

А.Н. Максименко В.В. Кутузов

**ТЕХНИЧЕСКАЯ
ЭКСПЛУАТАЦИЯ
СТРОИТЕЛЬНЫХ И ДОРОЖНЫХ
МАШИН**

Для студентов учреждений
высшего образования

А.Н. Максименко В.В. Кутузов

ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ И ДОРОЖНЫХ МАШИН

Допущено
Министерством образования Республики Беларусь
в качестве учебного пособия для студентов
учреждений высшего образования по специальности
«Подъемно-транспортные, строительные,
дорожные машины и оборудование»



Минск
«Вышэйшая школа»
2015

УДК 625.7/.8.08(075.8)

ББК 39.311-06-5я73

М17

Рецензенты: кафедра «Строительные и дорожные машины» Белорусского национального технического университета (заведующий кафедрой, Иностраннный член РААСН доктор технических наук, профессор *А.В. Вавилов*); доцент кафедры «Детали машин, путевые и строительные машины» Белорусского государственного университета транспорта кандидат технических наук *Е.М. Масловская*

Все права на данное издание защищены. Воспроизведение всей книги или любой ее части не может быть осуществлено без разрешения издательства.

Максименко, А. Н.

М17 Техническая эксплуатация строительных и дорожных машин : учеб. пособие / А.Н. Максименко, В.В. Кутузов. — Минск : Вышэйшая школа, 2015. — 303 с. : ил.
ISBN 978-985-06-2497-0.

Рассмотрены техническая эксплуатация строительных и дорожных машин, их работоспособность и диагностирование. Раскрываются вопросы, связанные с оценкой затрат на эксплуатацию строительных и дорожных машин и эффективностью их использования на этапе эксплуатации жизненного цикла, а также проблемы повышения, сохранения, восстановления и прогнозирования работоспособности машин.

Предназначено для студентов учреждений высшего образования по специальности «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование». Будет полезно инженерно-техническим работникам.

УДК 625.7/.8.08(075.8)

ББК 39.311-06-5я73

ISBN 978-985-06-2497-0

© Максименко А.Н., Кутузов В.В.,
2015

© Оформление. УП «Издательство
“Вышэйшая школа”», 2015

Предисловие

Под технической эксплуатацией строительных и дорожных машин (СДМ) понимают комплексную систему организационно-технических мероприятий, обеспечивающих работоспособность машин при их безопасном использовании по функциональному назначению с учетом минимальных воздействий на окружающую среду.

Техническая эксплуатация СДМ базируется на фундаментальных математических и естественных науках. Существует пять теоретических основ технической эксплуатации СДМ: математика, теория износа, теория смазки, экономика, прогнозирование работоспособности машин.

Математические методы позволяют на стадии проектирования прогнозировать поведение машины в предполагаемых условиях эксплуатации. На основе теории вероятностей и математической статистики, теории информатики и математической логики, других разделов математики созданы методы расчета надежности машин, их диагностики, обслуживания и ремонта. Математика необходима для грамотной технической эксплуатации СДМ, но она является только инструментом для эффективного решения поставленных задач и одной из теоретических основ технической эксплуатации.

При эксплуатации машина находится во взаимосвязи с окружающей средой, человеком и объектом. Количественное накопление различных воздействий на машину приводит к изменению ее качественных показателей. Для замедления изменения этих показателей необходимо знать основы физико-химических процессов разрушения, старения и изменения свойств машины. Перечисленные вопросы рассматриваются в теории износа и смазки. Для прогнозирования работоспособности СДМ необходимо знать закономерности физики отказов. Одна из основных причин изнашивания деталей — трение. Уменьшить его можно смазкой, которая защищает трущиеся поверхности от молекулярных воздействий. Оценка эффективности технической эксплуатации СДМ производится в первую очередь с экономических позиций, так как экономика является основным критерием при решении практических вопросов.

В целом важно обеспечить безотказную работу машин на объекте при использовании их по функциональному назначению. Эта задача решается при организации прогнозирования их работоспособности, проведении мероприятий по обслуживанию и ремонту.

