

## 4. ИСПЫТАНИЯ МАШИН

### 4.1. Виды испытаний

Измерения, испытания и контроль являются основными методами оценки соответствия при сертификации. Особенности их применения определяются задачами, которые решает испытательная лаборатория при оценке качества продукции (табл. 4.1).

*Задача испытания* – получение количественных или качественных оценок характеристик продукции, т. е. оценивание способности выполнять требуемые функции в заданных условиях. Эта задача решается в испытательных лабораториях. Результатом является подготовленный протокол испытаний с указанием параметров продукции.

*Задача контроля* – установление соответствия характеристик продукции заданным в нормативных документах требованиям, в том числе и по результатам испытаний. Эту задачу решают эксперты органа по сертификации на основании протокола испытаний. Поэтому задачу контроля можно назвать задачей экспертной оценки.

В зависимости от объекта контроля может быть контроль продукции, услуг, систем качества (производств) и персонала. Все объекты контролируются на соответствие требованиям норм, установленным на сырье, материалы, изделия, оборудование и инструмент. Одной из важнейших характеристик объектов контроля является их контролепригодность, т.е. свойство конструкции изделия, обеспечивающее возможность, удобство и надежность ее контроля при изготовлении, испытании, техническом обслуживании и ремонте.

Таблица 4.1

Соотношение понятий «измерение», «испытание», «контроль»

Термин	Цель	Качество	Показатель
Измерение	Определение значения величины (параметра)	Степень близости результатов измерения действительному значению	Погрешность измерения $\Delta_{изм}$

Испытание	То же при заданных режимах и воздействующих факторах, определяющих значение величины (параметра)	То же при заданных режимах испытания и воздействующих факторах	$\Delta_u = \Delta_p + \Delta_\phi + \Delta_{изм}$ , где $\Delta_p$ – погрешность режима; $\Delta_\phi$ – погрешность факторов
Контроль	Установление факта нахождения величины (параметра) в заданном допуске при заданных режимах испытания и воздействующих факторах	Степень достоверности нахождения параметра в допустимых пределах	Вероятность ошибок I и II рода с учетом $\Delta_u$

Кроме названных объектов контролю подвергаются элементы системы качества и стадии процесса производства. Контроль после какой-либо операции на станке, прессе, сборке называется операционным. После изготовления готовой детали, узла или изделия в качестве готовой продукции применяют приемочный контроль; проводится контроль комплектности, упаковки и транспортирования и, наконец, контроль хранения. Какие параметры подлежат контролю и каким инструментом или прибором контролируется объект при операционном контроле, регламентируется картой технологического процесса в графе «Контрольная операция». Приемочный контроль проводят по государственным стандартам, общим техническим условиям и соответствующим техническим условиям.

Контроль объектов или стадий процесса производства может быть: *летучим* – срок проведения его не регламентирован; *периодическим* – проводится через определенный промежуток времени (часы, сутки, месяцы); *непрерывным* – ведется непрерывно (постоянно).

В зависимости от средств контроля различают контроль:

- *визуальный*, когда объект подвергается осмотру и определяется его соответствие требованиям нормативно-технической документации (НТД) (все ли операции выполнены, наличие маркировки, сопроводительной документации);

- *органолептический* – субъективный метод контроля, проводимый специалистами-экспертами (оценка в баллах);

- *инструментальный* – контроль, осуществляемый при помощи измерительного инструмента, калибров, приборов, стендов, испытательных машин и др.

Последний вид контроля может быть ручным, автоматизированным и автоматическим. При ручном контроле используется ручной измерительный инструмент (штангенциркули, микрометры, калибры, скобы, индикаторы и т. д.) для проверки деталей и изделий. Данный контроль весьма субъективен: даже при сплошном контроле вручную обнаруживается лишь 2–4% дефектных деталей. Автоматизированный контроль связан с использованием специальных средств, позволяющих исключить субъективизм при измерении. Наиболее прогрессивным является автоматический контроль, т. е. при изготовлении деталей и узлов встраиваются автоматические средства контроля, с помощью которых осуществляют непрерывный контроль. Этот вид контроля широко применяется при производстве подшипников качения.

В зависимости от объема продукции различают контроль: *сплошной*, при котором решение о качестве контролируемой продукции принимается по результатам проверки каждой единицы продукции; *выборочный*, при котором решение о качестве принимается по результатам проверки одной или нескольких выборок (в зависимости от требований НТД) из партии или потока продукции.

По характеру воздействия на ход производственного процесса различают активный и пассивный контроль. При *активном* контроле (он осуществляется приборами, встроенными в технологическое оборудование) полученные результаты используются для непрерывного управления процессом изготовления изделий. *Пассивный* контроль лишь фиксирует полученный результат.

По характеру воздействия на объект контроль может быть *разрушающим*, при котором продукция становится непригодной для дальнейшего использования по назначению, и *неразрушающим*.

По типу проверяемых параметров выделяют контроль *геометрических параметров* (линейные, угловые размеры, форма и расположение поверхностей, осей, деталей, узлов и агрегатов и т. д.), *физических свойств* (электрических, теплотехнических, оптических и др.), *механических свойств* (прочность, твердость, пластичность при различных внешних условиях); *микро- и макроструктур* (металлографические исследования); *химических свойств* (химический анализ состава вещества, химическая стойкость в различных средах), а также *специальный контроль* (свето-, газонепроницаемость, герметичность).

Испытания продукции – это разновидность контроля, поэтому им также присущ системный подход. В систему испытаний входят следующие основные элементы: объект (изделие, продукция), катего-

рия испытания, средства для проведения испытаний и замеров (испытательное оборудование и поверочные или регистрирующие средства), исполнитель испытания, нормативно-техническая документация на испытания (программа, методики).

В зависимости от стадии жизненного цикла продукции проводятся следующие испытания:

- исследования – исследовательские;
- разработка – доводочные, предварительные, приемочные;
- производство – квалификационные, предъявительские, приемосдаточные, периодические, типовые, инспекционные, сертификационные;
- эксплуатация – подконтрольная эксплуатация, эксплуатационные периодические, инспекционные.

*Исследовательские испытания* при необходимости проводят на любых стадиях жизненного цикла продукции. В процессе производства продукции покупные материалы, комплектующие изделия могут подвергаться контрольным испытаниям при входном контроле, а составные части собственного изготовления – при операционном. Исследовательские испытания проводят для изучения поведения объекта при том или ином внешнем воздействующем факторе (ВВФ) или в том случае, если нет необходимого объема информации. Чаще всего это бывает, когда объект недостаточно изучен, например, при исследовательских работах, проектировании, выборе оптимальных способов хранения, транспортирования, ремонта и технического обслуживания.

В цехах опытного производства по эскизам изготавливают модели, макеты, опытные образцы сборочных узлов или деталей, которые затем испытывают. В процессе испытаний оценивают работоспособность образца, правильность конструкторского решения, определяют возможные характеристики, выясняют закономерности и тенденции изменения параметров. Различные проверки проводят по специальной программе, которую разрабатывает ведущий конструктор.

Исследовательские испытания проводят в основном на типовом представителе с целью получения информации о совокупности всех объектов данного вида. Таким образом, эти испытания проводятся для изучения характеристик свойств объекта, формирования исходных требований к продукции, выбора технических решений, определения характеристик продукции и ее составных частей, выбора

наиболее эффективных методов производства, эксплуатации (применения) и контроля продукции, определения условий эксплуатации.

Исследовательские испытания часто проводят как определительные и оценочные. Цель *определяющих* испытаний – нахождение значений одной или нескольких величин с заданной точностью и достоверностью. Иногда при испытаниях надо лишь установить факт годности объекта, т. е. определить, удовлетворяет ли данный экземпляр из ряда объектов данного вида установленным требованиям или нет. Такие испытания называются *оценочными*.

Испытания, проводимые для контроля качества объекта, называются *контрольными*. Назначение контрольных испытаний – проверка на соответствие техническим условиям определенных экземпляров комплектующих изделий или составных частей при изготовлении. В результате испытаний полученные данные сопоставляют с установленными в технических условиях и делают заключение о соответствии испытываемого (контролируемого) объекта нормативно-технической документации (документации на поставку комплектующих изделий).

*Доводочные испытания* проводят на стадии НИОКР для оценки влияния вносимых в техническую документацию изменений, чтобы обеспечить достижение заданных значений показателей качества продукции. Необходимость испытаний определяет разработчик либо при составлении технического задания на разработку, либо в процессе разработки; он же составляет программу и методику испытаний.

Испытаниям подвергают опытные или головные образцы продукции и ее составные части. Испытания, как правило, проводит или организует разработчик, привлекая к ним при необходимости изготовителя.

Цель *предварительных испытаний* – определение возможности предъявления образцов на приемочные испытания. Испытания проводят в соответствии со стандартом или организационно-методическим документом министерства, ведомства, предприятия. При отсутствии последних необходимость испытаний определяет разработчик. Программа предварительных испытаний максимально приближена к условиям эксплуатации изделия. Организация проведения испытаний такая же, как и при доводочных испытаниях.

Предварительные испытания проводят аттестованные испытательные подразделения с использованием аттестованного испыта-

тельного оборудования. Продукцию, закрепленную за головными организациями, испытывают с их участием или под их контролем.

По результатам испытаний оформляют акт, отчет и определяют возможность предъявления изделия на приемочные испытания.

*Приемочные испытания* проводят для определения целесообразности и возможности постановки продукции на производство. Приемочные испытания изделий единичного производства проводят для решения вопроса о целесообразности передачи этих изделий в эксплуатацию. Испытаниям подвергают опытные или головные образцы (партии) продукции. При поставке на производство семейства, гаммы или типоразмерного ряда продукции типовой представитель выбирают исходя из условия возможности распространения результатов его испытаний на всю совокупность продукции. Приемочные испытания проводят аттестованные испытательные подразделения с использованием аттестованного испытательного оборудования. Продукцию, закрепленную за головными организациями по испытаниям, проверяют указанные организации.

По видам продукции, не закрепленной за головной организацией по государственным испытаниям, проведение испытаний организует одна из сторон – заказчик (основной потребитель), разработчик или изготовитель при участии других сторон под руководством приемочной комиссии в аттестованных испытательных подразделениях.

При приемочных испытаниях контролируют все установленные в техническом задании значения показателей и требований. Приемочные испытания образцов модернизированной или модифицированной продукции по возможности проводят путем сравнительных испытаний образцов этой продукции и образцов выпускаемой продукции.

*Квалификационные испытания* проводят в следующих случаях: при оценке готовности предприятия к выпуску конкретной серийной продукции, если изготовители опытных образцов и серийной продукции разные, а также при постановке на производство продукции по лицензиям и продукции, освоенной на другом предприятии. В остальных случаях необходимость проведения квалификационных испытаний устанавливает приемочная комиссия.

