

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра машин и аппаратов
химических и силикатных производств

ЭКСПЛУАТАЦИЯ, РЕМОНТ И МОНТАЖ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ

Методические указания к проведению лабораторных работ
по одноименной дисциплине для студентов специальности
1-36 07 01 «Машины и аппараты химических производств
и предприятий строительных материалов»
специализаций 1-36 07 01 01 «Машины и аппараты
химических производств», 1-36 07 01 02 «Машины
и оборудование предприятий строительных материалов
и изделий» и 1-36 07 01 06 «Машины и аппараты
фармацевтической промышленности»

Минск 2012

УДК 66.02/.08(076.5)(075.8)

ББК 34.7я73

Э41

Рассмотрены и рекомендованы редакционно-издательским советом университета

Составитель *В. Н. Павлечко*

Рецензент

кандидат технических наук, доцент кафедры процессов
и аппаратов химических производств БГТУ *Д. Г. Калишук*

По тематическому плану изданий учебно-методической литературы университета на 2012 год. Поз. 96.

Для студентов специальности 1-36 07 01 «Машины и аппараты химических производств» специализаций 1-36 07 01 01 «Машины и аппараты химических производств», 1-36 07 01 02 «Машины и оборудование предприятий строительных материалов и изделий» и 1-36 07 01 06 «Машины и аппараты фармацевтической промышленности».

© УО «Белорусский государственный
технологический университет», 2012

ПРЕДИСЛОВИЕ

Важнейшим фактором повышения производительности оборудования в химической промышленности и производстве строительных материалов является его качественный монтаж, эксплуатация, техническое обслуживание и ремонт. Для поддержания оборудования в работоспособном состоянии осуществляются мероприятия, направленные на улучшение эксплуатации и централизованного ремонта, внедряются передовые технологии технической эксплуатации и планово-предупредительного ремонта, совершенствуется технология ремонта, продолжаются работы по модернизации устаревшего оборудования. Технология восстановления деталей базируется на технологии машиностроения, материаловедении, диагностике, теории сварочных процессов, электрохимии, механической и термической обработке заготовок и деталей, технических измерениях, организации и экономике производства. Качество технического обслуживания и ремонта во многом зависит от механизации труда, централизации и специализации ремонтных служб, совершенствования организации и планирования ремонтов.

Цель изучения курса «Эксплуатация, ремонт и монтаж машин и оборудования» – инженерная подготовка в области эксплуатации, организации и технологии ремонта и монтажа механического оборудования.

Эффективность усвоения и использования на практике полученных знаний и навыков по данной дисциплине в значительной мере зависит от оптимального соотношения между теорией и практикой. Лабораторные занятия проводятся в учебной аудитории, оснащенной необходимыми стендами, приборами, слесарным и измерительным инструментом. Проведение занятий в лаборатории позволяет студентам изучить технологические процессы восстановления работоспособности машин, узлов, деталей; ознакомиться с нормативными документами по организации и проведению ремонта и монтажа оборудования; освоить методы дефектовки деталей и узлов, составления маршрута восстановления деталей, прогнозирования потребности в запасных частях; освоить приемы контроля за качеством и соблюдением нормативных требований при проведении ремонтных и монтажных работ; научиться самостоятельно критически проводить анализ полученных данных на основе теории и расчетов; установить эмпирические зависимости для расчета конкретных приемов восстановления работоспособности оборудования.

Пособие содержит девять лабораторных работ, включающих различные приемы, способы и приборы для технической диагностики при монтаже и эксплуатации технологического оборудования. Каждая работа начинается с цели, которой должны достичь студенты при проведении измерений и расчетов. Далее приводятся теория и общие указания, описание экспериментального стенда, методика проведения работы, содержание отчета, контрольные вопросы и литература. В конце отчета от студента требуется провести анализ полученных результатов и сделать соответствующие выводы, что позволяет связать теорию с практикой.

Данное пособие основано на опыте работы ремонтных служб предприятий в химической промышленности и производстве строительных материалов, а также опыте проведения лабораторных работ на кафедре машин и аппаратов химических и силикатных производств.

ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ

При практическом изучении средств и способов диагностики и поддержания оборудования в работоспособном состоянии необходимо знать и использовать общие подходы к выполнению работ и оформлению отчета. Проведение расчетов и анализа полученных результатов требует определенного объема вычислений.

Подготовка к выполнению работ

Перед выполнением лабораторной работы студент должен знать содержание лабораторной работы, основные определения и теоретические основы изучаемых процессов, строение и принцип действия лабораторного стенда, а также порядок выполнения работы и проведения расчетов.

Оформление и порядок предоставления отчета

Перед защитой лабораторной работы студент предоставляет преподавателю отчет, оформленный соответствующим образом. Содержание и последовательность оформления отчета приводятся в каждой лабораторной работе. Отчет предоставляется студентом индивидуально, независимо от количества исполнителей лабораторной работы, и оформляется в общей тетради или на отдельных листах в рукописном или печатном виде. При отсутствии отчета или при грубых нарушениях его оформления студент не допускается к защите.

Лабораторная работа № 1

СТАТИЧЕСКАЯ БАЛАНСИРОВКА РОТОРА НА ПРИЗМАХ

Цель работы: изучение мероприятий, направленных на выявление и устранение или уменьшение статической неуравновешенности деталей или узлов.