Прогнозирование работоспособности СДМ важно проводить согласно динамике выходных параметров на этапе эксплуатации жизненного цикла конкретной машины, что возможно при мониторинге технико-экономических показателей (ТЭП) машины в процессе ее наработки с начала эксплуатации и создания диагностического обеспечения для определения динамики контролируемых параметров и остаточного ресурса сборочных единиц, систем, агрегатов и машины в целом. Анализ динамики ТЭП в процессе использования машины с учетом ее стоимости позволяет в совокупности определить оптимальную наработку до ремонта и продолжительность этапа эксплуатации при получении максимальной прибыли.

Учебное пособие написано в соответствии с программой курса «Эксплуатация строительных и дорожных машин» для студентов учреждений высшего образования по специальности «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование».

Изложение курса по эксплуатации строительных и дорожных машин формируется в рамках единой системы знаний, разделов, дисциплин: «Высшая математика», «Гидравлика и гидропривод», «Двигатели внутреннего сгорания и автотракторное оборудование», «Вычислительная техника и программирование», «Машины для земляных работ», «Строительные и дорожные машины», «Химия», «Технология машиностроения, производства и ремонта подъемно-транспортных, строительных и дорожных машин», «Управление техническими системами», «Охрана труда», «Охрана окружающей среды».

Работоспособность строительных и дорожных машин

Техническая эксплуатация рассматривает вопросы сохранения и восстановления работоспособности строительных и дорожных машин в процессе их использования, транспортировки и хранения. Работоспособность изменяется с учетом наработки с начала эксплуатации. Важно при оценке эффективности использования учитывать динамику выходных параметров машины на этапе эксплуатации ее жизненного цикла.

1.1. Основные понятия о работоспособности машин

Под **работоспособностью** СДМ понимают состояние объекта, при котором значения всех параметров, характеризующих его способность выполнять заданные функции, соответствуют требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской документации.

В процессе эксплуатации машина подвергается внешним и внутренним воздействиям, которые приводят к изменению параметров отдельных элементов, сборочных единиц (СЕ) и машины в целом. Внутренние воздействия связаны с накоплением потенциальной энергии в процессе изготовления деталей машин и их сборки (внутренние напряжения в деталях при литье или термообработке, монтажные напряжения). Внешние воздействия — это условия эксплуатации, режимы работы машины, действие тепловой, химической и других видов энергии. В результате всех воздействий в машине с течением времени происходят изменения, приводящие к потере ее работоспособности.

Событие, в результате которого объект частично или полностью утрачивает работоспособность, называется **отказом**. Статистика отказов является основным источником информации о надежности машин и дает представление о конструктивном и технологическом их совершенстве.

Факторы, влияющие на работоспособность (надежность) машины

Численные значения параметров, характеризующих способность машины выполнять заданные функции, устанавливаются в техническом задании при проектировании; обеспечиваются ка-

чеством изготовления, сборки и обкатки при производстве; реализуются в процессе эксплуатации машины с повышением или понижением области работоспособного состояния в зависимости от режимов технических обслуживаний и ремонтов, диагностического обеспечения, применяемых топливо-смазочных материалов (ТСМ), условий работы и т.д.

Интенсивность изменений выходных параметров, обуславливающих работоспособность машины, зависит от множества факторов, которые объединяют в три группы: конструктивные, технологические и эксплуатационные (рис. 1.1). Обеспечить высокий уровень работоспособности машины можно только в результате комплексных взаимоувязанных мероприятий при ее проектировании, производстве и эксплуатации.

Критериями работоспособности машины при ее создании являются прочность, износостойкость, жесткость, теплостойкость, вибрационная устойчивость. На этапе эксплуатации основной критерий по обеспечению работоспособности — износостойкость. Потеря работоспособности машин чаще всего (более чем на 80 %) происходит вследствие износа. Процесс изнашивания зависит от множества факторов, а величина износа носит случайный характер.

Для определения потребности в запасных частях, прогнозирования ресурса, обоснования режимов технического обслуживания (ТО) и ремонта устанавливаются вид закона распределения износа, его характеристики и границы отклонения, средняя величина скорости изнашивания.

На этапе эксплуатации машин факторы, характеризующие условия эксплуатации (температура окружающей среды, запыленность и влажность окружающей среды и др.), изменяют скорость изнашивания и влияют на конструктивные и технологические решения для повышения выходных параметров машины. Другими факторами (режимы нагружения, обслуживания и ремонта, повышение качества применяемых топлив, масел и технических жидкостей, токсичность выхлопных газов, очистка используемых масел и др.) можно управлять в процессе поддержания и восстановления работоспособности машины. Износ сопряжений непосредственно влияет на выходные параметры машины, снижая ее работоспособность. Для управления изменением выходных параметров, обуславливающих способность выполнить заданные функции, необходимо установить их зависимость от износа сопряжений, лимитирующих наработку работоспособного состояния.

