}}{F_y},$$

где k_u – площадь открытых площадок складов и стоянок (обычно $F_{см} = 0,45 \dots 0,50$).

Всю территорию, свободную от зданий, сооружений, площадок, стоянок и проездов, озеленяют и благоустраивают. Под зеленые насаждения отводится не менее 20 % площади участка.

3.10 Перебазирование машин

При транспортировке СДМ на участки строительства дороги или с участков в РММ для ТО или ремонта колесные машины перемещаются своим ходом, на буксире или на прицепе-тяжеловозе (трейлере) МАЗ-937900 с тягачом МАЗ-642208 или МАЗ-642508 с допускаемой скоростью до 45 км/ч. Гусеничные машины транспортируются только на прицепе-тяжеловозе.

Скорость движения при перевозке принимается по таблице 3.9.

Таблица 3.9 – Средняя скорость транспортировки СДМ

Характер работы при перебазировании машин	Средняя скорость перевозки, км/ч			
	в городе	за городом по дорогам		
		I гр.	II гр.	III гр.
Перевозка СДМ на трейлере	9,2	15,0	11,5	9,6
Буксировка колесных СДМ тягачом	22,5	27,0	20,5	17,6
Буксировка кранов на пневмоходу тягачом	15,0	18,0	13,7	11,7
Движение автокранов	22,5	40,0	25,0	20,0

Время на погрузку СДМ на трейлер и разгрузку:

экскаваторов на гусеничном ходу, катков моторных, бульдозеров1,0 ч;

тракторов гусеничных, скреперов прицепных грейдер-элеваторов.....0,7 ч;

время на сцепку при буксировке колесных машин.....3 ч.

3.11 Планировка производственных помещений

Планировка производственных помещений осуществляется одновременно с планировочными решениями по зданиям и сооружениям в целом на основе расчетной трудоемкости и подобранного оборудования для выполнения технологических процессов по ТО и ремонтам. При этом исходным звеном является рабочее место, которое имеет определенную технологическую оснастку, приспособления, приборы, оборудование и инструменты. Размещение

оборудования по отношению друг к другу и строительным конструкциям производится в соответствии с технологическими процессами и обеспечением безопасных условий труда.

Технологическая планировка зон ТО и ремонта определяется оснащением рабочих постов с учетом единой системы подачи сжатого воздуха, сбора и подачи масел, а также средств механизации и обеспечения подхода к машине с разных сторон. Как правило, на машинах с колесным двигателем снизу выполняется 30 %...45 % работ и сверху 30 %...45 %. На машинах с гусеничным двигателем практически все работы выполняются сверху и сбоку.

Посты размещаются с учётом исключения маневрирования в зонах обеспечения удобного перемещения оборудования, расстояния между осями постов (не менее 5 м) и способа установки машин. Используются посты тупиковые и проездные. Проездные посты проектируются, как правило, при поточном методе организации ТО и ремонтов. Нормативные расстояния при размещении постов в зонах производственного корпуса приведены в [1, 13, 15] и в соответствующих ТКП.

В зонах ТО колесных машин широко применяется подъемно-осмотровое оборудование (канавы, подъемники), которое позволяет одновременно вести работы со всех сторон и обеспечивать рациональные условия труда при работе.

Технологическая планировка отделений производится в соответствии с технологией работ, требованиями нормативно-технической документации и рациональной организацией рабочих мест. Для снижения опасности и подачи свежего воздуха в рабочие зоны отделения с вредными и наиболее взрыво- и пожароопасными производствами располагают только у наружных стен здания. Рекомендуется размещать отделения с точными работами по периметру здания с хорошим боковым освещением (слесарно-механические, электротехнические, топливной аппаратуры, гидрооборудования и др.) и вдали от отделений, в которых создаются вибрации от работающего оборудования (кузнечного, шиномонтажного, заготовочного).