Общие указания

При изготовлении, износе или ремонте деталей, а также в процессе сборки узлов и машин центр тяжести вращающихся элементов может быть смещен относительно оси вращения. При вращении таких узлов и деталей возникает неуравновешенная центробежная сила, вызывающая вибрацию, дополнительные нагрузки на подшипники, опорные конструкции и фундамент. Выявление, устранение или уменьшение неуравновешенности вращающихся деталей путем перераспределения массы вращающегося тела называется балансировкой.

Возможна неуравновешенность двух типов. Для тел, близких по форме к тонким дискам, неуравновешенность проявляется в смещении центра тяжести от оси вращения и появлении центробежной силы практически в одной плоскости. Такая неуравновешенность называется статической; ее дисбаланс D (Н · м) определяется статическим моментом:

$$D = Mgr = mgr, \quad (1)$$

где M – масса детали, Н;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

r – смещение центра тяжести от оси вращения, м;

m – масса уравновешивающего груза, Н;

R – расстояние от оси вращения до центра тяжести уравновешивающего груза, м.

В случае статической неуравновешенности детали при ее вращении возникает неуравновешенная центробежная сила F (Н):

$$F = Mr\omega^2 = Mr(2\pi n)^2, \quad (2)$$

где ω – угловая скорость вращения детали, рад/с;

n – частота вращения детали, с⁻¹.

Для деталей, имеющих значительную длину в осевом направлении, неуравновешенные силы возникают в различных плоскостях. Эти

силы могут быть приведены к паре сил и результирующей силе. Неуравновешенность от пары сил называется динамической неуравновешенностью, и часто обнаружить ее статической балансировкой невозможно.

На практике чаще встречается смешанная неуравновешенность. При ее устранении сначала выполняется статическая, а затем динамическая балансировка.

Факторами, определяющими границы использования статической или динамической балансировки, являются относительная длина детали L/D (L – длина детали, D – ее диаметр) и частота вращения n . На рис. 1 приведен график, определяющий границы использования статической и динамической балансировки.

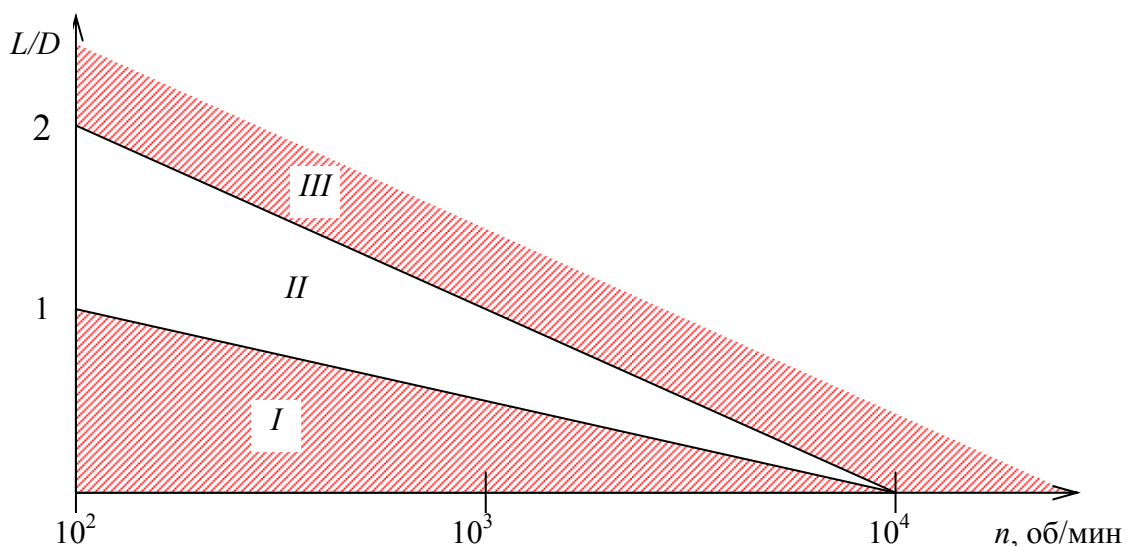


Рис. 1. График определения границ применения статической и динамической балансировки:

I – область статической балансировки; *II* – промежуточная область;
III – область динамической балансировки

Область *I* с малыми значениями L/D и n соответствует статической балансировке. Область *II* может быть зоной как статической, так и динамической балансировки. Для неответственных деталей применяется статическая балансировка, а для ответственных – динамическая. Область *III*, отвечающая большим значениям L/D и n , является областью динамической балансировки. Причем перед динамической балансировкой выполняется статическое уравнивание.

Статическая балансировка основана на стремлении смещенного центра тяжести детали занять наиболее низкое вертикальное поло-

жение относительно оси вращения. Она выполняется на специальных приспособлениях: опорах-призмах или вращающихся дисковых (роликовых) опорах. Призмы состоят из станины 1, опорных стоек 2 и закаленных опорных ножей 3 (рис. 2), верхняя часть которых пришабрена на контрольной плите. Ножи устанавливаются строго параллельно и горизонтально в продольном и поперечном направлениях с помощью уровня и регулировочных винтов 4. Для исключения возможных сотрясений ножи зажимаются винтами 5 в опорных стойках. На призмах устанавливается балансируемая деталь 6 (рабочее колесо насоса, шкив, шестерня и др.) с оправкой 7. Ширина опорных ножей выбирается такой, чтобы исключить образование вмятин на оправке, а коэффициент трения качения должен быть минимальным (в пределах 0,01–0,04). Если относительная величина смещения центра тяжести детали (эксцентриситет) меньше коэффициента трения качения, то деталь теряет способность перемещаться на призмах. Вследствие этого максимальное смещение центра тяжести, определяемое на призмах, равно величине коэффициента трения качения.