Испытаниям подвергают образцы из установочной серии (первой промышленной партии), а также первые образцы продукции, выпускаемой по лицензиям и освоенной на другом предприятии.

*Приемо-сдаточные испытания* проводят для принятия решения о пригодности продукции к поставке или ее использованию. Испытаниям подвергают каждую изготовленную единицу продукции или выборку из партии. Испытания проводит служба технического контроля изготовителя с участием в установленных случаях представителя заказчика. При наличии на предприятии государственной приемки приемо-сдаточные испытания проводят ее представители. При испытаниях контролируют значения основных параметров и работоспособность изделия. При этом контроль установленных в НТД показателей надежности изделий может осуществляться косвенными методами.

Порядок испытаний установлен в государственном стандарте общих технических требований или технических условиях, а для продукции единичного производства – в техническом задании.

*Периодические испытания* проводят с целью:

- периодического контроля качества продукции;
- контроля стабильности технологического процесса в период между очередными испытаниями;
- подтверждения возможности продолжения изготовления изделий по действующей документации и их приемки;
- подтверждения уровня качества продукции, выпущенной в течение контролируемого периода;
- подтверждения эффективности методов испытания, применяемых при приемочном контроле.

Периодические испытания предназначены для продукции установившегося серийного (массового) производства. При их проведении контролируют значения показателей, которые зависят от стабильности технологического процесса, но не проверяются при приемо-сдаточных испытаниях. Для испытаний представляют образцы продукции, отобранные в соответствии с государственными стандартами, техническими условиями и прошедшие приемосдаточные испытания.

Программа периодических испытаний разнообразна и максимально приближена к условиям эксплуатации.

*Типовые испытания* – контроль продукции одного типоразмера, по единой методике, который проводят для оценки эффективности и целесообразности изменений, вносимых в конструкцию или технологический процесс. Испытаниям подвергают образцы выпускаемой продукции, в конструкцию или технологический процесс изготовления которых внесены изменения. Проводит эти испытания из-

готовитель с участием представителей государственной приемки или испытательная организация. Программу испытаний устанавливают в зависимости от характера внесенных изменений.

*Инспекционные испытания* осуществляют выборочно с целью контроля стабильности качества образцов готовой продукции и продукции, находящейся в эксплуатации. Их проводят специально уполномоченные организации (органы госнадзора, ведомственного контроля, организации, осуществляющие внешнеторговые операции и др.) в соответствии с НТД на эту продукцию по программе, установленной организацией, их выполняющей, или согласованной с ней.

*Сертификационные испытания* проводят для определения соответствия продукции требованиям безопасности и охраны окружающей среды, а в некоторых случаях и важнейших показателей качества продукции: надежности, экономичности и т. д.

Сертификационные испытания – элемент системы мероприятий, направленных на подтверждение соответствия фактических характеристик продукции требованиям НТД. Сертификационные испытания, как правило, проводят независимые от производителя испытательные центры. По результатам испытаний выдается сертификат или знак соответствия продукции требованиям НТД. Сертификация предполагает взаимное признание результатов испытаний поставщиком и потребителем продукции, что особенно важно при внешнеторговых операциях.

Программу и методы испытаний устанавливают в сертификационной документации и указывают в положении по сертификации данного вида продукции с учетом особенностей ее изготовления, испытаний и поставки.

*Подконтрольную эксплуатацию* проводят для подтверждения соответствия продукции требованиям нормативно-технической документации в условиях ее применения, получения дополнительных сведений о надежности, разработки рекомендаций по устранению недостатков, повышению эффективности применения, а также для получения данных, которые учитывались бы при последующих разработках. Для подконтрольной эксплуатации выделяют образцы, которым создают условия, близкие к эксплуатационным. Для серийной продукции предпочтительно ставить на подконтрольную эксплуатацию образцы, прошедшие квалификационные или периодические испытания. Результаты подконтрольной эксплуатации (сведения об отказах, техническом обслуживании, ремонте, расходе запасных частей и др.)



потребитель вносит в извещения, которые отправляет изготовителю (разработчику), или в журнал на месте эксплуатации.

*Эксплуатационные периодические* испытания проводят для определения возможности или целесообразности дальнейшей эксплуатации (применения) продукции в том случае, если изменение ее показателя качества может создать угрозу безопасности, здоровью, окружающей среде или привести к снижению эффективности ее применения. Испытаниям подвергают каждую единицу эксплуатируемой продукции через установленные интервалы наработки или календарного времени. Испытания проводят органы госнадзора в соответствии с положением о них или потребитель. При испытаниях контролируют соответствие продукции нормам и требованиям по безопасности и экологии, установленным в НТД (стандартах, инструкциях, правилах), а также нормам и требованиям, определяющим эффективность ее применения и приведенным в эксплуатационных документах.

Допускается совмещать следующие категории испытаний:

- предварительные с доводочными;
- приемочные с приемо-сдаточными – для продукции единичного производства;
- приемочные с квалификационными – при приемочных испытаниях головных или опытных образцов (опытных партий) с подготовленным технологическим процессом для серийного производства на этом этапе;
- периодические с типовыми – при согласии заказчика (основного потребителя), кроме продукции, подлежащей государственной приемке;
- сертификационные с приемочными и периодическими.

Испытания проводятся на следующих уровнях:

- государственном – для приемочных, квалификационных, инспекционных, сертификационных и периодических (если их результаты используют при аттестации продукции по категориям качества);
- межведомственном – для приемочных, квалификационных и инспекционных испытаний;
- ведомственном – для приемочных, квалификационных и инспекционных испытаний.

Испытания важнейших видов продукции производственно-технического назначения проводятся в головных организациях. Испытания именно таких видов называются государственными. Таким образом, наряду с приемочными испытаниями, т. е. испытаниями для выдачи раз-

решения на серийное производства, к государственным испытаниям могут относиться квалификационные, периодические (для аттестации продукции по категориям качества), инспекционные и сертификационные. В государственных испытаниях принимают участие представители всех заинтересованных министерств (ведомств).

Межведомственные испытания проводят, как правило, при приемочных испытаниях, когда в комиссии принимают участие представители нескольких министерств (ведомств). Ведомственные испытания – это испытания, проводимые комиссией из представителей заинтересованного министерства (ведомства).

При проведении испытаний необходимо обеспечить их единство, т. е. необходимую точность, воспроизводимость и достоверность результатов испытаний. Обеспечение единства испытаний направлено на устранение расхождений в результатах повторных испытаний у поставщика и потребителя и сокращение объема повторных испытаний. При этом главной целью испытаний являются безусловная достоверность и полнота получаемой при испытаниях информации о качестве продукции.

Работы по обеспечению единства испытаний организуются министерствами (ведомствами) под методическим руководством Госстандарта России через головные организации по государственным испытаниям продукции, головные и базовые организации по стандартизации, контрольно-испытательные и метрологические службы объединений, предприятий, организаций. Технической основой обеспечения единства испытаний являются аттестованное испытательное оборудование и поверенные средства измерений, средства аттестации и поверки.

Нормативно-методической основой обеспечения единства испытаний являются:

- стандарты на методы испытаний продукции, а также разделы методов испытаний в стандартах и технических условиях на конкретную продукцию;
- программы и методики испытаний продукции;
- организационно-методические документы, устанавливающие порядок деятельности испытательных подразделений, регламентирующие общие требования к испытаниям продукции, а также надзор за их проведением;
- стандарты «Государственной системы обеспечения единства измерений (ГСИ)».

По условиям и месту проведения различают испытания:

- *лабораторные*, осуществляемые в лабораторных условиях;
- *стендовые*, проводимые на испытательном оборудовании в испытательных или научно-исследовательских подразделениях. Испытательное оборудование может выпускаться серийно, например вибрационные стенды для испытаний на вибрацию, ударные стенды и др., а может специально разрабатываться (проектироваться и изготавливаться) в процессе создания нового изделия для его испытания с целью получения каких-либо характеристик (показателей);

- *полигонные*, выполняемые на испытательном полигоне, например испытания автомобилей;

- *натурные* – испытания в условиях, соответствующих условиям его использования по прямому назначению. В данном случае испытываются не составные части изделия или его модель, а только непосредственно изготовленная продукция. Характеристики свойств изделия при натуральных испытаниях определяются непосредственно без использования аналитических зависимостей, отражающих физическую структуру объекта испытаний или его частей;

- *испытания с использованием моделей* проводятся на физической модели (упрощенной, уменьшенной) изделия или его составных частей; иногда при этих испытаниях возникает необходимость в проведении расчетов на математических и физико-математических моделях в сочетании с натурными испытаниями объекта и его составных частей.

По продолжительности (временной полноте) проведения испытания могут быть:

- *нормальные*, когда методы и условия проведения обеспечивают получение необходимого объема информации о характеристиках свойств продукции (объекта) в такой же интервал времени, как и в предусмотренных условиях эксплуатации;

- *ускоренные*, когда методы и условия проведения обеспечивают получение необходимой информации о характеристиках свойств объекта в более короткий срок, чем при нормальных испытаниях. Проведение ускоренных испытаний позволяет сокращать затраты средств и времени на создание продукции. Ускорение получения результатов испытаний может быть достигнуто за счет применения повышенных нагрузок, увеличения температур при термических испытаниях и т.д.;

- *сокращенные*, проводимые по сокращенной программе.

По результату воздействия, как и в методах контроля, различают испытания:

– *неразрушающие* – объект испытаний после проведения испытаний может функционировать (эксплуатироваться);

– *разрушающие* – объект после проведения испытаний не может быть использован для эксплуатации.

Наконец, по определяемым характеристикам объекта различают испытания:

° *функциональные* – проводятся с целью определения показателей назначения объекта;

° на *надежность* – осуществляются для определения показателей надежности в заданных условиях;

° на *прочность* – проводятся для установления значений воздействующих факторов, при которых определенные характеристики объекта выходят за установленные пределы;

° на *устойчивость* – выполняются для контроля способности изделия реализовывать свои функции и сохранять значения параметров в пределах норм, установленных НТД, во время воздействия на него определенных факторов (агрессивных сред, ударной волны, электрического поля, радиационных излучений и т.д.);

° на *безопасность* – проводятся с целью подтверждения, установления фактора безопасности для обслуживаемого персонала или лиц, имеющих отношение к объекту испытаний;

° на *транспортабельность* – осуществляются с целью определения возможности транспортирования объекта в той или иной таре без нарушения способности объекта выполнять свои функции и сохранять значения параметров в пределах норм;

° *граничные* – проводятся для определения зависимостей между предельно допустимыми значениями параметров объекта и режимом эксплуатации;

° *технологические* – выполняются при изготовлении продукции с целью обеспечения ее технологичности.