Анализ показателей работоспособности (надежности) гидрофицированных машин показывает, что самая низкая вероятность безотказной работы наблюдается в гидроприводе (более 50 % отказов от общего количества). Исследования авторов подтверждают, что вероятность безотказной работы гидропривода погрузчика «Амкодор 332» к наработке 1000 моточасов оказалась самой низкой и составила 0,4.

Важнейшими факторами, лимитирующими наработку до отказа гидронасосов, гидродвигателей и аппаратуры управления, являются количество механических примесей в рабочей жидкости (РЖ) и их размеры (снижение размеров с 20 до 5 мкм увеличивает ресурс насосов в 10 раз). Заложив при проектировании тонкость очистки РЖ менее 5 мкм и максимальную наработку ее замены с учетом рекомендуемой технологии, можно обеспечить работоспособность основных элементов гидропривода на протяжении ресурса машины (фирма JSB обеспечивает тонкость очистки РЖ 1,5 мкм с наработкой ее замены 6000 моточасов, что позволяет стабилизировать техническую производительность на этапе эксплуатации). Заложенные параметры работоспособности на этапе проектирования и изготовления обеспечивают эксплуатацию в соответствии с функциональным назначением машины. Продолжительность работоспособности машины определяется не только совершенством конструкции и качеством изготовления, но и динамикой основных выходных параметров: производительности, себестоимости машино-часа, количества рабочего времени, коэффициента полезного действия (КПД), комплексного показателя надежности от ее наработки с начала эксплуатации или после капитального ремонта (КР). С увеличением наработки машины с начала эксплуатации эти параметры значительно изменяются и достигают предельных значений, при которых дальнейшее использование машины нецелесообразно.

Динамику выходных параметров машины можно определить диагностированием по величинам, характеризующим изменение ее работоспособного состояния. Дополнительные затраты на диагностику и ремонт позволяют увеличить значения выходных параметров (КПД гидропривода и др.), что приведет к значительному снижению стоимости единицы продукции, повышению производительности, выручки и прибыли. Оценку технического состояния машины в целом можно производить по изменению таких параметров, как мощность, расход топлива, КПД, усилие на рабочем органе, состав выхлопных газов и др. При предельном значении одного из них машина теряет работоспособное состояние и требует технического воздействия для восстановления численных значений выходных параметров. Инте-

гральным выходным параметром машины является производительность, которая зависит от мощности, КПД, усилия на рабочем органе, внутрисменного режима работы, годовой наработки и др. Еще один интегральный выходной параметр машины — себестоимость машино-часа, которая включает затраты, связанные с использованием машины в соответствии с функциональным назначением, и затраты на поддержание и восстановление ее работоспособности. Исследования показали, что затраты на ТСМ, технические жидкости и обеспечение работоспособности составляют более 70 % эксплуатационных затрат при использовании машины. Причем составляющие себестоимости машино-часа увеличиваются с повышением наработки машины с начала эксплуатации.

На этапе эксплуатации жизненного цикла машины оценку значений параметров, характеризующих ее работоспособное состояние, необходимо обеспечивать не по усредненным значениям с указанием доверительной вероятности, а по фактическим, определяемым по результатам диагностирования и (или) индивидуального учета, который уже ведется на предприятиях дорожной отрасли. Для этого устанавливаются приборы на каждую машину, определяющие расход топлива, наработку, полезное время работы, простои и другие показатели.

Анализ динамики выходных параметров и экономическая оценка эффективности использования машины позволят определить изменения в области ее работоспособности. Снижение интенсивности изменений контролируемых параметров и их качественное улучшение техническим воздействием расширят область работоспособного состояния машины.

Классификация отказов

Основа классификации отказов — характер возникновения и особенности протекания процессов, приводящих к отказу. Отказы могут быть внезапными и постепенными.

Внезапный отказ возникает при скачкообразном изменении одного или нескольких параметров объекта, определяющих его качество. Такие изменения являются следствием сочетания неблагоприятных факторов воздействия. Внезапный отказ может возникнуть при возрастании механических нагрузок, превышающих расчетные, при несоблюдении условий эксплуатации, наличии скрытых технологических дефектов, прекращении подачи смазки и т.п. Потеря работоспособности при этом происходит внезапно, без предшествующих признаков разрушения.