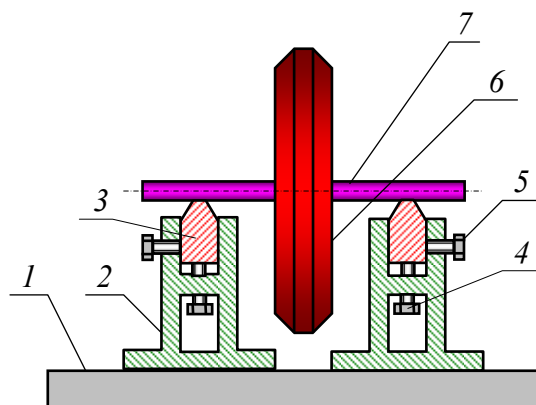


Рис. 2. Балансировочный стэнд на призмах:
1 – станина; 2 – опорная стойка; 3 – нож; 4 – регулировочный винт;
5 – зажимной винт; 6 – деталь; 7 – оправка

Ориентировочные значения ширины опорных поверхностей ножей принимаются следующими: 0,3 мм при весе детали до 3 кг, 3 мм – до 30 кг, 10 мм – до 300 кг.

Уклон опорных поверхностей ножей не должен превышать 0,02 мм, а непараллельность – 1 мм на 1 м длины призмы. Для предохранения от скатывания оправки с деталью на концах ножей закрепляются ограничители. Расстояние между осями опорных ножей должно быть равно расстоянию между осями подшипников балан-

сируемой детали. Перед установкой детали на призмы ее очищают, опорные ножи насухо протирают чистой ветошью и смазывают тонким слоем смазки. Деталь осторожно укладывают на ножи, перекачивают по ним, контролируя отсутствие продольных и поперечных прогибов, и устанавливают на середину призм перпендикулярно оси оправки.

Балансировочный стенд на роликах схематично изображен на рис. 3.

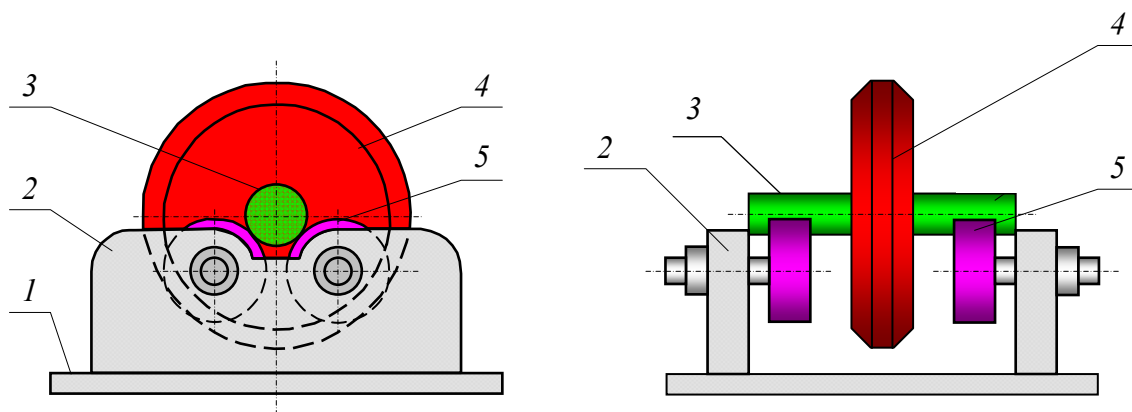


Рис. 3. Балансировочный стенд на роликах:

1 – станина; 2 – опора; 3 – оправка; 4 – деталь; 5 – подшипник

Балансировка детали может выполняться двумя способами. Первый, менее точный, заключается в следующем. Для преодоления трения покоя детали придают толчок, вызывающий ее перекачивание на приспособлении. После затухания качения деталь самоустанавливается в нижнем вертикальном положении центра тяжести относительно оси вращения. Мелом отмечают направление центра тяжести от оси детали и, устанавливая на диаметрально противоположном направлении компенсирующие тарировочные грузы (намагниченные куски железа, пластилин и др.), добиваются устранения дисбаланса.

Влияние силы трения на положение неуравновешенной силы приближенно учитывают следующим образом. После того как на детали мелом отмечено направление центра тяжести, деталь поворачивают по часовой стрелке на 90° так, чтобы меловая отметка заняла горизонтальное положение, и отпускают. После остановки детали на вертикальном направлении наносят вертикальную метку. Далее операции повторяют при повороте детали на 90° против часовой стрелки и наносят вторую меловую отметку. Действительное направление центра тяжести будет находиться посередине между двумя меловыми отметками.

При достижении полной статической уравновешенности меловая отметка будет устанавливаться после толчка детали в любом произвольном положении. После этого следует взвесить добавленный груз и закрепить (с помощью сварки) равновеликое по весу количество металла в том месте, которое было отмечено при балансировке. В некоторых случаях на диаметрально противоположной стороне детали удаляют, например сверлением или другими способами, соответствующее количество металла.