В руководстве ИСО/МЭК2 дано следующее определение термина «испытание»: *техническая операция, заключающаяся в определении одной или нескольких характеристик данной продукции, процесса или услуги в соответствии с установленной процедурой*. Другое определение дано в ГОСТ 16504–81 «Система государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения». Согласно этому документу, ис-

*пытания – экспериментальное определение (оценивание) количественных и (или) качественных свойств объекта как результата воздействия на него при его функционировании, а также при моделировании объекта и (или) воздействии на него.*

Основными составляющими процесса испытаний являются следующие:

1. *Объект испытаний* – продукция, подвергаемая испытаниям. Главным признаком объекта испытаний является то, что по результатам испытаний принимается решение именно по этому объекту: о его годности или браковке, о возможности предъявления на последующие испытания, о возможности серийного выпуска и т. п. Характеристики свойств объекта при испытаниях можно определить путем измерений, анализов, диагностирования, применения органолептических методов или регистрации определенных событий при испытаниях (отказы, повреждения) и т. д.

При испытаниях характеристики свойств объекта либо оценивают, либо контролируют. В первом случае задачей испытаний является получение количественных или качественных оценок свойств объекта, во втором – только установление соответствия характеристик объекта заданным требованиям.

2. *Условия испытаний* – это совокупность воздействующих факторов и (или) режимов функционирования объекта при испытаниях. Условия испытаний могут быть реальными или моделируемыми, предусматривать определение характеристик объекта при его функционировании и отсутствия функционирования, при наличии воздействий или после их приложения.

3. *Средства испытаний* – это технические устройства, необходимые для проведения испытаний. Сюда входят средства измерений, испытательное оборудование и вспомогательные технические устройства.

4. *Исполнители испытаний* – это персонал, участвующий в процессе испытаний. К нему предъявляются требования по квалификации, образованию, опыту работы, другим критериям.

Нормативно-методическую основу процесса испытаний составляют:

- комплекс стандартов, регламентирующих организационно-методические и нормативно-технические основы испытаний;
- комплекс стандартов системы разработки и постановки продукции на производство;

- комплекс стандартов государственной системы обеспечения единства измерений (ГСИ);
- нормативно-технические и технические документы, регламентирующие требования к продукции и методам ее испытаний;
- нормативно-технические документы, регламентирующие требования к средствам испытаний и порядок их использования.

Основным документом, определяющим качество технологического процесса испытаний, является методика испытаний.

Сертификационные испытания продукции в большинстве случаев проводятся для оценки соответствия функциональных показателей условиям эксплуатации, способности к воздействию внешних факторов и критериям надежности. Внешние воздействующие факторы (ВВФ) во многом определяют требования к безопасности продукции в сфере ее применения и поэтому обычно оцениваются в рамках обязательной сертификации. Надежность как основное потребительское свойство продукции играет существенную роль в ее конкурентоспособности на рынке. Показатели надежности часто являются предметом оценки при добровольной сертификации.

В зависимости от характера воздействия на изделия все ВВФ делятся на классы: механические, климатические и другие природные, биологические, радиационные, электромагнитных полей, специальных сред, термические [3]. Сертификационные испытания на надежность проводят с целью оценки соответствия показателей надежности продукции технического применения. Для этого в испытательной лаборатории определяются количественные значения показателей надежности.

Очевидно, что продолжительное хранение и транспортирование в необходимых условиях для многих объектов может отрицательно влиять не только на их поведение во время хранения, но и при последующем применении объекта. Вторая составляющая сохраняемости имеет особенно существенное значение.

*Срок сохраняемости* – это такая продолжительность пребывания объекта в режимах хранения и транспортирования, при которой изменения значений показателей безотказности, ремонтпригодности и долговечности объекта, обусловленные его хранением и транспортированием, находятся в допустимых пределах. Следует различать сохраняемость объекта до ввода его в эксплуатацию и в период эксплуатации (при перерывах в работе).

В зависимости от особенностей и назначения объекта срок сохраняемости его до ввода в эксплуатацию может включать срок сохраняемости в упаковке или законсервированном виде, монтажа и хранения в другом упакованном или законсервированном более сложном объекте. Однако на практике обычно для каждого конкретного вида продукции (группы однородной продукции) используют не все, а лишь некоторые из перечисленных показателей. Это зависит от вида продукции, ее конструктивных и схемных решений, от назначения продукции, особенностей и условий ее использования.

В табл. 4.2 приведены показатели надежности для различных видов продукции.

Таблица 4.2

**Показатели надежности для различных видов продукции**

Объекты	Безотказность	Сохраняемость	Долговечность	Ремонтпригодность
Невосстанавливаемые	$P(t), \lambda(t), T_{cp}(t)$	$T_{xp}$	$T_p, T_\gamma, T_{cl}$	-
Восстанавливаемые	$P(t), \omega(t), T_o$	$T_{xp}$	$T_p, T_\gamma, T_{cl}$	$T_\epsilon$

В табл. 4.2 приняты следующие обозначения:  $P(t)$  – вероятность безотказной работы;  $\lambda(t)$  – интенсивность отказов;  $T_{cp}(t)$  – средняя наработка до отказа;  $T_{xp}$  – средний срок сохраняемости;  $T_p$  – технический ресурс (ресурс);  $T_\gamma$  –  $\gamma$ -процентный ресурс;  $T_{cl}$  – срок службы;  $\omega(t)$  – интенсивность потока отказов;  $T_o$  – наработка на отказ;  $T_\epsilon$  – среднее время восстановления.

В зависимости от характера требований к надежности, сформулированных в техническом задании на вновь разрабатываемые изделия, применяют различные методы проведения испытаний на надежность. Основными из них являются:

– *определяющие испытания*, в результате которых находят числовые значения показателей надежности (например, средняя наработка на отказ – 150 ч);

– *контрольные испытания*, в результате которых устанавливают, что значения показателей надежности испытываемого изделия не ниже (или не выше) некоторого значения с определенной (обычно заданной в техническом задании) вероятностью (например, средняя наработка на отказ не меньше 150 ч с вероятностью 0,9).

Такая оценка менее информативна по сравнению с оценкой при определительных испытаниях, но и она часто удовлетворяет практические запросы, а главное, требует значительно меньших затрат времени и средств на проведение испытаний.

Для целей сертификации в основном применяют определительные испытания на надежность. Основными этапами испытаний на надежность как определительных, так и контрольных, являются следующие: планирование, организация и проведение испытаний и обработка полученной информации.

*Планирование* включает установленные правила отбора образцов, определение объема выборки и продолжительности времени испытаний, выбор критериев приемки и браковки. *Организация и проведение испытаний* предусматривают регламентацию порядка и условий испытаний, обеспечение порядка и условий при испытаниях, осуществление контроля за наблюдаемыми параметрами в процессе испытаний, фиксацию отказов, формы учетных документов и т.д.

Для определительных и контрольных испытаний значение и объем работ каждого из этапов испытаний неодинаковы. При определительных испытаниях этап планирования испытаний сравнительно прост и сводится к ориентировочной оценке объема партий и длительности испытаний, которые устанавливаются исходя из ожидаемой надежности и заданной точности оценки. Основным объемом работы при определительных испытаниях приходится выполнять на этапе обработки полученной информации. Эта информация является статистической, поэтому для ее обработки необходимо использовать аппарат теории вероятностей и математической статистики.

Определительные испытания в зависимости от плана организации их проведения делятся на следующие основные группы:

- $NUN$  – испытания, при которых проверяются  $N$  изделий без восстановления отказавших в процессе контроля до отказа всех  $N$  изделий, установленных на испытания ( $U$  означает, что в процессе испытаний отказавшие изделия не восстанавливаются);
- $NU$  – испытания, при которых проверяются  $N$  изделий на протяжении времени  $T$  без замены отказавших за это время;
- $MUr$  – испытания, при которых проверяются  $N$  изделий без восстановления отказавших до появления  $n$  отказов;
- $NRT, NRr$  – испытания, которые проводятся с восстановлением отказавших изделий.



Рассмотрим определительные испытания в нормальных условиях для планов  $NUN$  и  $NRr$  с выявлением среднего значения показателя надежности. Испытания по плану  $NUN$  ведутся до отказа всех  $N$  поставленных на испытания изделий, при этом фиксируется время отказа  $t_i$  каждого изделия.

Средняя наработка на отказ определяется как среднеарифметическое

$$T_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^N t_i}{N}. \quad (4.1)$$

Среднеквадратичное отклонение  $\sigma(T)$  относительно его среднего значения  $T_{cp}$  определяют по формуле

$$\sigma(T) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (t_i - T_{cp})^2}{(N-1)N}} = \frac{\sigma(t)}{\sqrt{N}}. \quad (4.2)$$

Используя свойство экспоненциального закона распределения [равенство среднеквадратического отклонения среднему времени работы  $\sigma(t) = T_{cp}$ ], имеем

$$\sigma(T) = T_{cp} / N. \quad (4.3)$$

Откуда

$$N = [T_{cp} / \sigma(T)]^2. \quad (4.4)$$

Вероятность возникновения отказа при экспоненциальном законе распределения и продолжительность испытаний связаны между собой зависимостью

$$Q(t) = 1 - e^{-t/T_{cp}}. \quad (4.5)$$

Откуда

$$t = -T \ln [1 - Q(t)]. \quad (4.6)$$

Применение восстановления испытываемых изделий позволяет увеличить информативность испытаний без увеличения их числа. Для этого используется план  $NRT$  или  $NRr$ .

Средняя наработка на отказ при испытаниях по плану  $NRr$

$$T_{cp} = t_{p\Sigma} / (r - 1), \quad (4.7)$$

где  $t_{p\Sigma}$  – суммарная наработка испытываемых изделий.

Если не учитывать время на восстановление, то

$$T_{cp} = t_p N / (r - 1), \quad (4.8)$$

где  $t_p$  – время фиксации последнего отказа.

Если сертификационные испытания на ВВФ и надежность проводятся в основном для сложных технических изделий и конструкций, то испытаниям на функциональные показатели подвергается продукция всех видов, подлежащая сертификации. Порядок данных испытаний устанавливается в конкретных системах сертификации и методиках.

## 4.2. Испытания асфальтоукладчика

Сертификационные испытания проводят в соответствии с указаниями сертификационного центра.

Перед испытаниями асфальтоукладчики должны пройти обкатку. При обкатке асфальтоукладчика следует учитывать требования инструкции по эксплуатации на конкретную модель асфальтоукладчика. Топливо, смазочные материалы и специальные жидкости, используемые при испытаниях, должны иметь паспорта или сертификаты.