В зоне ремонта устанавливаются подъемно-транспортные средства, которые регламентируют высоту производственных помещений. В расчет принимают максимально возможную высоту машины или высоту установленного оборудования на ней, а также высоту транспортируемых изделий со строповочными устройствами. При этом необходимо обеспечить высоту их подъема над машинами (оборудованием) не менее 0,5 м и созданием резерва (0,4...0,5 м) до низа несущих конструкций покрытия. Определенную расчетом высоту округляют до ближайшего большего значения, кратного 0,6 м.

При объединении в одном здании всех отделений по ТО и ремонту необходимо располагать смежно помещения с одинаковыми вредными условиями. Так, кузнечное, медницкое, варочное и жестяницкое отделения располагают смежно и изолируют от остальных помещений несгораемыми

стенами. Агрегатное отделение группируют со складом запасных частей, слесарно-механическим и складом инструмента.

Для обеспечения удобств при выполнении работ по ТО и ремонту рабочие места целесообразно размещать со стороны проходов. При этом оборудование, используемое постоянно, размещают в зоне наибольшего естественного освещения.

Оборудование размещают по отношению друг к другу с учетом технологического процесса и стендов, скомпонованных в единую группу. Между стендами или рядом с ними устанавливают стеллажи-накопители.

При планировке производственных помещений необходимо ориентироваться на перспективное развитие системы по обслуживанию, диагностированию и ремонту техники.

3.12 Анализ использования современных технологий и материалов при организации эксплуатации СДПТМ

На основе анализа нормативной, технической, учебно-методической литературы и патентного анализа обосновывается перспектива развития эксплуатации СДПТМ с учетом внедрения современных технологий и материалов.

По результатам анализа студенту предоставляется право выбора направления повышения эффективности эксплуатации строительных, дорожных, подъемно-транспортных машин и оборудования.

Рекомендуемые направления индивидуальных тем.

1 Применение современных технологий, материалов и машин при организации строительного производства.

2 Формирование оптимальных комплектов и комплексов машин.

3 Разработка рациональных систем комплектования машин для строительного производства и управления парком машин.

4 Применение информационных технологий при эксплуатации СДПТМ.

5 Разработанные мероприятия и приспособления (приборы) по охране окружающей среды и охране труда при эксплуатации СДПТМ.

6 Оборудование для транспортировки, монтажа и демонтажа СДПТМ.

7 Мероприятия и оборудование по повышению работоспособности СДПТМ.

8 Совершенствование методов и форм организации ТО и ремонтов машин.

9 Анализ режимов ТО и ремонтов машин.

10 Внедрение диагностирования машин при организации ТО и ремонтов.

11 Проектирование или модернизация средств механизации и автоматизации строительного производства, монтажа и демонтажа СДПТМ, их обслуживания и ремонта.

12 Использование современных подходов при проектировании предприятий по технической эксплуатации СДПТМ.

13 Модернизация машин и оборудования, позволяющая повысить показатели работоспособности и (или) эксплуатационные свойства, снизить трудоемкость и (или) повысить качество ТО и ремонтов, снизить вредные выбросы в атмосферу.

14 Повышение качества ТСМ, снижение потерь при хранении, транспортировке и заправке.

15 Восстановление работоспособности моторных, трансмиссионных и гидравлических масел. Мероприятия по снижению степени загрязнения масел. Разработка оборудования по очистке масел.

16 Проектирование моечно-очистного оборудования баз механизации.

17 Проектирование пунктов заправки, выбор и (или) модернизация оборудования для заправки и смазки машин.

18 Организация производства строительных работ на объектах, удаленных от базы механизации.

19 Проектирование передвижных средств для организации диагностирования, ТО и ремонтов.

20 Инженерные решения по совершенствованию материально-технической базы и методов ТО и ремонтов, проектированию и модернизации эксплуатационных предприятий, внедрению прогрессивных методов труда, охраны труда и окружающей среды.

21 Технико-экономическое обоснование инженерных решений в проекте.