Постепенный отказ происходит из-за постепенного изменения одного или нескольких параметров объекта. Основная их причина — износ деталей и процесс естественного старения. Постепенному отказу предшествуют различные прямые и косвенные признаки, позволяющие его прогнозировать.

Принципиальной разницы между внезапными и постепенными отказами не существует. Внезапные отказы чаще всего являются следствием постоянного, но скрытого от глаз наблюдателя старения, ухудшающего начальные параметры объекта. Так, постепенное накопление усталостных напряжений приводит к внезапному отказу.

Отказы в зависимости от их последствий можно разделить на зависимые и независимые. *Зависимые отказы* происходят вследствие отказа другой детали. Примером зависимого отказа может служить выход из строя поршня при обрыве клапана. *Независимые отказы* не зависят от отказов других деталей рассматриваемого изделия.

В зависимости от причины возникновения отказы подразделяют на конструкционные, производственные и эксплуатационные. *Конструкционный отказ* — это отказ, возникший в результате несовершенства или нарушения установленных правил и (или) норм конструирования объекта. Отказ в результате несовершенства либо нарушения установленного процесса изготовления или ремонта, выполнявшегося на ремонтном предприятии, называется *производственным отказом*. *Эксплуатационный отказ* — это отказ, возникший в результате нарушения установленных правил и (или) условий эксплуатации объекта.

1.2. Показатели работоспособности (надежности) машин

Изменение выходных параметров, характеризующих работоспособность СДМ на этапе их эксплуатации, зависит от показателей надежности, поэтому они являются и показателями работоспособности.

Показатели работоспособности СДМ — безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость.

Безотказность — свойство объекта непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение некоторого времени или некоторой наработки. Безотказность объекта обусловлена вероятностью безотказной работы, средней наработкой до отказа, гамма-процентной наработкой до отказа, средней наработкой на отказ, интенсивностью отказов, параметром потока отказов и установленной безотказной наработкой.

Основным показателем безотказности является *вероятность безотказной работы*, характеризующая вероятность того, что в пределах заданной наработки отказ объекта не возникает. Ее определяют по формуле

$$P(H) = \frac{N - N_0}{N}, \quad (1.1)$$

где N — число подконтрольных объектов; N_0 — число объектов, отказавших за период времени t .

Средняя наработка до отказа — математическое ожидание наработки объекта до первого отказа:

$$H_1 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N H_i, \quad (1.2)$$

где H_i — наработка до отказа i -го объекта.

Гамма-процентная наработка до отказа — наработка, в течение которой отказ объекта не возникнет с вероятностью γ , выраженной в процентах:

$$P_\gamma = \frac{\gamma}{100} = 1 - F(H_\gamma), \quad (1.3)$$

где $F(H_\gamma)$ — функция распределения гамма-процентной наработки.

Средняя наработка на отказ характеризуется отношением наработки восстанавливаемого объекта к математическому ожиданию числа его отказов в течение этой наработки:

$$H_2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n H_i, \quad (1.4)$$

где H_i — наработка объекта между двумя отказами; n — число отказов объекта в течение рассматриваемой наработки.

Интенсивность отказов — условная плотность вероятности возникновения отказа невосстанавливаемого объекта, определяемая для рассматриваемого момента времени при условии, что до этого момента отказ не возник:

$$\lambda(H) = \frac{N(H) - N(H + \Delta H)}{\Delta H N(H)}, \quad (1.5)$$

где $N(H)$, $N(H + \Delta H)$ — число объектов, работоспособных при наработке H и $(H + \Delta H)$ соответственно.

Параметр потока отказов характеризуется отношением среднего числа отказов восстанавливаемого объекта за произвольно малую наработку ΔH к значению этой наработки:

$$\omega(H) = \frac{\sum_{i=1}^N n_i(H + \Delta H) - \sum_{i=1}^N n_i(H)}{N\Delta H}, \quad (1.6)$$

где $n_i(H + \Delta H)$, $n_i(H)$ — число отказов по N_i объекту при наработке H и $(H + \Delta H)$ соответственно.