Условия и характеристики проведения испытаний для различных систем асфальтоукладчика приведены в табл. 4.3.

Перечень средств измерений, испытательного оборудования и материалов, необходимых для проведения испытаний, должен быть установлен в программе и методике испытаний. Стандартизованные средства измерений должны быть проверены в соответствии с требованиями стандартов, нестандартизованные – аттестованы.

Таблица 4.3

### Испытания асфальтоукладчика

Система	Условие	Характеристика
1	2	3
Проверка действий механизмов и систем		
Управление двигателем	Запуск с номинальной частотой вращения	Контроль частоты вращения по счетчику двигателя
Управление ходом асфальтоукладчика	Передвижение вперед, назад, влево и вправо	Нормальное переключение скоростей
Рабочий орган	Подъем и опускание	Нормальное закрепление в транспортном положении

Приёмный бункер	Поворот боковых стенок	Нормальное перемещение из одного крайнего положения в другое
Привод вибрационных рабочих органов	Кратковременное включение	Количество включений
Управление объемом смеси в шнековой камере	Перемещение щупов датчиков уровня	Проверка включения и выключения работы механизмов продольного и поперечного перемещения материала
Автоматическое обеспечение ровности укладываемого покрытия	Ручное перемещение щупов датчиков	Проверка действия гидроцилиндров подъема шарниров тяговых брусьев
Продольное и поперечное перемещения материала	Включение	Количество включений
Электрооборудование	Включение, выключение	Отсутствие неисправностей
Измерение давления в гидросистеме	Установка рабочего режима, номинальной частоты вращения коленчатого вала двигателя	Погрешность измерения не более 2%
Регулятор толщины и профиля покрытия	Вращение муфты	Число вращений муфты
Измерение степени загрязнения рабочей жидкости	Производят в начале и конце испытаний асфальтоукладчика	Степень загрязнения не должна превышать значений, указанных в стандарте

Окончание табл. 4.3

1	2	3
Определение уровня шума	—	Значения шумовых характеристик на рабочем месте машиниста и в зоне работы асфальтоукладчика определяют в соответствии с требованиями стандартов

Измерение температуры рабочей жидкости в гидросистеме	По указателю температуры на пульте асфальтоукладчика и одновременно в баке гидросистемы в рабочем режиме	Температура не должна превышать значений, указанных в стандарте
<b>Проверка тормозов и управляемости асфальтоукладчика</b>		
Действие эксплуатационного тормоза	Трехкратное резкое торможение незагруженного асфальтоукладчика при движении его на горизонтальном участке	Тормозная система должна быть герметичной
Проверка управляемости	Установка максимальной транспортной скорости	Следы колес асфальтоукладчика не должны выходить за границы прямого испытательного коридора длиной 100 м и шириной, в 1,25 раза превышающей ширину асфальтоукладчика

При выборе средств измерений ожидаемое значение измеряемой величины должно находиться в верхней половине шкалы. Технические характеристики средств испытаний (диапазон измерений, основная погрешность и т. п.), необходимые для обеспечения испытаний с требуемой точностью, должны быть установлены в программе и методике испытаний.

### **4. 3. Испытания грузоподъемного крана**

Сертификационные испытания кранов проводятся с целью проверки их соответствия требованиям Правил и нормативных документов. К сертификационным испытаниям предъявляется один из серийно выпускаемых кранов. Испытания проводит сертификационный центр с участием головной организации по краностроению и представителя территориального органа Ростехнадзора. Испытания проводятся в соответствии с программой, разработанной сертификационным центром.

К проведению испытаний должна быть подготовлена следующая документация:

- сборочные чертежи крана и его основных узлов;
- расчет крана;

- эксплуатационная документация (паспорт, техническое описание, инструкция по эксплуатации, инструкция по монтажу);
- технические условия;
- программа и методика испытаний.

В процессе сертификационных испытаний проводятся:

- сопоставление конструкции крана с требованиями Правил и нормативных документов;
- анализ расчета;
- рассмотрение паспорта, технического описания, руководства по эксплуатации, инструкции по монтажу, технических условий программы и методики испытаний;
- рассмотрение акта экспертизы проекта (при его наличии);
- визуальный осмотр конструкции крана;
- статистические и динамические испытания и испытания на устойчивость;
- оценка надежности и требований по безопасной эксплуатации.

По окончании сертификационных испытаний составляется заключение, в котором делается вывод о соответствии крана требованиям Правил и нормативных документов и даются рекомендации о выдаче (или обоснование отказа в выдаче) сертификата соответствия.

Программа испытаний включает:

- измерение предельных отклонений от правильной геометрической формы и размеров основных элементов крана;
- испытание работы крана на холостом ходу;
- статические испытания с перегрузкой 25%;
- динамические испытания с перегрузкой 10%;
- испытания на устойчивость (для стреловых кранов);
- испытание ограничителя грузоподъемности;
- ходовые испытания (для стреловых кранов), проверка условий работы крановщика;
- оценка надежности и безопасных условий эксплуатации крана и его узлов с проверкой работоспособности приборов безопасности.

*Статическое испытание консоли.* Кран устанавливают над опорами подкрановых путей, а тележку располагают в середине пролета. У крана с консолями каждую консоль испытывают отдельно. К месту измерения прогиба – середине одной из балок моста (консоли) – на струне подвешивают отвес, скользящий по направляющей вдоль металлической линейки, и делают замер. Затем поднимают испыта-

тельный груз на высоту 100 – 200 мм и производят отсчет по линейке. В поднятом состоянии груз выдерживают в течение 10 мин, контролируя величину прогиба. При нарастании прогиба груз немедленно опускают на землю и испытания прекращают до выяснения причин. Если величина прогиба не увеличивается, то по истечении 10 мин груз опускают и проверяют положение отвеса. При отсутствии остаточных деформаций в металлоконструкции моста (консоли) отвес должен вернуться в первоначальное положение.

*Статическое испытание подъемника.* Проводится нагрузкой, на 50% превышающей его грузоподъемность, при установке подъемника на горизонтальной площадке в положение его наименьшей расчетной устойчивости. На подъемниках, оборудованных люлькой, груз массой, равной 110% паспортной грузоподъемности, располагают в люльке, а груз массой, равной 40% паспортной грузоподъемности, подвешивают к люльке на гибкой подвеске на высоте 100 – 200 мм от земли и выдерживают в течение 10 мин. Подъемник считается прошедшим статическое испытание, если в течение 10 мин поднятый груз не опустился или в металлоконструкциях не обнаружены повреждения.

*Грузовая устойчивость.* Количественные параметры устойчивости стрелового крана определяют исходя из испытательной нагрузки, которую вычисляют по формуле

$$P = 1,25 Q_{ном} + 0,1 F_i, \quad (4.9)$$

где  $P$  – испытательная нагрузка;  $Q_{ном}$  – номинальная грузоподъемность крана;  $F_i$  ( $F_1$  или  $F_2$ ) – масса стрелы  $G$  или масса гуська  $g$ , приведенная к головке стрелы или гуська.

Если масса стрелы  $G$  велика и гусек предназначен для сравнительно небольших грузов, то испытания на устойчивость с испытательным грузом, поднятым на оголовке гуська, не проводят. В этом случае требования к устойчивости стрелового крана должны быть проверены путем расчета. Стреловой кран считается прошедшим испытания на устойчивость, если не произойдет его опрокидывания (отрыв от земли двух опор) при статическом положении испытательной нагрузки на крюк.

*Динамическое испытание машины.* Проводят с грузом, превышающим паспортную грузоподъемность на 10%.

При динамических испытаниях грузоподъемной машины проводят:

– подъем и опускание груза;

- вращение поворотной части грузоподъемной машины в обоих направлениях при различных угловых скоростях перемещения;
- подъем и опускание стрелы с грузом, соответствующим максимальному вылету с 10%-ной перегрузкой;
- работу телескопа с грузом, соответствующим максимальному вылету с 10%-ной перегрузкой;
- совмещение операций на вылете, выбранном комиссией в соответствии с графиком грузоподъемности;
- передвижение грузоподъемной машины (тележки) с грузом на крюке. Испытания проводят для каждого механизма и при совместной работе механизмов, предусмотренной эксплуатационными документами. Испытания должны включать повторный пуск и остановку при каждом движении во всем диапазоне данного движения и продолжаться не менее 1 ч. Испытания должны включать пуск механизмов из промежуточного положения с подвешенным испытательным грузом, при этом не должно происходить возвратного движения. Грузоподъемную машину считают выдержавшей динамические испытания, если будет установлено, что все элементы выполняют свои функции, а в результате последующего внешнего осмотра (визуального контроля) не будет обнаружено повреждений механизмов или элементов конструкций и ослабления болтовых соединений.

*Испытание угла наклона крана.* Проверку указателей угла наклона крана проводят без груза на крюке путем установки крана на выносные опоры и проверки горизонтальности вывешивания. Стрелу устанавливают на определенный вылет, после чего проводят замер вылетов в трех точках через 90°. Проверять следует всю плоскость по обоим взаимно-перпендикулярным плоскостям. Разность вылетов не должна превышать 50 мм, воздушный шарик указателя угла не должен выходить из центрального круга.

*Испытание ограничителя сматывания каната с барабана.* Проверку ограничителя сматывания каната с барабана проводят путем сматывания каната с барабана до срабатывания ограничителя. Настройка считается правильной, если после его срабатывания на барабане останется три витка каната.

*Испытание ограничителя высоты.* Проверку работы ограничителя высоты подъема крюка проводят путем подъема крюка без груза до срабатывания ограничителя. Механизм подъема крюка должен отключаться при достижении расстояния не менее 200 мм между

наиболее выступающими в направлении друг к другу частями крюковой подвески и оголовка стрелы.

*Проверка зоны работы крана.* Проводят вращением поворотной части крана в рабочей зоне в обе стороны до срабатывания ограничителя грузоподъемности ОНК-140. Настройка считается правильной, если обеспечивается поворот в рабочей зоне на угол  $262^\circ$ .

*Испытание ограничителя грузоподъемности.* Работоспособность ограничителя грузоподъемности проверяют путем фиксации точности срабатывания прибора на каждой грузовой характеристике в двух крайних и не менее чем в двух промежуточных точках. Для проверки работы ограничителя грузоподъемности кран следует установить на опоры в горизонтальное положение. Проверку работы ограничителя грузоподъемности проводят путем поднятия грузов, соответствующих номинальной грузоподъемности, и грузов, превышающих номинальную грузоподъемность на 10%. Ограничитель грузоподъемности должен разрешать работу крана с номинальными грузами и запрещать работу с грузами, превышающими номинальные на 10% на соответствующих вылетах. Увеличением вылета стрелы с номинальным грузом на крюке проверяют срабатывание ограничителя при отключении механизмов крана, при этом масса груза не должна превышать грузоподъемность на данном вылете более чем на 10%, одновременно проверяют работу звуковой предупреждающей сигнализации.