Более точно (с учетом сил трения качения) балансировку на призмах осуществляют следующим образом. Сначала, повернув деталь на призмах, дают ей возможность свободно остановиться, каждый раз отмечая мелом нижнюю точку. Если нижнее положение занимает одна и та же точка, через нее проводят вертикальную линию и подбором груза компенсируют дисбаланс. После устранения явного дисбаланса окружность детали делят на 6–8 равных частей и нумеруют метки. У отмеченных делений на детали, которые поочередно устанавливаются горизонтально, подвешивают различные грузики, одинаково удаленные от оси вращения, до тех пор, пока деталь не начнет вращаться на призмах. Вес этих грузиков наносят на диаграмму (рис. 4).

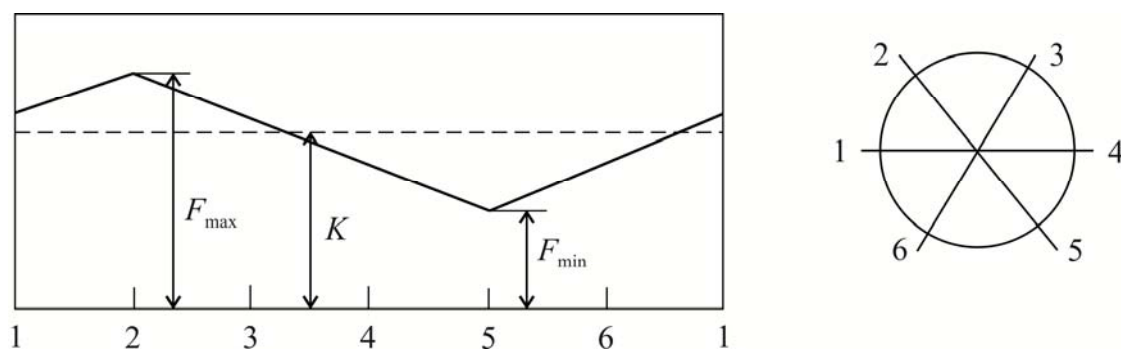


Рис. 4. Диаграмма для определения места расположения и величины дисбаланса

На диаграмме по направлению минимального веса грузиков находят направление центра тяжести детали. Для уравнивания детали необходимо в диаметрально противоположном направлении (соответствует $F_{\max}$) установить уравнивающий груз, вес которого Q (Н) определяется по формуле:

$$Q = \frac{F_{\max} - F_{\min}}{2}. \quad (3)$$

Величина фактического остаточного дисбаланса детали D_i (Н · м) равна:

$$D_i = \frac{F_{\max} - F_{\min}}{2} r_i, \quad (4)$$

где r_i – радиус крепления неуравновешенного груза, м.

Из диаграммы находится также величина K (Н), учитывающая влияние трения качения:

$$K = F_{\min} + \frac{F_{\max} - F_{\min}}{2}. \quad (5)$$

Обработка опытных данных

1. Определить по формуле (1) величину явного дисбаланса, подставляя значения веса уравнивающего груза m и расстояния r , полученные опытным путем.

2. Определить по формулам (3)–(5), используя диаграмму (рис. 4), вес корректирующего груза Q для устранения дисбаланса, величину остаточного дисбаланса D_i и значение величины K .

Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Краткое описание способа балансировки.
3. Краткое изложение методики выполнения работы.
4. Схема балансировочного стенда на призмах.
5. Данные, полученные опытным путем, в виде таблицы и диаграмма, построенная на их основе.
6. Необходимые расчеты.
7. Выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. Какие бывают виды неуравновешенности вращающихся деталей?
2. К каким негативным явлениям приводит неуравновешенность вращающихся деталей?
3. Какие приспособления используются для статической балансировки деталей?
4. Какие требования предъявляются к балансировочным призмам?
5. Как устраняются явный и остаточный дисбалансы при балансировке на призмах?

6. Какие методы компенсации неуравновешенности применяются на практике?

Литература

1. Батищев, А. Н. Монтаж, эксплуатация и ремонт технологического оборудования / А. Н. Батищев, И. Г. Голубев, В. В. Курчаткин. – М.: КолосС, 2007. – 424 с.

2. Ермаков, В. И. Ремонт и монтаж химического оборудования / В. И. Ермаков, В. С. Шеин. – Л.: Химия, 1981. – 368 с.

3. Дроздов, Н. Е. Эксплуатация, ремонт и испытание оборудования предприятий строительных материалов, изделий и конструкций / Н. Е. Дроздов. – М.: Высшая школа, 1979. – 312 с.

Лабораторная работа № 2

РЕГУЛИРОВКА РЕМЕННОЙ ПЕРЕДАЧИ

Цель работы: ознакомление с назначением и применением ременных передач; изучение методики и приобретение практических навыков регулировки привода с ременной передачей.