Долговечность — свойство объекта сохранять работоспособность до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонта. Важнейшие показатели долговечности — средний, гамма-процентный, назначенный ресурс, средний, гамма-процентный и установленный сроки службы.

Средний ресурс — это математическое ожидание ресурса:

$$R = \frac{\sum_{i=1}^N \tau_i}{N}, \quad (1.7)$$

где τ_i — ресурс i -й машины.

Гамма-процентный ресурс — наработка, в течение которой объект не достигнет предельного состояния с заданной вероятностью γ , выраженной в процентах:

$$R_\gamma = \frac{\gamma}{100} = 1 - F(R_\gamma). \quad (1.8)$$

Назначенный ресурс — суммарная наработка объекта, при достижении которой применение по назначению должно быть прекращено.

Средний срок службы — математическое ожидание срока службы.

Гамма-процентный срок службы характеризует календарный период от начала эксплуатации объекта, в течение которого он не достигает предельного состояния с заданной вероятностью γ , выраженной в процентах.

Ремонтпригодность — свойство объекта, заключающееся в приспособленности к предупреждению и обнаружению причин возникновения отказов и повреждений, поддержанию и восстановлению работоспособного состояния путем проведения технического обслуживания и ремонта. Показатели ремонтпригодности — среднее время и средняя трудоемкость восстановления работоспособного состояния.

Среднее время восстановления работоспособного состояния — математическое ожидание времени восстановления работоспособного состояния:

$$t_{\text{в}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_{\text{в}i}, \quad (1.9)$$

где $t_{\text{в}i}$ — время восстановления i -го отказа; n — количество отказов.

Средняя трудоемкость восстановления работоспособного состояния — математическое ожидание трудоемкости восстановления работоспособного состояния:

$$t_{\text{ср}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T_i, \quad (1.10)$$

где T_i — трудоемкость восстановления i -го отказа.

Сохраняемость — свойство объекта сохранять значения показателей безотказности, долговечности и ремонтпригодности в течение или после хранения и транспортировки. Показатели сохраняемости — средний срок сохраняемости (математическое ожидание срока сохраняемости) и гамма-процентный срок сохраняемости, достигаемый объектом с заданной вероятностью γ , выраженной в процентах.

1.3. Виды, допустимый и предельный уровни потери работоспособности машин

При взаимодействии рабочего органа с разрабатываемым материалом происходит абразивное изнашивание с многократным деформированием поверхности металла, в результате чего наблюдается усталостное разрушение его поверхностного слоя. Усталостные разрушения возникают также в деталях машин при трении качения с проскальзыванием. Они приводят, как правило, к непрогнозируемым внезапным отказам. Анализ выбраковки деталей на ремонтных заводах показал, что металлоконструкция экскаваторов (стрела, рукоять, гусеничные рамы) выходит из строя в результате поломки или деформации, а шарниры рабочего оборудования и движителя — в результате изнашивания.

Отказы могут возникнуть вследствие износа деталей или нарушения регулировки сборочных единиц. В условиях эксплуатации необходимо своевременно обнаруживать износ сопряжений без разборки машины. Так, увеличенные зазоры в сопрягаемых деталях можно определить покачиванием деталей относительно друг друга, причем зазор в пределах 0,05–0,10 мм можно выявить без приборов.

Шум в зубчатых передачах свидетельствует об увеличенном зазоре и износе профиля зубьев. Стуки и шум в подшипниках

возникают из-за износа шариков (роликов) или беговых дорожек. Глухие и резкие толчки при изменении направления вращения связаны с износом шпоночных и шлицевых соединений. Работоспособность подшипников и других трущихся поверхностей можно определить по коэффициенту трения и температуре нагрева (если она превышает 70 °С, это свидетельствует о наличии неисправностей).

О потере работоспособности гидро- и пневмосистем можно судить по выходному параметру их герметичности и степени загрязнения рабочей жидкости и воздуха, а о степени износа поверхности прецизионных сопряжений распределителей, топливных насосов и гнезд клапанов гидро- и пневмосистем — по возрастанию утечек, падению давления или увеличению коэффициента трения.

Оценка потери работоспособности сложных систем производится по выходным параметрам: для насоса — это производительность, давление и равномерность подачи, для двигателей внутреннего сгорания — развиваемая мощность, расход топлива и количество газов, прорывающихся в картер. Для оценки работоспособности трансмиссии применяют суммарный люфт, значение коэффициента полезного действия, кинематическую неравномерность, интенсивность изменения температуры и виброакустические сигналы, генерируемые сборочной единицей.