*Испытание координатной защиты.* Проверку координатной защиты проводят без груза на крюке путем ограничений работы механизмов подъема и выдвижения стрелы, поворота и передвижения крана. При вводе ограничений координатной защиты, например в приборе ОНК-140, необходимо предусматривать запас по расстоянию и углу поворота крана. При достижении в процессе работы крана любого из введенных ограничений срабатывает координатная защита на безопасном расстоянии от выступающих частей стрелы до препятствия (стена, потолок, колонна, линия электропередачи и т.п.), загорается красная лампочка, включается звуковой сигнал, затем срабатывает защита, и механизм отключается. Дальнейшее движение стрелы крана в опасную зону прекращается.

#### **4.4. Испытания бульдозера**



Эксплуатацию бульдозеров при испытаниях, их обкатку, в том числе дизеля, следует проводить в соответствии с требованиями эксплуатационной документации на тракторы и машины конкретных моделей. Топливные баки трактора и бульдозера при испытаниях должны быть заправлены полностью. Температуру топлива следует измерять на входе в фильтр грубой очистки на дизеле, при отсутствии фильтра грубой очистки топлива – на входе в топливоподкачивающий насос. Температура охлаждающей жидкости и масла во время испытаний должна соответствовать указанной в инструкции по эксплуатации трактора. Измерения следует проводить при установившемся режиме работы. При этом крутящий момент и частота вращения двигателя должны быть постоянными в течение 1 мин, а температура охлаждающей жидкости (для дизеля с воздушным охлаждением – температура в контрольной точке, указанной изготовителем) не должна колебаться более чем на 3 °С.

Радиус поворота гусеничного трактора и бульдозера следует определять на глинистой укатанной горизонтальной площадке с плотностью, соответствующей 5 – 12 ударам плотномера ДорНИИ. При этом высота неровностей в пределах габаритов трактора и машины не должна быть более 20 мм, а угол уклона площадки не должен быть более 2°. Наименьший радиус поворота гусеничного трактора и бульдозера, расстояние от центра поворота до осевой линии забегающей гусеницы следует определять по следу забегающей гусеницы при движении на минимальной скорости и при положении органов управления, обеспечивающих наиболее крутой поворот.

Массу бульдозера допускается определять сложением масс трактора, навесного оборудования и составных частей.

Показатели работы установленного на тракторе или бульдозере двигателя при определении максимальной мощности на валу отбора мощности (ВОМ) (в зависимости от частоты вращения, при частичных нагрузках, при частоте вращения хвостовика ВОМ, регламентируемой для работы с агрегируемыми машинами и орудиями) следует определять методом торможения хвостовика ВОМ на неподвижном тракторе. Механизмы и оборудование, не передающие мощность нагружаемому устройству, и оборудование, не предназначенное для обеспечения работы дизеля (насосы гидросистем, генераторы, компрессор тормозной системы, вентиляторы охлаждения масла, гидротрансмиссии и др.), должны быть отключены или работать в режиме холостого хода, если их отключение не предусмотрено конструкцией.

Испытания по определению максимальной мощности на ВОМ при частоте вращения, регламентированной предприятием-изготовителем трактора, проводят в течение не менее 0,5 ч при положении регулятора частоты вращения, соответствующем полной подаче топлива. Измерения следует проводить не менее пяти раз через равные промежутки времени. Испытания следует повторить, если мощность, полученная хотя бы при одном измерении, отличается от ее среднего арифметического значения более чем на 2%.

Испытания по определению показателей на ВОМ в зависимости от частоты вращения следует проводить не менее чем на пяти режимах при положении регулятора частоты вращения, соответствующем полной подаче топлива. Частота вращения последовательно уменьшается от  $n > 1,05 n_{нэ}$  до  $n \leq 1,05 n_n$  ( $n_{нэ}$  – номинальная частота вращения;  $n_n$  – частота вращения при максимальном крутящем моменте).

Испытания по определению показателей на ВОМ при нижеперечисленных нагрузках проводят при работе дизеля в диапазоне изменения частоты вращения под воздействием регулятора, при положении органов управления, соответствующем полной подаче топлива, в следующей последовательности значений моментов на хвостовике ВОМ:

а) по технической документации предприятия-изготовителя, а при отсутствии ее – 85% крутящего момента при максимальной мощности;

б) без нагрузки допускается не отсоединять нагружающие устройства, если момент сопротивления его при выключенной нагрузке не превышает 5% по подпункту а;

в) 50% значения, указанного в подпункте а;

г) при максимальной мощности;

д) 25% значения, указанного в подпункте а;

е) 75% значения, указанного в подпункте а.

Продолжительность работы дизеля на каждом режиме – 20 мин. Допускается в случаях, предусмотренных программой испытаний, изменять порядок нагружения, начиная от режима холостого хода до частоты вращения, соответствующей полной подаче топлива.

Испытания по определению показателей работы при частоте вращения хвостовика ВОМ, регламентированной для работы с агрегируемыми машинами и орудиями, проводят в течение не менее 0,5 ч при положении регулятора частоты вращения, соответствующем пол-

ной подаче топлива. Измерения следует проводить через равные промежутки времени. При этом интервалы измерения должны быть не менее 5 мин. Испытания следует повторить, если мощность, полученная хотя бы при одном измерении, отличается от ее среднего арифметического значения более чем на 2%.

Показатели внешней характеристики системы «двигатель–гидротрансформатор» следует определять методом торможения выходного вала гидротрансформатора на неподвижном тракторе посредством тормоза, оснащенного динамометрическим и (или) весовым устройством.

Испытания необходимо проводить при последовательном снижении частоты вращения выходного вала гидротрансформатора  $i_{гтр}$  в интервале от частоты вращения холостого хода до частоты вращения, определяемой кинематическим передаточным отношением  $i_{гтр} \leq 0,4$ . При испытаниях следует измерять частоту вращения ведущего вала, ведомого вала, нагрузочный момент, давление рабочей жидкости на входе и выходе и ее температуру на выходе гидротрансформатора. На основании измерений следует построить кривую зависимости выходной мощности, нагрузочного момента и частоты вращения ведущего вала от частоты вращения ведомого вала. Показатели, не вошедшие в графическое изображение, следует дать в виде таблицы или вывода.

Определение пусковых качеств двигателя, установленного на бульдозере, проводят при температурах и в условиях, установленных стандартом и (или) нормативно-технической документацией на бульдозер и двигатель конкретной модели.

Перед началом определения пусковых качеств бульдозер должен находиться при заданной температуре окружающего воздуха не менее 18 ч. Испытания следует проводить методом прокручивания коленчатого вала двигателя. Пуск считается произведенным, если после отключения устройства двигатель самостоятельно работает не менее 0,5 ч.

Температура рабочей жидкости на входе в отводящую гидрочерпачную линию должна быть 50 – 85 °С. Испытания гидропривода следует проводить при постепенном нагружении отвала бульдозера тарированными грузами. Подъем отвала осуществляют из положения, при котором режущая его кромка опирается на площадку до максимальной высоты подъема. При этом измеряют давление на выходе из

насоса, максимальную высоту подъема режущей кромки отвала и время подъема отвала.

Нагружение тарированными грузами проводят до срабатывания предохранительного клапана гидропривода или начала отрыва движителей трактора от опорной поверхности площадки. Определение времени опускания отвала следует проводить в ненагруженном состоянии. За время опускания принимают минимальное время, полученное для «плавающего» или «принудительного» режима опускания. Время подъема и опускания отвала определяют как среднее арифметическое трех измерений. Для бульдозера, оборудованного системой автоматической стабилизации положения отвала, дополнительно должно быть измерено время установки отвала в положение, заданное на пульте управления.

Тяговые показатели бульдозера определяют после его обкатки в течение не менее 200 ч. Испытательная площадка должна быть подготовлена к испытаниям. Испытания по определению тяговых показателей на каждой передаче следует проводить при положении регулятора частоты вращения, соответствующем полной подаче топлива. Нагрузку следует изменять от минимального до максимального значения, пока частота вращения коленчатого вала двигателя не достигнет значения, соответствующего максимальному крутящему моменту, либо до буксования движителей, которое следует брать равным 15% для колесных, 20% для гусеничных тракторов и 7% для бульдозеров. Допускается проведение испытаний бесступенчатым нагружением трактора.

Испытания на проходимость бульдозера проводят методом преодоления склона, брода на низшей передаче, установленной в технических условиях на конкретную модель трактора, и (или) без нее. Испытания на склоне следует проводить при подъеме, спуске и движении с правым и левым креном. При этом бульдозер устанавливают на склоне с заданным углом с работающим двигателем и в течение 5 мин выдерживают на тормозах. Допускается определять работоспособность трактора и бульдозера на стенде с изменяющимся углом наклона.

При испытании бульдозера на проходимость при преодолении склона определяют его работоспособность. При этом трактор устанавливают на склоне с заданным углом с работающим двигателем и в течение 5 мин выдерживают на тормозах. Допускается определять работоспособность бульдозера на стенде с изменяющимся углом наклона. При проведении испытаний на работоспособность фиксируют по-

казания приборов, регистрирующих давление и температуру масла в двигателе и температуру воды, а на машине проверяют работоспособность навесных орудий. Бульдозер считается работоспособным, если у него сохраняется также работоспособность навесных орудий.

Бульдозер при преодолении брода должен двигаться на низшей передаче при положении регулятора частоты вращения двигателя, соответствующего полной подаче топлива. Водоем, служащий для испытания по преодолению брода, должен иметь песчаное дно или дно, не уступающее по плотности песку, плавные входы и выходы, не превышающие угол наклона  $15^\circ$ . Длина водоема должна быть не менее двух длин бульдозера. Оценка герметичности производится по наличию воды в агрегатах и узлах.

#### **4. 5. Испытания катков**

Визуальный контроль катков и их составных частей проводят без снятия и разборки агрегатов.

При этом проверяют:

- комплектность;
- наличие видимых повреждений;
- наличие течи масла и других жидкостей;
- количество сборки и монтажа узлов и агрегатов;
- наличие пломб, маркировки, знаков безопасности.

Работоспособность отдельных узлов и машины в целом проверяют на площадке с грунтовым или твердым покрытием. Допускается проверять работоспособность катков и их узлов на специальном обкаточном стенде.