22 Проектирование технических средств для проведения диагностики, ТО и ремонтов машин.

23 Разработка алгоритмов по решению оптимизационных задач эксплуатации СДПТМ.

24 Перспективы развития отрасли, обновления машинного парка, внедрения новых технологий при эксплуатации СДПТМ.

25 Оценка технического состояния и прогнозирование работоспособности машин по текущим значениям контролируемых параметров.

26 Совершенствование систем управления производством.

3.13 Выбор, модернизация или проектирование технических средств

Важнейшим условием повышения эффективности технической эксплуатации машин является наличие производственно-технической базы, оснащенной современным и ремонтным технологическим средством диагностирования, ТО и ремонта. Техническая оснащенность базы позволяет увеличить качество ТО и ремонтов и производительность работников на 18 %...25 %.

При выполнении курсового проекта на основе анализа современных технологий и применяемых материалов выбирается направление повышения эффективности эксплуатации СДПТМ. В рамках выбранного направления решаются инженерные вопросы по формированию материально-технической базы.

Для организации ТО или ремонтов машин производится выбор современного оборудования для внедрения современных технологий технической эксплуатации, модернизируются технические средства, позволяющие реализовать на современном уровне технологический процесс ТО, ремонта и (или) диагностирования с учетом системного подхода.

В зависимости от задач, решаемых при оценке, поддержании и восстановлении работоспособности машин, можно выделить следующие виды технических воздействий: контроль работоспособности, поиск неисправностей, прогнозирование технического состояния, а также их сочетания. Для контроля технического состояния широко используются встроенные или бортовые системы машины, позволяющие оценивать текущие значения параметров или подключать аппаратуру для снятия и переработки сигналов с первичных преобразователей. Отдельное переносное оборудование входит в комплект машин, а большинство их, как правило, универсальные, используется в передвижных или стационарных мастерских. Процесс проектирования оборудования предусматривает разработку технологической пооперационной карты воздействия, алгоритма и структурно-функциональной схемы.

При проектировании технических средств необходимо учитывать возможности человека, управляющего ими. Наиболее важным фактором для управления является скорость движения рук, которая должна соответствовать перемещению рычагов управления $9...17$ см/с; вращению рукоятки и штурвала $1,5...5,5$ с⁻¹; нажатию пальцев на клавиши $3...5$ с⁻¹.

Основными средствами приема информации при управлении оборудованием являются зрение и слух. Число точечных объектов, которое может быть воспринято одновременно зрением, не более семи. Следует учитывать, что по зрительному каналу человек получает 80 % всей информации, от которой зависит время ответной реакции (0,11...10 с).

3.14 Планирование расхода энергоресурсов

Планирование расхода электроэнергии, теплоты, воды, сжатого воздуха.

Расход электричества, теплоты, воды, сжатого воздуха на предприятиях по эксплуатации СДПТМ укрупненно рассчитывается на одну машину в соответствии с таблицей 3.10.

Таблица 3.10 – Планирование расхода энергоресурсов

Показатель	Энергоресурс					Сжатый воздух, м ³ /мин
	Установленная мощность, кВт	Теплота, Мкал/ч	Вода, м ³ /сут			
			оборотная	техническая	питьевая	
Удельный расход на машину	6,0	25,0	1,14	0,22	0,18	0,04
Коэффициент приведения по мощности предприятия:						
до 50 машин	1,4	2,1		1,15		1,3
50...100	1,2	1,7		1,1		1,2
100...200	1,1	1,33		1,05		1,1
200...300	1,0	1,0		1,0		1,0

4 Выбор эффективных вариантов инженерных решений

Экономический анализ инженерных решений позволяет установить преимущества и недостатки в части экономии трудоемкости и используемых материалов, повышения производительности, показателей надежности и эргономических свойств, охраны труда и окружающей среды. Он проводится на основе качественных и количественных показателей.

Качественная оценка эффективности инженерных решений производится в виде анализа преимуществ и недостатков без расчетов.