Общие указания

Ременные передачи широко распространены в промышленности в качестве элементов приводов оборудования. Работа ременных передач основана на использовании силы трения между ремнем, ведущим и ведомым шкивами. Наиболее широко ременные передачи используют при параллельном расположении осей на различном расстоянии друг от друга. Иногда применяют шкивы с другим расположением осей. По форме поперечного сечения гибкие ремни делятся на три группы: плоские, клиновые (трапецеидального поперечного сечения) и круглые. Наибольшее распространение получили плоские и клиновые ремни, изготавливаемые из кожи, прорезиненных тканей, натуральных и искусственных текстильных материалов. Плоские ремни изготавливают в виде бесконечной ленты, соединяя их концы сшиванием, склеиванием, соединением скобами, заклепками и др. Клиновые ремни при равном по сравнению с плоскими натяжении ветвей обеспечивают большие силы трения между ремнями и шкивами за счет трапецеидального сечения.

Существует семь стандартных сечений клиновых ремней с размерами основания трапецеидального профиля от 10 до 50 мм и высотой от 6 до 30 мм (рис. 5). Угол, образуемый боковыми гранями ремня, составляет 40° . Тип ремня условно обозначается буквой сечения и длиной в миллиметрах, например А-500, Г-700, Д-2500. Тип ремня и диаметр малого шкива выбирают в зависимости от мощности передачи по специальным расчетным таблицам. Перешивка клиновидного ремня при вытяжке не допускается, поэтому в конструкции привода должно быть устройство натяжения ремня путем изменения межосевого расстояния между шкивами. Натяжение ремня обеспечивается передвижением электродвигателя по салазкам, установкой электродвигателя на качающейся плите или специальным натяжным устройством.

Достоинства ременных передач: простота конструкции и невысокая стоимость изготовления; предохранение приводов от больших перегрузок, т. к. при превышении мощности ремень проскальзывает; отсутствие ударов и толчков; возможность передачи мощности на большое

расстояние (до 15 м); эластичность; бесшумность; высокий к.п.д., достигающий 0,94–0,98 при правильном устройстве и надлежащем уходе.

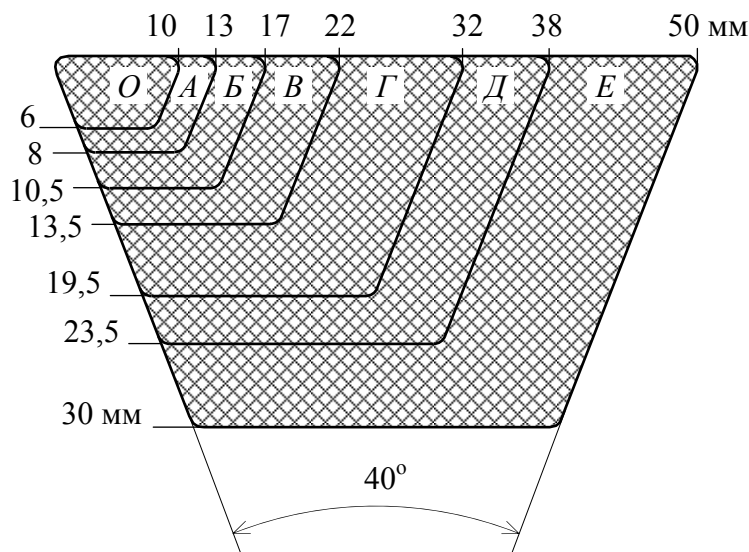


Рис. 5. Стандартные сечения, размеры и обозначения клиновидных ремней

Недостатки ременных передач: скольжение, в результате чего не обеспечивается постоянное передаточное отношение; вытягивание ремня, требующее постоянного и сложного ухода; сравнительно большие габариты.

Нормальная работа ременной передачи обеспечивается оптимальным натяжением ремня, правильным взаимным расположением шкивов и состоянием их рабочих поверхностей, надежным соединением концов ремня. От натяжения ремня зависит срок его службы, к.п.д. передачи и величина скольжения. При увеличении натяжения ремня снижается к.п.д., возрастает износ ремня, нагрузки на валы и подшипники передачи и их износ.

В процессе эксплуатации ремень вытягивается, за счет чего снижается его натяжение и показатели работы передачи в целом. Кроме того, нарушается параллельность валов, посадка или положение шкивов и др. Параллельность валов контролируют измерением расстояния между ними, горизонтальность валов – по уровню. Положение шкивов на валах определяют по их основному биению, прикладыванием линейки к их торцовым поверхностям или с помощью отвесов.

Оптимальную величину натяжения ремня $P_{\text{опт}}$ (Н) определяют по формуле:

$$P_{\text{опт}} = \sigma F, \quad (6)$$

где σ – допустимое напряжение в ремне, Па (для плоских ремней $\sigma = 1,8 \cdot 10^6$ Па, для клиновидных ремней $\sigma = 2 \cdot 10^6$ Па);

F – площадь поперечного сечения ремня, м^2 .

На практике натяжение ремня определяют, измеряя величину его прогиба λ (м) под действием прилагаемой нагрузки по формуле:

$$\lambda = \frac{QL}{2\sigma F}, \quad (7)$$

где Q – прилагаемая нагрузка, Н (принимается в пределах $Q = 50\text{--}100$ Н);
 L – межосевое расстояние, м.