При этом проверяют:

- пусковые качества двигателя;
- четкость срабатывания нейтрали трансмиссии;
- плавность реверсирования хода;
- включение и выключение вибратора вибрационных катков;
- надежность срабатывания стояночного тормоза;
- функционирование внешних световых приборов, звуковой сигнализации, предохранительных и сигнальных устройств, контрольно-измерительных приборов, отсутствие заеданий в органах управления и механизмах и визуально оценивают герметичность топливной системы и гидросистемы.

Линейное давление вальцов катка определяют как частное от деления величины опорной реакции, действующей на каток в месте опирания вальца, на ширину вальца.

Ширину уплотняемой полосы определяют:

- для вибрационных катков – по ширине вибровальца;
- для статических катков – по габаритному размеру ширины вальцов, обеспечивающих перекрытие следа.

Возможность преодоления уклона и действие тормозной системы проверяют при передвижении катка в статическом режиме при номинальных оборотах двигателя по уклону с твердым ровным покрытием и постоянным углом наклона. После включения стояночного тормоза и остановки двигателя перемещение катка по уклону не допускается.

Угол поперечной устойчивости проверяют на уклоне или поднятием одной стороны катка. Каток считается выдержавшим испытание, если он не опрокинулся при наклоне  $15^\circ$  к горизонту. Показатель надежности (80%-ный ресурс) проверяют на основе анализа данных подконтрольной эксплуатации.

#### **4.6. Испытания одноковшовых экскаваторов**

Перед испытаниями проводятся отбор и идентификация образцов машин. При этом проверяется соответствие образца ТУ, в том числе таких его показателей, как эксплуатационная масса, мощности двигателя и насосной установки, габаритные размеры, наличие сертификатов на основные комплектующие машины: дизель, насосы, гидромоторы, гидрораспределители и другие составляющие.

Перед испытаниями оценивается состояние машин и их готовность к проведению сертификационных испытаний. Особое внимание уделяется гидросистеме: уровню рабочей жидкости в гидробаке; настройке клапанов (предохранительного гидрораспределителя, перепускных гидромотора поворота платформы, гидромоторов привода хода); отсутствию течи рабочей жидкости в соединениях трубопроводов и шлангов. Проверяются уровень масла в редукторах поворота, хода, раздаточном редукторе; крепление редуктора поворота к платформе; застопоренность осей рабочего оборудования и затяжка крепления проушин гидроцилиндров.

При сертификационных испытаниях показатели безопасности, экологии и эргономики проверяются для основных операций, выпол-

няемых машинами. Например, для *универсальных гусеничных полноповоротных экскаваторов* основными операциями являются экскавация и передвижение. Силовая установка экскаватора – дизель. Энергия силовой установки передается гидросистеме экскаватора, обеспечивающей работу исполнительных механизмов и сервоуправление золотниками гидрораспределителей, экскавацию и передвижение.

Проверка показателей в режиме экскавации и передвижения производится в карьере или при рытье траншеи. Контролируются герметичность и тепловой режим гидросистемы; плавность поворота и торможения платформы; давление срабатывания предохранительного и перепускных клапанов; работа шарнирных соединений.

Проверке также подлежат:

- углы въезда и съезда;
- удельное давление гусеницы на грунт;
- содержание вредных веществ на рабочем месте машиниста;
- уровень запыленности на рабочем месте машиниста;
- шум на рабочем месте машиниста;
- вибрация на рабочем месте машиниста;
- усилие на органах управления;
- микроклимат в кабине;
- освещенность рабочей зоны.

Для *универсальных колесных полноповоротных экскаваторов* основными операциями являются экскавация, передвижение, зачистка зоны работы посредством отвала. Силовая установка экскаватора – дизель; гидросистема экскаватора обеспечивает вращение платформы, подъем-опускание стрелы, подъем-опускание рукояти, поворот ковша, подъем-опускание выносных опор, подъем-опускание отвала, передвижение экскаватора, работу механизма рулевого управления, сервоуправление золотниками гидрораспределителей.

Экскавация: установка экскаватора на выносные опоры, далее проверка по аналогии с полноповоротным гусеничным экскаватором.

*Одноковшовые гидравлические экскаваторы с телескопической стрелой на автомобильном шасси* являются специализированными автотранспортными средствами, поэтому в течение срока действия «Одобрения типа транспортного средства» должны отвечать «Полным техническим требованиям...». Для получения «Одобрения типа транспортного средства» экскаваторы должны соответствовать «Минимальному перечню технических требований, обязательных при сертификации механических транспортных средств и прицепов».

Помимо испытаний, рассмотренных ранее, для универсальных полноповоротных экскаваторов проводятся испытания тормозных свойств и тормозных систем в соответствии с Правилами ЕЭК ООН № 13, световых устройств и световых показателей – в соответствии с Правилами ЕЭК ООН № 48, управляемости и устойчивости – в соответствии с требованиями РД 37.001.005, ОСТ 37.001.471, по проверке маркировки транспортного средства – в соответствии с ОСТ 37.001.269.

#### **4.7. Испытания одноковшового экскаватора на устойчивость**

Порядок проведения испытаний экскаватора. Установить экскаватор на наклонную площадку так, чтобы ребро опрокидывания располагалось горизонтально; закрепить экскаватор страховочными цепями; прогреть двигатель и рабочую жидкость; установить в рабочее положение платформу, стрелу, рукоять и ковш; включить механизм поворота платформы; при прохождении платформой угла начать опускание стрелы; в момент, когда платформа и стрела примут контрольные положения, произвести торможение стрелы и платформы; зафиксировать результат испытания. Для получения достоверных результатов испытания следует повторить несколько раз.

Методические рекомендации по организации сертификационного испытания экскаватора на устойчивость:

1. Перед экспериментальной оценкой необходимо проведение теоретического анализа динамики процесса опрокидывания экскаватора при возможном совмещении рабочих движений в режиме разгона или торможения элементов с целью определения наихудших для устойчивости взаимных положений элементов конструкции и условий их движения.

2. Для выполнения теоретического анализа устойчивости экскаватора необходимы следующие данные:

– масса и координаты центров тяжести ходового оборудования (с выносными опорами), поворотной платформы с установленным оборудованием, противовеса, стрелы, рукояти, ковша с материалом, сменного рабочего оборудования в собранном виде (при наличии гибкой связи следует указать диапазон изменения ее длины);

– геометрические характеристики опорного контура экскаватора;

– диапазон изменения взаимных угловых положений элементов рабочего оборудования (платформы, стрелы, рукояти, ковша);



– значения угловых скоростей и ускорения перемещения платформы, стрелы, рукояти, ковша.

3. Экспериментальную оценку устойчивости экскаватора следует давать при неустановившемся движении (разгон-торможение) платформы, рукояти, стрелы одновременно. Исходным условием начала ускоренного движения является взаимное положение элементов рабочего оборудования.

4. Для экспериментальной оценки устойчивости экскаватора необходимы:

– наклонная под углом  $5^\circ$  к горизонту площадка для установки испытуемого экскаватора (требование стандарта);

– предохранительные цепи с анкерным креплением для предупреждения падения экскаватора (длина цепей определяется максимальным углом поворота экскаватора относительно ребра опрокидывания, что рассчитывается при теоретическом анализе);

– груз, имитирующий грунт в ковше;

– кабина оператора должна быть снабжена ремнями безопасности и системой защиты ROPS;

– на опорной поверхности, платформе, стреле, рукояти и ковше должна быть нанесена разметка, позволяющая оператору определить их угловые координаты;

– средства измерения угловых скоростей и ускорений движения элементов конструкции экскаватора;

– средства связи и сигнализации;

– методика проведения сертификационного испытания с указанием алгоритма действий лабораторного персонала и оператора.

5. Составление протокола-отчета о сертификационном испытании с информацией об испытуемой машине, условиях проведения испытания, результатах теоретического анализа, а также об экспериментальных данных, характеризующих устойчивость экскаватора.

Анализ устойчивости экскаватора ЭО-4124. Зависимости коэффициентов устойчивости экскаватора ЭО-4124, вычисленных по различным методикам, от угла поворота платформы  $\alpha_{\text{п}}$ , приведены на рис. 4.1.

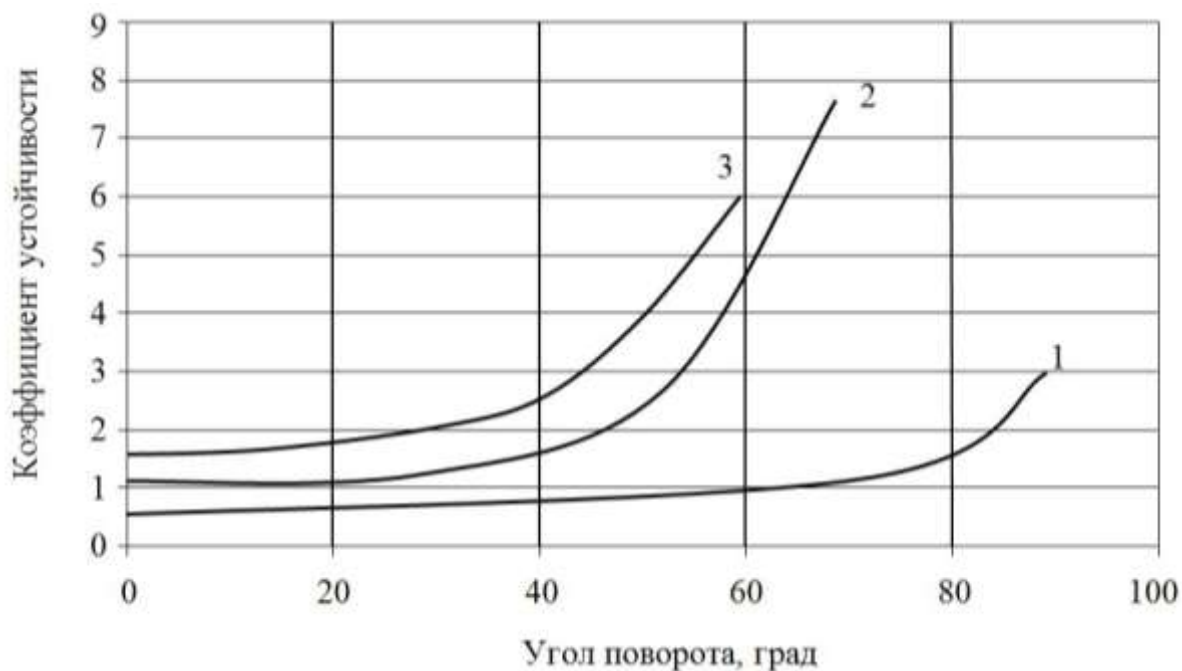


Рис. 4.1. Зависимости коэффициента устойчивости экскаватора ЭО - 4124 с оборудованием обратной лопаты и ковшом вместительностью  $q = 1 \text{ м}^3$  от угла поворота  $\alpha_{\text{п}}$ : 1 –  $K_s$  – коэффициент статической устойчивости с учетом только сил тяжести элементов конструкции экскаватора и грунта в ковше; 2 –  $K_{ws}$  – коэффициент статической устойчивости с учетом сил тяжести и центробежных сил, действующих на элементы конструкции экскаватора при повороте платформы (методика ВНИИСтройдормаша); 3 –  $K$  – коэффициент устойчивости с учетом сил тяжести, центробежных сил, сил инерции, Кориолиса и ветрового давления ( $\alpha_{\text{п}} = 0$  соответствует перпендикулярному положению рабочего оборудования относительно гусеничного хода)

Расчеты по известным методикам показали, что устойчивость экскаватора ЭО-4124 обеспечивается при любых углах  $\alpha_{\text{п}}$ , так как  $K_s > 1$  и  $K_{ws} > 1$ . Уточненный расчет показал, что при  $\alpha_{\text{п}} = 0 - 80^\circ K < 1$ , что свидетельствует об отрыве опор, не лежащих на ребре опрокидывания, при неблагоприятном (для устойчивости) положении рабочего оборудования. Однако согласно результатам исследований математической модели экскаватор не опрокидывается ввиду кратковременного действия динамических нагрузок, он только отклонится относительно ребра опрокидывания на некоторый угол.