Работоспособность цепных передач контролируется суммарным угловым зазором (до 90 %) и максимальным износом по толщине зуба, определяемыми по дуге начальной окружности (до 20 %). Как правило, зазоры в этих зацеплениях регулируются натяжными роликами или изменением межцентрового расстояния.

Для гусеничного движителя характерен абразивный износ, который регламентируется суммарным износом десяти звеньев. Интенсивность изнашивания шин колесного движителя зависит от давления сжатого воздуха, установки передних колес, балансировки колес. Нарушение натяжения гусеницы приводит к потере мощности на 7–9 %. Снижение давления в шинах приводит к перерасходу топлива на 15 %.

Работоспособность дисков трения фрикционных муфт и сцеплений во многом определяется действиями оператора, качеством регулировки и частотой включения. Сцепление оценивается свободным ходом (20–40 мм), который соответствует 2–4 мм зазора между отжимными рычагами и выжимными подшипниками.

Большое влияние на работоспособность СЕ оказывают качество и состояние смазки, которая в процессе эксплуатации из-за окисления и загрязнения теряет свои свойства. Потеря работоспособности машины зависит от отказов агрегатов, систем и СЕ.

Средние значения отказов составляют: по двигателю — 18 %, по трансмиссии — 15 % с самой высокой трудоемкостью ремонта (до 40 %); по электрооборудованию — до 14 %; по гидроприводу — до 40 % при тонкости очистки рабочей жидкости более 25 мкм и до 5 % при тонкости очистки менее 5 мкм; по металлоконструкции — до 5 %.

В процессе эксплуатации машины параметры, характеризующие ее работоспособность, изменяются от номинальных до предельных значений. По интенсивности их изменения можно определить остаточный ресурс и исключить отказ машины на объекте.

Допустимый и предельный уровни потери работоспособности

Предельный уровень работоспособности машины характеризуется значениями параметров, при которых ее дальнейшая эксплуатация должна быть прекращена. Работа деталей в машине сопровождается неизбежным и непрерывным во времени процессом изнашивания трущихся поверхностей. Этот процесс можно представить в виде классической кривой (рис. 1.2).

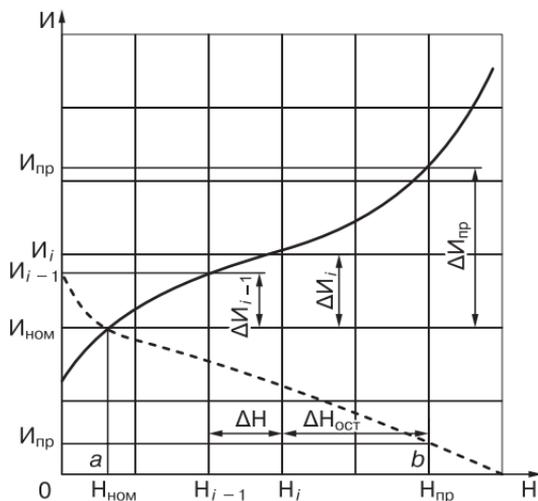


Рис. 1.2. Зависимость контролируемых параметров от наработки

Зона $0a$ характеризует приработку сопряженных пар. Для некоторых деталей (резиновых и пластмассовых, подшипников качения) она полностью отсутствует, а для других период приработки настолько мал, что им можно пренебречь.

Оглавление

Предисловие	3
Список сокращений	5
Глава 1. Работоспособность строительных и дорожных машин	6
1.1. Основные понятия о работоспособности машин	6
1.2. Показатели работоспособности (надежности) машин	11
1.3. Виды, допустимый и предельный уровни потери работоспособности машин	14
1.4. Роль триботехники в обеспечении работоспособно- сти машин	18
1.5. Оценка надежности строительных и дорожных машин...	26
1.6. Обеспечение работоспособности при проектировании, изготовлении и эксплуатации машин.....	42
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	<i>67</i>
Глава 2. Планирование поддержания и восстановления работоспособности строительных и дорожных машин	69
2.1. Суть системы технического обслуживания и ремонта..	69
2.2. Планирование технического обслуживания и ремонта....	72
2.3. Вероятностно-математические методы обоснования режимов технического обслуживания и ремонта.....	84
2.4. Обоснование режимов технического обслуживания и ремонта.....	86
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	<i>89</i>
Глава 3. Организация технического обслуживания и ремонта строительных и дорожных машин	90
3.1. Основные принципы организации	90
3.2. Организация технологического процесса технического обслуживания и ремонта	93
3.3. Прогнозирование расхода сборочных единиц для восстановления работоспособности машин	100
3.4. Фирменное обслуживание	105
3.5. Современные особенности организации технического обслуживания и ремонта в странах СНГ	109
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	<i>120</i>
Глава 4. Проектирование предприятий по обеспечению работоспособности строительных и дорожных машин	121
4.1. Исходные данные для проектирования ремонтно- механических мастерских.....	121