Нагрузку к ремню прикладывают с помощью динамометра или подвешивая к ремню груз известного веса. При нормальном натяжении ремня величина скольжения обычно составляет 0,5–1,0%. Величину скольжения определяют путем замера частоты вращения ведущего n_1 и ведомого n_2 шкивов и их диаметров (соответственно D_1 и D_2). При этом должно соблюдаться условие

$$1 - \frac{D_1 n_1}{D_2 n_2} \leq 0,01. \quad (8)$$

Описание лабораторного стенда

Лабораторный стенд состоит из электродвигателя, на вал которого насажен ведущий шкив 1 (рис. 6), соединенный с ведомым шкивом 2 клиновым ремнем 3.

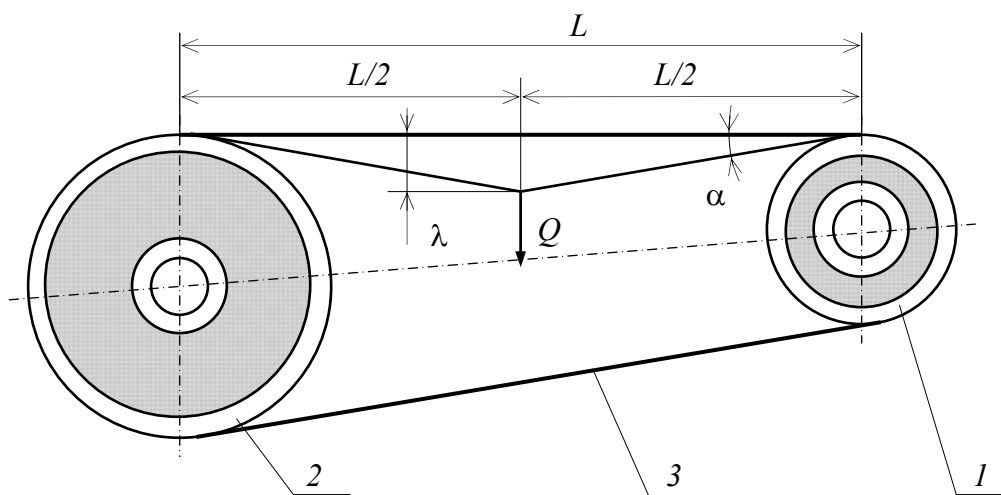


Рис. 6. Схема измерения натяжения ременной передачи:
 1 – ведущий шкив; 2 – ведомый шкив; 3 – ремень

В комплекте лабораторного стенда имеется тахометр для измерения скорости вращения шкивов, подвешиваемый груз, весы для определения его веса, линейка для измерения межосевого расстояния, штангенциркуль для определения размеров и площади поперечного сечения клинового ремня, приспособление с микрометром для измерения радиального и торцового биения шкивов, набор слесарного инструмента.

Методика выполнения работы

1. Изучить описание лабораторного стенда.
2. Проверить исправность оборудования стенда, инструментов и приспособлений.
3. Произвести необходимые измерения и расчеты по регулировке ременной передачи:
 - определить размеры ремня и его тип;
 - проверить параллельность и горизонтальность валов и выставить их;
 - измерить радиальные, торцовые биения шкивов в двух взаимно перпендикулярных плоскостях (через 90°) и проверить совпадение плоскостей шкивов. Биения сравнить с допустимыми значениями (не более 0,01 мм);
 - замерить величину провисания ремня под действием груза Q и сравнить ее с расчетной, определенной по формуле (7);
 - замерить размеры и частоту вращения шкивов и проверить скольжение по формуле (8).
4. Составить отчет о проделанной работе.

Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Краткие сведения о ременных передачах и методика выполнения работы.
3. Схема лабораторного стенда.
4. Результаты измерений в виде таблицы.
5. Результаты расчетов по формулам (6)–(8).
6. Выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. Каковы основные элементы ременной передачи?
2. Какие ремни используются в ременных передачах?

3. Каковы основные типы клиновых ремней и как они обозначаются?
4. Каковы основные достоинства и недостатки ременных передач?
5. Каким образом компенсируется растяжение ремней в процессе эксплуатации?
6. Какие показатели влияют на нормальную работу ременных передач?

Литература

1. Батищев, А. Н. Монтаж, эксплуатация и ремонт технологического оборудования / А. Н. Батищев, И. Г. Голубев, В. В. Курчаткин. – М.: КолосС, 2007. – 424 с.
2. Ермаков, В. И. Ремонт и монтаж химического оборудования / В. И. Ермаков, В. С. Шеин. – Л.: Химия, 1981. – 368 с.
3. Дроздов, Н. Е. Эксплуатация, ремонт и испытание оборудования предприятий строительных материалов, изделий и конструкций / Н. Е. Дроздов. – М.: Высшая школа, 1979. – 312 с.
4. Микольский, Ю. Н. Выверка и центровка промышленного оборудования / Ю. Н. Микольский, Я. С. Кравченко. – Киев: Будивельник, 1979. – 188 с.

Лабораторная работа № 3

РЕГУЛИРОВКА И ИЗМЕРЕНИЕ ЗАЗОРОВ В ПОДШИПНИКАХ СКОЛЬЖЕНИЯ

Цель работы: ознакомление с назначением, конструкцией и видами ремонта подшипников скольжения, а также способами измерения и регулирования зазоров в них.

Общие указания

Подшипники – узлы, предназначенные для установки и поддержки валов, – подразделяются на подшипники качения и скольжения. Подшипники – это опоры или направляющие, в которых трение вала происходит при скольжении и которые определяют положение вала по отношению к другой части механизма.