Количественная оценка сравнительной экономической эффективности вариантов состоит в расчете и сопоставлении частных и общих экономических затрат.

Частные показатели отражают отдельные элементы выполнения заданного вида работ по вариантам. К ним относятся показатели производительности, трудоемкости, металлоемкости, энергоемкости, себестоимости и т. д. Общие экономические затраты характеризуют эффективность инженерных решений в целом. Расчеты в этом случае определяются по минимуму удельных приведенных затрат.

Годовой экономический эффект от внедрения новых технологических процессов и механизации строительства определяется по формуле

$$\mathcal{E} = (Z_1 - Z_2) \cdot Q_1,$$

где Z_1 , Z_2 – удельные приведенные затраты работ, выполненных по базовому и новому вариантам соответственно;

Q_1 – годовой объем работ в планируемом году по новому варианту в соответствующих единицах измерения.

Экономический эффект от производства и использования в строительстве новых средств труда с улучшенными характеристиками определяется по формуле

$$\mathcal{E} = (Y_1 \frac{Q_2}{Q_1} \cdot K_{cp} + \mathcal{E}_c - Y_2) N_n,$$

где Y_1, Y_2 – приведенные затраты на изготовление базовой и новой техники;

N_n – годовой объем производства новой техники;

Q_1, Q_2 – годовые объемы работ с использованием техники по сравниваемым вариантам;

K_{cp} – коэффициент, учитывающий изменение сроков службы новой техники по сравнению с базовой;

\mathcal{E}_c – экономия в строительном производстве, связанная с эксплуатацией новой техники (для комплекта машин принимаются расходы только по новой машине).

Экономическую эффективность при сокращении сроков строительства определяют по формуле

$$\mathcal{E} = P_p (T_1 - T_2),$$

где P_p – среднегодовая прибыль за период досрочного ввода объекта строительства в действие, р.;

T_1, T_2 – продолжительность строительства по сравниваемым вариантам, ч.

Одним из основных показателей эффективности диагностирования является прибыль от использования диагностических средств, которую можно определить по формуле

$$P = C_{эк} + P_{пр} - C_{\partial},$$

где $C_{эк}$ – снижение затрат на эксплуатацию машин, р.;

$P_{пр}$ – прибыль, полученная от дополнительного использования машин за счет сокращения простоев в ТО и ремонтах и выполнения дополнительного объема работ, р.;

C_{∂} – затраты на диагностирование машин, р.

Затраты на диагностирование машин определяются по формуле

$$C_{\partial} = C_a + C_{зн} + C_{эн} + C_{тор} + C_{пр},$$

где C_a – затраты, связанные с амортизацией диагностического оборудования, р.;

$C_{зн}$ – заработная плата оператора, р.;

$C_{эн}$ – затраты на энергоносители при выполнении диагностирования, р.;

$C_{\text{тор}}$ – затраты на ремонт и обслуживание диагностического оборудования, р.;

$C_{\text{нр}}$ – накладные расходы, учитывающие затраты на содержание помещений, дополнительных установок и прочие нужды, р.

Снижение затрат на эксплуатацию машин за счет внедрения диагностирования определяется по формуле

$$C_{\text{эк}} = C_n + C_{\text{нр}} + C_{\text{тор}} + C_{\text{рес}} + C_{\text{зч}} + C_m,$$

где C_n – снижение эксплуатационных затрат за счет сокращения простоев машин из-за их отказов, р.;

$C_{\text{нр}}$ – снижение эксплуатационных затрат за счет повышения производительности и выполнения дополнительных объемов работ, р.;

$C_{\text{тор}}$ – снижение эксплуатационных затрат за счет снижения трудоемкости ТО и ремонтов, р.;

$C_{\text{рес}}$ – снижение эксплуатационных затрат за счет увеличения ресурса машин, р.;

$C_{\text{зч}}$ – снижение эксплуатационных затрат за счет уменьшения затрат на запасные части, р.;

C_m – снижение эксплуатационных затрат за счет уменьшения затрат на эксплуатационные материалы (топливо, технические жидкости, смазочные материалы), р.