4.2. Определение годовой трудоемкости технического обслуживания и ремонта	123
4.3. Определение фондов рабочего времени, численности производственных рабочих, расчет количества рабочих постов и выбор технологического оборудования	124
4.4. Расчет площадей производственных, складских помещений и стоянок машин	126
4.5. Компоновка производственного корпуса	129
4.6. Разработка генерального плана по обеспечению работоспособности машин.....	139
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	<i>142</i>
Глава 5. Правила эксплуатации строительных и дорожных машин	143
5.1. Подготовка машин к эксплуатации.....	143
5.2. Особенности эксплуатации, средства и способы обеспечения работоспособности машин при низких температурах	149
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	<i>154</i>
Глава 6. Диагностирование строительных и дорожных машин....	155
6.1. Основные понятия	155
6.2. Параметры диагностирования	159
6.3. Методы диагностирования машин	162
6.4. Прогнозирование остаточного ресурса	166
6.5. Структурная схема диагностирования.....	173
6.6. Диагностирование машины в целом	175
6.7. Диагностирование систем двигателя внутреннего сгорания	182
6.8. Диагностирование трансмиссии	194
6.9. Диагностирование движителей и систем управления	205
6.10. Диагностирование силового электропривода	208
6.11. Диагностирование электрооборудования	210
6.12. Диагностирование металлоконструкций	220
6.13. Диагностирование гидропривода	222
6.14. Организация диагностирования машин.....	232
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	<i>240</i>
Глава 7. Затраты, связанные с эксплуатацией строительных и дорожных машин	241
7.1. Основные составляющие эксплуатационных затрат	241
7.2. Пути экономии топлива, смазочных материалов и технических жидкостей	243
7.3. Определение себестоимости одного машино-часа	248

7.4. Влияние наработки с начала эксплуатации на себестоимость машино-часа.....	255
7.5. Индивидуальный учет, контроль за использованием машин в дорожной отрасли.....	257
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	268
Глава 8. Повышение эффективности технической эксплуатации строительных и дорожных машин	269
8.1. Увеличение продолжительности этапа эксплуатации машин.....	269
8.2. Обеспечение работоспособности машины с учетом изменений технико-экономических показателей на этапе эксплуатации жизненного цикла	277
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	280
Глава 9. Охрана труда при технической эксплуатации строительных и дорожных машин	281
9.1. Охрана труда на предприятиях по обслуживанию и ремонту машин	281
9.2. Охрана окружающей среды.....	282
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	284
Заключение	285
Приложения	289
Литература	297

Учебное издание

Максименко Алексей Никифорович
Кутузов Виктор Владимирович

ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ И ДОРОЖНЫХ МАШИН

Учебное пособие

Редактор *И.В. Тургель*
Художественный редактор *В.А. Ярошевич*
Технический редактор *Н.А. Лебедевич*
Корректоры *О.И. Голденкова, Е.З. Липень*
Компьютерная верстка *В.В. Конева*

Подписано в печать 23.10.2015. Формат 84×108/32. Бумага офсетная.
Гарнитура Newton. Печать офсетная. Усл. печ. л. 15,96. Уч.-изд. л. 19,7.
Тираж 400 экз. Заказ 2045.

Республиканское унитарное предприятие «Издательство “Вышэйшая школа”». Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий № 1/3 от 08.07.2013.
Пр. Победителей, 11, 220048, Минск.
e-mail: market@vshph.com <http://vshph.com>

Открытое акционерное общество «Типография “Победа”». Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий № 2/38 от 29.01.2014.
Ул. Тавлая, 11, 222310, Молодечно.