Подшипники скольжения состоят из корпуса и закладываемого в него вкладыша (втулки), непосредственно соприкасающегося с поверхностью шейки вала. Корпуса подшипников изготавливают из чугуна (иногда из стали), вкладыши – из чугуна или бронзы. Применяют и стальные вкладыши, у которых внутренняя поверхность покрывается тонким слоем антифрикционного сплава, например баббита. Подшипники скольжения изготавливают неразъемными и разъемными.

Неразъемные подшипники состоят из двух деталей: корпуса и втулки. Их недостатками являются затруднительность сборки длинных валов и невозможность регулировки для ликвидации последствий изнашивания.

Разъемные подшипники имеют корпус, состоящий из верхней и нижней частей, между которыми помещен вкладыш в виде разрезной втулки. Разъемные подшипники обеспечивают удобство монтажа валов и осей, их устройство позволяет быстро и просто производить ремонт всех деталей.

Подшипники скольжения рассчитывают по допустимому удельному давлению, их длина составляет от 0,5 до 1,5 диаметров шейки вала.

При ремонте подшипников скольжения восстанавливают рабочие поверхности сопряжения с валом, системы смазки и водяного охлаждения (при его наличии), а также посадочные места под вкладыши и втулки.

При ремонте бронзовые, латунные и чугунные втулки (вкладыши) заменяют новыми или восстанавливают их внутренние изношенные поверхности металлизацией (напылением антифрикционными материалами). В подшипниках скольжения с баббитовой заливкой неболь-

шие выкрашивания исправляют шабрением или пайкой с последующим пришабриванием запаянных мест. При расплавлении, расслоении и большом износе баббитовой заливки, в случае проточки (шлифования) сопрягаемой шейки вала производят перезаливку вкладышей. После этого посадочные места под вкладыши (втулки) растачивают под следующий ремонтный размер или наплавляют с последующей расточкой под номинальный размер.

Для нормальной работы подшипников скольжения необходимо соблюдать установленную величину сопротивления вращению вала, обеспечивать правильное их положение и надежное крепление. Контроль за состоянием подшипников заключается в проверке величины зазора между шейкой вала и подшипником, а также в проверке положения вала, состояния трущихся поверхностей и наличия смазки.

Первоначальная величина зазора в подшипниках скольжения устанавливается по таблицам допусков и посадок. Вследствие увеличения зазора в процессе эксплуатации возникает необходимость его измерения и регулировки. Величину зазора измеряют с помощью щупа (набор пластин различной толщины) или индикатором по величине смещения шейки вала под действием силы, приложенной к валу и направленной вертикально вверх.

Для измерения зазоров в разъемных подшипниках скольжения (рис. 7) используют, в основном, метод свинцовых оттисков, т. к. применение щупов часто затруднено вследствие особенностей конструкции подшипников, например их значительной длины, отсутствия доступа для проведения измерений и т. д.

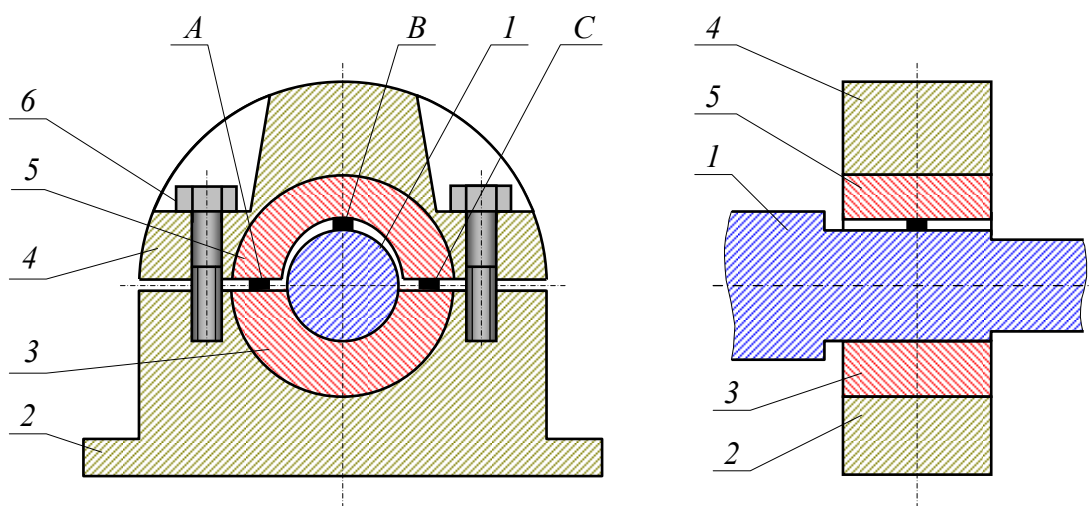


Рис. 7. Схема измерения зазора в подшипнике скольжения:

1 – вал; 2 – корпус; 3 – нижний вкладыш; 4 – крышка;
5 – верхний вкладыш; 6 – винт; А, В, С – прокладки

На шейку вала 1 и на плоскость разъема верхнего вкладыша 3 с нижним вкладышем 2 по обе стороны шейки укладывают на солидоле или вазелине равномерно по длине по три кусочка мягкой свинцовой проволоки: один – посередине и два – по краям. После этого подшипник равномерно затягивают болтами 4, а затем разбирают и производят измерения всех девяти сплюснутых проволочек. По результатам измерений и последующих вычислений определяют необходимость установки, удаления или замены прокладок 5.