При использовании в процессе диагностирования более совершенного диагностического оборудования необходимо учитывать стоимость нового и традиционно применяемого оборудования, количество и квалификацию работников, занимающихся диагностированием, продолжительность и трудоемкость выполняемых операций и годовую программу производства работ. В этом случае годовой экономический эффект определяется по формуле

$$\mathcal{E}_z = \left(\frac{C_{\text{от}}}{T_{\text{слт}} \cdot N_{\text{зм}}} - \frac{C_{\text{он}}}{T_{\text{слн}} \cdot N_{\text{зн}}} + (P_m \cdot t_{\text{дм}} \cdot K_{\text{мторм}} - P_n \cdot t_{\text{дн}} \cdot K_{\text{мторн}}) \cdot \frac{C_{\text{мтор}} \cdot K_{\text{нр}}}{T_{\text{мрв}}} + \Pi_p \cdot (t_{\text{дм}} - t_{\text{дн}}) \right) \cdot N_{\text{зн}},$$

где $C_{\text{от}}$ – стоимость традиционного оборудования, р.;

$C_{\text{он}}$ – стоимость нового оборудования, р.;

$T_{\text{слн}}$ – срок службы нового оборудования, лет;

$N_{\text{зн}}$ – годовая программа нового оборудования (количество применения);

$T_{\text{слт}}$ – срок службы традиционного оборудования, лет;

$N_{\text{зм}}$ – годовая программа традиционного оборудования (количество применения);

P_n – количество рабочих, обслуживающих новое оборудование;

$t_{\text{дн}}$ – продолжительность одного диагностирования новым оборудованием, ч;

$K_{тторн}$ – тарифный коэффициент рабочих, обслуживающих новое оборудование;

P_m – количество рабочих, обслуживающих традиционное оборудование;

t_{dm} – продолжительность одного диагностирования традиционным оборудованием, ч;

$K_{тторп}$ – тарифный коэффициент рабочих, обслуживающих традиционное оборудование;

$C_{мтор}$ – месячная тарифная ставка первого разряда, действующая в организации, р;

K_{np} – коэффициент премиальных доплат;

$T_{мрв}$ – среднемесячный фонд рабочего времени, ч;

$П_p$ – среднечасовая прибыль на час работы машины, р.

Экономическая эффективность инженерных решений с учетом многофакторного влияния на процесс строительного производства определяется по формуле

$$\mathcal{E} = \sum_{i=1}^k \mathcal{E}_i,$$

где \mathcal{E}_i – экономическая эффективность от i -го фактора воздействия на процесс строительного производства;

k – количество факторов воздействия.