Зависимости угла наклона стрелы  $\alpha_{\text{с}}$  к опорной поверхности, угла между стрелой и рукоятью  $\alpha_{\text{р}}$  и угла между рукоятью и ковшом  $\alpha_{\text{к}}$ , соответствующие опасному положению, от коэффициента устойчивости, приведены на рис. 4.2.

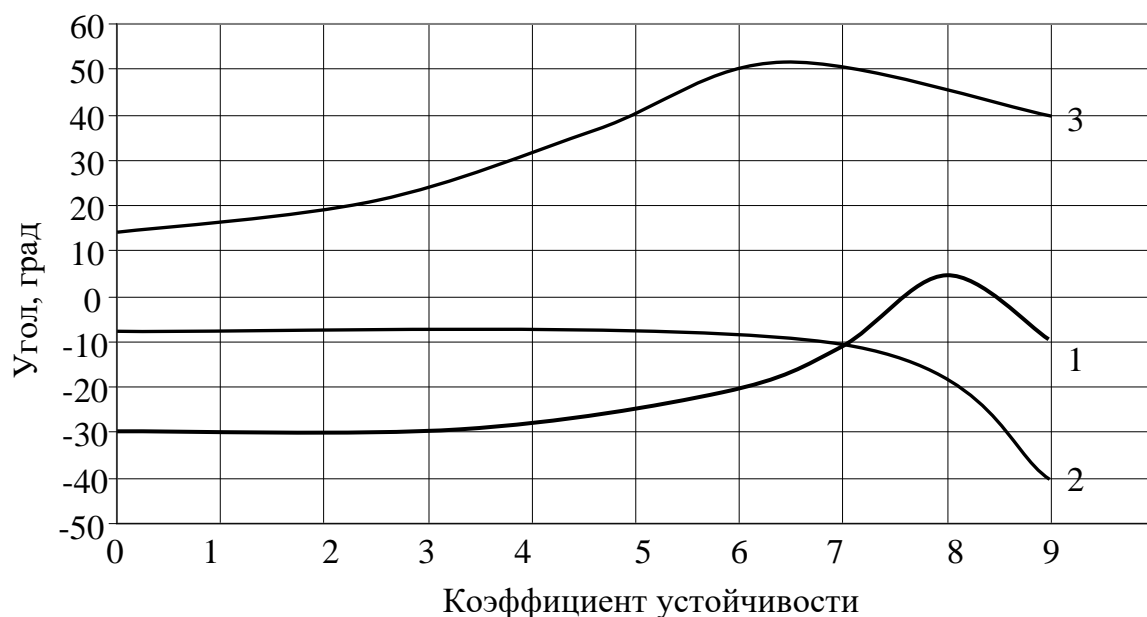


Рис. 4.2. Зависимости углов наклона от коэффициента устойчивости для наихудшей устойчивости экскаватора: 1 –  $\alpha_c$  стрелы; 2 –  $\alpha_p$  рукояти; 3 –  $\alpha_k$  ковша ( $q = 1 \text{ м}^3$ )

При  $\alpha_{\text{п}} = 0 - 10^\circ$  экскаватор имеет наихудшую устойчивость, если положение рабочего оборудования близко к горизонтальному; при  $\alpha_{\text{п}} = 50 - 70^\circ$  опасное положение наступает, когда стрела поднята на максимальную высоту. Анализ составляющих опрокидывающего момента показал, что в расчетах на устойчивость, помимо моментов центробежных сил, необходимо учитывать моменты касательных сил инерции и сил Кориолиса: при  $\alpha_{\text{п}} = 0 - 20^\circ$  наибольшее влияние оказывает опрокидывающий момент сил инерции торможения стрелы; при  $\alpha_{\text{п}} = 50 - 80^\circ$  – опрокидывающий момент сил Кориолиса (при совмещении поворота платформы и стрелы) и момент сил инерции торможения платформы.

При сертификации экскаватора ЭО-4124 на устойчивость рекомендуется проводить два вида испытаний:

- одновременное торможение платформы и стрелы в момент достижения ими контрольных углов  $\alpha_{\text{пк}} = 0^\circ$ ;  $\alpha_{\text{ск}} = 12^\circ$ . Рукоять и ковш относительно стрелы неподвижны:  $\alpha_{\text{рк}} = -10^\circ$ ;  $\alpha_{\text{кк}} = -27^\circ$ . Такое сочетание углов соответствует наименьшему коэффициенту запаса устойчивости;

- одновременное торможение платформы и стрелы в момент достижения ими контрольных углов  $\alpha_{\text{пк}} = 55^\circ$ ;  $\alpha_{\text{ск}} = 50^\circ$ . Рукоять и ковш относительно стрелы неподвижны:  $\alpha_{\text{рк}} = -10^\circ$ ,  $\alpha_{\text{кк}} = -17^\circ$ . Су-

ществленное влияние на устойчивость оказывают силы Кориолиса и инерции торможения.

В обоих случаях платформа должна вращаться в сторону уменьшения ее угла поворота, а стрела должна опускаться, причем ее снижение следует начинать при установившемся движении платформы.

Перед проведением испытаний следует определить исходные углы поворота платформы и стрелы, а также угол поворота платформы, при котором начинать опускание стрелы –  $\alpha_{ис}$ . Исходные углы поворота платформы и стрелы должны быть такими, чтобы к моменту достижения стрелой контрольного угла  $\alpha_{ск}$ , а платформой угла  $\alpha_{пк}$  их скорости были номинальными. Определить  $\alpha_{ис}$  необходимо для обеспечения одновременного достижения платформой и стрелой контрольных углов.

Предложенную методику испытаний экскаватора можно использовать: для расчета экскаватора на устойчивость при проектировании; создания единых норм (стандартов) проверки устойчивости экскаватора; обоснования методики сертификационных испытаний на устойчивость при работе машины с различным сменным оборудованием и подъеме груза с помощью грузового звена или гибкой сцепки; создания устройств контроля устойчивости экскаватора и автоматических систем защиты от опрокидывания; обоснования модернизации экскаватора, связанной с увеличением мощности двигателя, сокращением времени рабочего цикла, изменением размера опорного контура и других параметров устойчивости; сравнения машин различных фирм-производителей; принятия решения о приобретении зарубежной техники и т.д.

#### **4.8. Испытания систем обеспечения работы машины**

При испытаниях дизельной топливной аппаратуры особое внимание уделяется топливным насосам высокого давления (ТНВД). Рассмотрим наиболее важные характеристики этих устройств. Характеристика ТНВД по подаче топлива предназначена для определения зависимости количества впрыскиваемого топлива от положения рейки при неизменной частоте вращения кулачкового вала. Начальное положение рейки  $h$  (мм) принимают соответствующим минимальной подаче топлива. Затем рейку в пошаговом режиме смещают в сторону увеличения подачи до положения, соответствующего наибольшей подаче топлива.

При этом определяют два основных параметра:

1) цикловую подачу  $Q$ , показывающую количество топлива, подаваемого каждой секцией ТНВД за один ход плунжера, мм<sup>3</sup>/цикл (мл/цикл):

$$Q = W/K, \quad (4.10)$$

где  $W$  – количество топлива в отдельной мерной емкости по результатам испытаний;  $K$  – число циклов подачи топлива при испытании;

2) степень неравномерности подачи топлива  $G$  всеми секциями ТНВД, %:

$$G = \frac{2(W_{\max} - W_{\min})}{(W_{\max} + W_{\min})} 100\%, \quad (4.11)$$

где  $W_{\max}$ ,  $W_{\min}$  – соответственно наибольшее и наименьшее значения количества топлива в одной из всех мерных емкостей по результатам испытания ТНВД.

Для сравнительной оценки двигателей пользуются характеристиками, изображаемыми в виде кривых и представляющими собой зависимость технико-экономических показателей двигателя от одной из величин, определяющих режим работы. Характеристики бывают скоростные и регуляторные (рис. 4.3).

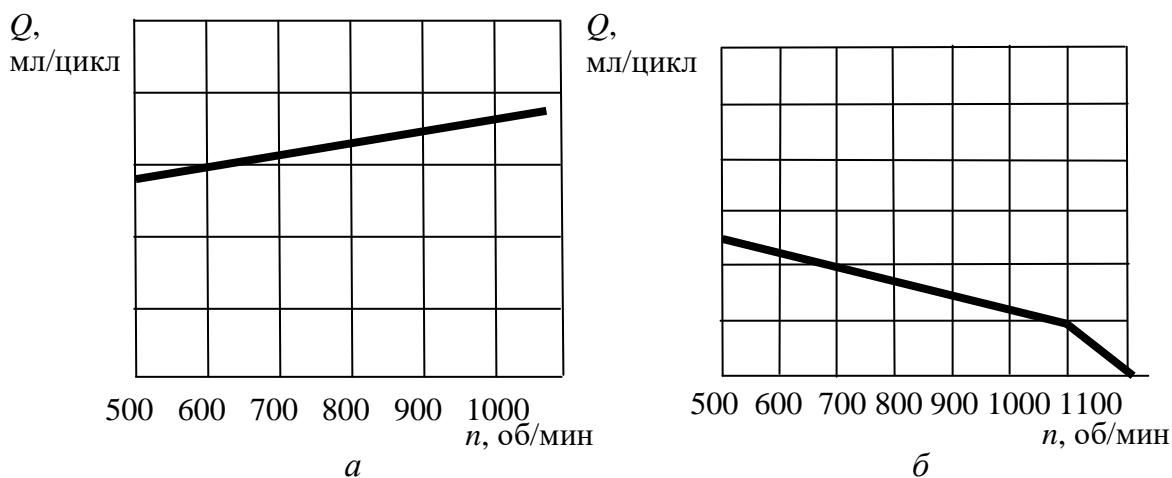


Рис. 4.3. Скоростная и регуляторная характеристики двигателя

У скоростных характеристик определяющим параметром является число оборотов двигателя, у регуляторных – положение органов управления двигателем, воздействующих на регулятор. Скоростные характеристики ТНВД представляют собой зависимости изменения цикловой подачи топлива от частоты вращения кулачкового вала насоса  $n$  при неизменном положении рейки, что соответствует выключенному состоянию всережимного регулятора.