Список литературы

- 1 **Максименко, А. Н.** Эксплуатация строительных и дорожных машин: учебник / А. Н. Максименко. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2006. – 400 с.
- 2 Новые технологии и машины при строительстве, содержании и ремонте автомобильных дорог / Под ред. А. Н. Максименко. – Минск: Дизайн ПРО, 2000. – 224 с.
- 3 **Максименко, А. Н.** Диагностика строительных, дорожных и подъемно-транспортных машин: учебное пособие / А. Н. Максименко, Г. Л. Антипенко, Г. С. Лягушев. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2008. – 302 с.
- 4 ДМД **02191.7.008-2009.** Рекомендации по совершенствованию технического обслуживания и ремонта дорожно-строительных машин с учетом целесообразности их эксплуатации на любом этапе с начала использования. – Введ. 01.03.09. – Минск : БелдорНИИ, 2009. – 90 с.
- 5 **Максименко, А. Н.** Оценка эффективности этапов жизненного цикла машины с учетом изменения технико-экономических показателей в процессе ее эксплуатации: монография / А. Н. Максименко, В. В. Кутузов, Е. В. Кутузова. – Берлин : LAP LAMBERT Academic Publishing, 2012. – 188 с.
- 6 **Тайц, В. Г.** Ремонт подъемно-транспортных, строительных и дорожных машин: учебное пособие / В. Г. Тайц. – Москва: Академия, 2007. – 336 с.
- 7 **Тайц, В. Г.** Безопасная эксплуатация грузоподъемных машин: учебное пособие / В. Г. Тайц. – Москва: Академкнига, 2005. – 383 с.
- 8 Рекомендации по определению себестоимости машиночаса эксплуатации строительных и дорожных машин с учетом процесса их старения: методические указания по курсу «Эксплуатация строительных и дорожных машин» для студентов специальности 1-36 11 01 «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование» / Сост. А. Н. Максименко. – Могилев: Беларус.-Рос. ун-т, 2009. – 39 с.
- 9 Эксплуатация подъемно-транспортных, строительных и дорожных машин: учебник / Под ред. Е. С. Локшина. – Москва: Академия, 2007. – 512 с.
- 10 Дорожно-строительные машины и комплексы: учебник для вузов по дисциплине «Дорожные машины» / Под общ. ред. В. И. Баловнева. – 2-е изд., доп. и перераб. – Москва; Омск: СибАДИ, 2001. – 528 с.
- 11 Дорожно-строительные машины: учебник / Под общ. ред. А. М. Щемелева. – Минск: Технопринт, 2000. – 515 с.
- 12 Эксплуатация дорожных машин: учебник / А. М. Шейнин [и др.]; под общ. ред. А. М. Шейнина. – Москва: Транспорт, 1992. – 328 с.
- 13 **Головин, С. Ф.** Проектирование предприятий по эксплуатации дорожных машин: учебное пособие / С. Ф. Головин, В. А. Зорин. – Москва: Транспорт, 1991. – 215 с.
- 14 **Масуев, И. А.** Проектирование предприятий автомобильного транспорта: учебное пособие / И. А. Масуев. – Москва: Академия, 2007. – 224 с.
- 15 Проектирование предприятий автомобильного транспорта / М. М. Болбас [и др.]. – Минск: Адукацыя і выхаванне, 2004. – 528 с.

16 **Ивашков, И. И.** Монтаж, эксплуатация и ремонт подъемно-транспортных машин: учебник для студентов вузов по специальности «Подъемно-транспортные, строительные и дорожные машины и оборудование» / И. И. Ивашков. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Машиностроение, 1991. – 400 с.

17 Эксплуатация и техническое обслуживание дорожных машин, автомобилей и тракторов: учебник / С. Ф. Головин [и др.]; под ред. Е. С. Локшина – Москва: Мастерство, 2002. – 464 с.

18 **Зорин, В. А.** Основы работоспособности технических систем: учебник / В. А. Зорин. – Москва: Магистр-Пресс, 2005. – 536 с.

19 Сборник норм расхода топлива и смазочных материалов для механических транспортных средств, судов, машин, механизмов и оборудования в Республике Беларусь – Минск: Транстехника, 2010. – 441 с.

20 **ТКП 45-3.01-155–2009.** Генеральные планы промышленных предприятий. Строительные нормы проектирования. – Минск: Стройтехнорм, 2010. – 36 с.

21 **ТКП 45-3.02-25–2006.** Гаражи-стоянки и стоянки автомобилей. Нормы проектирования. – Минск: Стройтехнорм, 2015. – 42 с.

22 **ТКП 248–2010.** Техническое обслуживание и ремонт автомобильных транспортных средств. Нормы и правила проведения. – Минск: Транстехника, 2010. – 48 с.

23 **СТБ 1175–2011.** Обслуживание транспортных средств организациями автосервиса. Порядок проведения. – Минск : БелГИСС, 2015. – 22 с.

24 **ТКП 309–2011.** Государственный технический осмотр транспортных средств. Порядок проведения проверки технического состояния транспортных средств. – Минск: Транстехника, 2015. – 74 с.

25 **ТКП 298–2011.** Стартерные аккумуляторные батареи. Нормы и правила обслуживания. – Минск: Транстехника, 2011. – 36 с.

26 **ТКП 299–2011.** Автомобильные шины. Нормы и правила обслуживания. – Минск: Транстехника, 2011. – 44 с.

27 Типовой технологический процесс ежесменного, первого, второго, третьего и сезонного технических обслуживаний асфальтоукладчиков SUPER 1704, К6М, ДС-191-506, ДС-191-506.01, ДС-191-506.02. – Минск : БелдорНИИ, 2004. – 50 с.

28 Типовой технологический процесс ежесменного, первого, второго, третьего и сезонного технических обслуживаний бульдозеров ДЗ-162-3, ДЗ-170, ДЗ-171, ДЗ-110, ДЗ-110А, ДЗ-110А2, ДЗ-110В, Б-170, Б-170М1.01Е, ДЗ-59, Д-129, Д-355А, Д-355С. – Минск : БелдорНИИ, 2003. – 124 с.

29 Типовой технологический процесс ежесменного, первого, второго, третьего и сезонного технических обслуживаний погрузчиков ТО-18, ТО-18А, ТО-18Б, ТО-18Д, ТО-18К, АМКОДОР-322, UN-050 и автопогрузчиков ДВ-1792, 4045, 4045М, 4014А, 4014М. – Минск : БелдорНИИ, 2004. – 120 с.

30 **ТКП 059–2012.** Автомобильные дороги. Правила устройства. – Минск: БелдорНИИ, 2014. – 98 с.

31 **ТКП 45-3.03-19-2006.** Автомобильные дороги. Нормы проектирования. – Минск: Стройтехнорм, 2015. – 68 с.

32 **ТКП 45-3.03-112-2008.** Автомобильные дороги. Нежесткие дорожные одежды. Правила проектирования. – Минск: Стройтехнорм, 2012. – 96 с.

33 **ТКП 200-2009.** Автомобильные дороги. Земляное полотно. Правила проектирования. – Минск: БелдорНИИ, 2011. – 196 с.

34 **ТКП 313-2011.** Автомобильные дороги. Земляное полотно. Правила устройства. – Минск: БелдорНИИ, 2011. – 200 с.

35 **ТКП 45-3.03-96-2008.** Автомобильные дороги низших категорий. Правила проектирования. – Минск: Стройтехнорм, 2015. – 28 с.

36 **ТКП 068-2011.** Автомобильные дороги. Классификация и состав работ по возведению, реконструкции и капитальному ремонту. – Минск: БелдорНИИ, 2012. – 22 с.

37 **ТКП 069-2014.** Автомобильные дороги. Классификация и состав работ по текущему ремонту и содержанию. – Минск: БелдорНИИ, 2014. – 26 с.

38 **ТКП 094-2012.** Автомобильные дороги. Правила устройства асфальтобетонных покрытий и защитных слоев. – Минск: БелдорНИИ, 2012. – 70 с.

39 **ТКП 366-2012.** Автомобильные дороги. Правила содержания. – Минск: БелдорНИИ, 2012. – 68 с.

40 **РНС 8.06.100-2007.** Сборник сметных цен эксплуатации строительных машин и механизмов. – Минск: Минстройархитектуры Респ. Беларусь, 2007. – 77 с.

41 **ТКП 088-2013.** Автомобильные дороги. Порядок приемки работ при текущем ремонте. – Минск: БелдорНИИ, 2014. – 36 с.

42 **ТКП 45-3.03-244-2011.** Автомобильные дороги. Дорожные одежды жесткого типа. Строительные нормы проектирования. – Минск: Стройтехнорм, 2012. – 68 с.

43 **ТКП 45-3.03-88-2007.** Автомобильные дороги. Цементобетонные основания и покрытия. Правила устройства. – Минск: Стройтехнорм, 2014. – 48 с.