Эта характеристика необходима для определения изменения подачи топлива за цикл при изменении частоты вращения кулачкового вала насоса. Общий вид скоростной характеристики приведен на рис. 4.3, а.

Скоростная характеристика на практике не используется, несмотря на ее информативность для оценки состояния ТНВД. Вместо нее используют регуляторную характеристику (рис. 4.3, б), которая дает возможность выявить закономерности изменения цикловой подачи топлива  $Q$  в зависимости от частоты вращения кулачкового вала насоса в условиях свободного расположения рейки, т.е. в условиях действия всережимного регулятора. По данным этой характеристики устанавливают правильность взаимодействия регулятора с рейкой насоса и определяют соответствие техническим условиям величин цикловой подачи топлива  $Q$  в зоне действия регулятора. С ее же помощью уточняется момент включения в действие корректора для предотвращения «разноса» двигателя. Для этого контролируют следующие основные показатели работы регулятора:

1. Частоту вращения кулачкового вала, соответствующую началу выключения подачи топлива регулятором при упоре рычага управления в болт ограничителя максимального скоростного режима (для двигателя ЯМЗ–236 она должна составлять 1065 – 1085 об/мин).

2. Частоту вращения кулачкового вала, соответствующую полному выключению подачи топлива при упоре рычага управления регулятором в болт ограничения максимального скоростного режима (для ТНВД двигателя ЯМЗ–236 она должна быть на 55 – 100 об/мин больше, чем при предыдущем показателе).

3. Частоту вращения кулачкового вала насоса, соответствующую полному выключению подачи топлива при упоре рычага управления регулятором в болт ограничения минимального скоростного режима (для ТНВД двигателя ЯМЗ–236 она должна составлять 320 – 400 об/мин).

Такое протекание регуляторной характеристики является благоприятным, так как в условиях увеличения средних нагрузок двигателя ТНВД стремится увеличить подачу топлива в цилиндр и тем компенсировать уменьшение частоты вращения коленчатого вала двигателя. Обратная динамика наблюдается в условиях уменьшения частоты вращения кулачкового вала.

Важным условием равномерной работы автомобильного двигателя является правильная фазовая характеристика подачи топлива

секциями топливного насоса. Значения рассмотренных характеристик ТНВД используются при проведении сертификационных испытаний и должны соответствовать нормативным значениям.

Реализация мощности двигателей, обеспечение их экологических норм при эксплуатации возможны при условии качественного распыления топлива форсунками в надпоршневом пространстве. Поэтому к основным показателям форсунок (давление начала впрыска топлива, эффективное проходное сечение) предъявляются нормативные требования, соблюдение которых обеспечит высокую степень гомогенизации частиц топлива с молекулами кислорода воздуха.

*Экологическая безопасность* при эксплуатации машин обеспечивается прежде всего при соблюдении требований ГОСТ 21393–75. Этот документ устанавливает нормы и методы измерения дымности на режимах свободного ускорения и максимальной частоты вращения коленчатого вала двигателя. Дымность проверяется только на режиме свободного ускорения и не должна превышать предельных значений, указанных заводом-изготовителем в знаке или документе (сертификате, техническом паспорте) официального утверждения типа транспортного средства.

Агрегаты, узлы и детали машины, влияющие на дымность, должны быть сконструированы, изготовлены и установлены таким образом, чтобы дымность не превышала установленных норм в период всего срока эксплуатации при условии соблюдения правил эксплуатации и обслуживания, указанных в прилагаемых к машине инструкциях (руководствах). Замер дымности может быть произведен с помощью дымомеров семейства «Мета» модификаций 01, 01мп, 02, оптического дымомера ДО-1, комбинированного многоканального прибора «Автотест СО-СН-Д».

Испытания машин на режиме свободного ускорения проводятся по следующей процедуре:

– при работе двигателя в режиме холостого хода на минимальной частоте вращения быстрым, но не резким нажатием до упора на педаль управления подачей топлива топливным насосом высокого давления (далее – педаль) устанавливают максимальный расход топлива, его поддерживают до достижения максимальной частоты вращения и включения регулятора. Затем отпускают педаль до установления минимальной частоты вращения. Этот процесс повторяют не менее шести раз;

– при каждом последующем свободном ускорении фиксируют максимальную дымность до получения устойчивых значений. Измеренные величины считаются устойчивыми, если четыре последовательных значения располагаются в зоне шириной  $0,25 \text{ м}^{-1}$  и не образуют убывающей последовательности.

За результат измерения принимают среднее арифметическое результатов четырех измерений.

Дымность на режиме максимальной частоты вращения проверяют не позднее, чем через 60 с после проверки на режиме свободного ускорения. Для этого необходимо нажать до упора педаль и зафиксировать ее в этом положении, установив максимальную частоту вращения. Дымность измеряют не ранее, чем через 10 с после впуска отработавших газов в прибор. Измерение считают достоверным, если значения дымности расположены в зоне шириной не более 6% по шкале  $N$ . За результат измерения следует принимать среднее арифметическое значение, определенное по крайним показаниям дымности.

Состояние *тормозного управления специализированных автотранспортных средств* является одним из наиболее важных для обеспечения безопасных условий дорожного движения. Существуют две группы показателей, характеризующих состояние рабочей тормозной системы. К первой отнесена эффективность торможения, ко второй – устойчивость автомобиля при торможении. Данные показатели проверяют методами дорожных или стендовых испытаний. Значения параметров эффективности действия тормозных систем различаются в зависимости от массы машины.

Шины при испытании должны быть чистыми и сухими с давлением воздуха, соответствующим нормативному, тормозные механизмы – «холодными».

Дорожные испытания проводят на прямой ровной горизонтальной сухой дороге с цементно- или асфальтобетонным покрытием, не имеющим на поверхности масла, сыпучих и других материалов. При проведении испытаний торможение рабочей тормозной системой осуществляют в режиме экстренного полного торможения при однократном воздействии на орган управления усилием  $P_n$ . Показателями эффективности торможения рабочей тормозной системой при дорожных испытаниях являются значения тормозного пути  $S_T$  и усилие на органе управления  $P_n$ . Стояночная тормозная система при дорожных испытаниях должна обеспечивать неподвижное состояние автотранспортного средства на наклонной опорной поверхности.



Показателями эффективности торможения рабочей тормозной системой *при стендовых испытаниях* являются удельная тормозная сила  $\gamma_m$  и усилие на органе управления  $P_n$ , которые должны соответствовать нормативным значениям. Проверки на стендах и в дорожных условиях должны проводиться при работающем и отсоединенном от трансмиссии двигателе, а также отключенных приводах дополнительных ведущих мостов и разблокированных трансмиссионных дифференциалах.

Дорожные испытания можно проводить с использованием универсальных средств измерения линейно-угловых величин и деселерометра – механического прибора для замера установившегося замедления. Кроме того, в настоящее время существуют специализированные электронные приборы. К ним может быть отнесен прибор «Эффект». Этот прибор может комплексно определять ряд параметров (тормозной путь, время срабатывания тормозной системы и другие).

При проведении испытаний *ходовой части гусеничных машин* проверке подлежат подшипники опорных и поддерживающих катков, направляющих колес, гусеничные цепи и ведущие колеса, а также натяжение гусениц. Проверка начинается с внешнего осмотра, при котором необходимо убедиться в отсутствии подтекания смазочного материала через уплотнения подшипников, сколов, трещин и поломок ободов колес и катков.

Для проверки подшипников опорных катков поднимают домкратом одну сторону машины до отрыва их от гусеницы. Нажимая ломиком, вставленным между катком и балансиром, перемещают каждый каток и индикатором определяют осевой зазор в подшипниках. Осевой зазор в подшипниках направляющих колес и поддерживающих катков определяют также с помощью индикатора при перемещении колеса или катка в осевом направлении. Для различных тракторов допускается осевой зазор 0,2 – 1,5 мм.

В процессе *испытаний ходовой части колесных машин* проверяют состояние шин, колес, углы установки управляемых колес. Шины не должны иметь местные повреждения, которые обнажают корд, а также местные отслоения протектора. Не допускается наличие инородных предметов между сдвоенными колесами. Давление воздуха в шинах должно соответствовать нормам для конкретной модели машины.

Не допускается замена золотников другими предметами. Количество и состояние болтов и гаек крепления колес должны соответ-

ствовать требованиям завода-изготовителя. Диски и ободья колес не должны иметь трещин. Колеса в сборе после каждого монтажа и при каждом техническом обслуживании должны быть отбалансированы. Допустимые значения дисбаланса колес приведены в инструкции по эксплуатации либо в инструкции по эксплуатации балансировочных станков.

Высоту рисунка протектора шин определяют на участке беговой дорожки, ограниченном прямоугольником со сторонами, размеры которых должны быть не менее половины ширины беговой дорожки и  $1/6$  длины ее окружности. Измерение этого параметра осуществляют универсальными средствами измерения линейно-угловых размеров. Давление воздуха проверяют в полностью остывших шинах поверенным манометром.

Биение ободьев колес проверяют универсальными средствами измерения, например индикаторной головкой с ценой деления 10 мкм, установленной на индикаторной стойке или другом устойчивом основании, в радиальном и осевом направлении. Место измерения – закраина обода колеса. Осевое биение определяют в осевом направлении колеса как абсолютное значение разности максимальных и минимальных показаний прибора при его вращении на  $360^\circ$  вокруг оси. Радиальное биение определяют в перпендикулярном оси колеса направлении по аналогичной методике.

### ***Контрольные вопросы и задания***

- 1. Какие существуют виды испытаний машин?*
- 2. Охарактеризуйте основные составляющие процесса испытаний.*
- 3. В чем заключается отличие процессов испытаний асфальтоукладчика и бульдозера?*
- 4. Перечислите этапы испытаний топливных насосов высокого давления.*
- 5. Какие методы используются для поддержания экологической безопасности машин?*
- 6. Сформулируйте, что такое дымность?*