Описание лабораторного стенда

Лабораторный стенд состоит из вала, установленного в двух разъемных подшипниках, которые закреплены на опорах.

В комплект стенда входит слесарный инструмент (гаечные ключи, отвертка, молоток и др.), микрометр и свинцовая проволока.

Методика выполнения работы

После проверки комплектности и исправности стенда и инструмента подготавливают девять кусочков свинцовой проволоки равной длины (в пределах 5–20 мм). По методике, приведенной выше, их устанавливают в подшипник и затягивают его. Затем изымают сплюснутые кусочки проволоки и микрометром измеряют их толщину: $a_1, a_2, a_3, c_1, c_2, c_3$ – толщины сплюснутых проволок по порядку их расположения в разъемах слева и справа; b_1, b_2, b_3 – толщины проволок, сплюснутых в зазоре между шейкой вала и вкладышем.

По результатам проведенных измерений определяют величины зазоров по краям (δ_1 и δ_3 соответственно) и в середине (δ_2) по формуле:

$$\delta_i = b_i - \frac{a_i + c_i}{2}, \quad (9)$$

где $i = 1, 2, 3$ – номера сечений, в которых установлены проволоки.

Величину зазора δ определяют как среднее арифметическое:

$$\delta = \frac{\delta_1 + \delta_2 + \delta_3}{3} \quad (10)$$

По справочным таблицам и величине среднего зазора, вычисленной по опытным данным, определяют необходимость установки, удаления или замены регулировочных прокладок.

Содержание отчета

1. Общие сведения о подшипниках скольжения и методах их ремонта.
2. Методика измерения и регулирования зазоров.
3. Схема лабораторного стенда.
4. Результаты измерений и расчетов.
5. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Какие существуют подшипники скольжения?
2. Из каких соображений выбирают материал вкладышей подшипников скольжения?
3. Какие основные дефекты подшипников скольжения Вы знаете? Охарактеризуйте методы их устранения.
4. В чем сущность методики определения зазоров с помощью свинцовых оттисков?
5. Каким образом добиваются соответствия зазоров, имеющих в подшипниках скольжения, зазорам, устанавливаемым рекомендациями для данного вида сопряжения охватываемой и охватывающей деталей?

Литература

1. Батищев, А. Н. Монтаж, эксплуатация и ремонт технологического оборудования / А. Н. Батищев, И. Г. Голубев, В. В. Курчаткин. – М.: КолосС, 2007. – 424 с.
2. Ермаков, В. И. Ремонт и монтаж химического оборудования / В. И. Ермаков, В. С. Шеин. – Л.: Химия, 1981. – 368 с.
3. Дроздов, Н. Е. Эксплуатация, ремонт и испытание оборудования предприятий строительных материалов, изделий и конструкций / Н. Е. Дроздов. – М.: Высшая школа, 1979. – 312 с.
4. Микольский, Ю. Н. Выверка и центровка промышленного оборудования / Ю. Н. Микольский, Я. С. Кравченко. – Киев: Будивельник, 1979. – 188 с.

Лабораторная работа № 4

ТЕХНОЛОГИЯ РЕМОНТА

МЕХАНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Цель работы: изучение назначения и некоторых способов разборки и сборки узлов оборудования; ознакомление с методикой и нормативами дефектовки деталей, методами выверки и регулирования валов и зубчатых передач.

Общие указания

При ремонте оборудования проводят его разборку, дефектовку, сборку и регулировку. При капитальном ремонте производят полную разборку оборудования, при других видах ремонта – разборку тех узлов, для которых необходимо проведение ремонтных операций.

Перед разборкой оборудование отключают от питающей электрической сети, отсоединяют от технологических линий путем установки заглушек или демонтажа соответствующих трубопроводов, освобождают от остатков материала, удаляют смазку и очищают от загрязнений. Эти работы выполняются в строгом соответствии с инструкциями по технике безопасности.

Разборку всех соединений выполняют исправным инструментом соответствующего назначения. Запрещено отворачивание гаек с помощью зубила и молотка. Перед отворачиванием гаек резьбовую часть целесообразно смочить керосином. Возможен нагрев резьбовых соединений пламенем горелок без появления цветов побежалости и возникновения пожара или порчи соседних узлов и деталей. Демонтаж деталей с прессовыми посадками (зубчатых колес, шкивов, муфт и других, схожих по методу установки) производят на прессах или с помощью съемников, исключаяющих перекосящие детали и повреждение посадочных поверхностей.

При разборке детали маркируют цифрами, буквами, краской для обеспечения их правильного соединения при сборке. Снятые детали очищают от грязи, ржавчины, окалины, нагара, покрывая ответственные места (шлифованные, полированные и т. д.) смазкой для защиты. Очищенные детали подвергают дефектовке и выявляют возможность повторного использования деталей без ремонта, необходимость ремонта или их полную непригодность. При дефектовке внешним осмотром выявляют трещины, царапины, задиры и другие поверхност-

ные дефекты. Измерения и обследования производят соответствующим инструментом, приборами, приспособлениями, шаблонами и др.

Выявленные в процессе дефектовки годные детали маркируют белой краской, негодные – красной, требующие ремонта – зеленой или желтой. На поверхности деталей, допускаемых к дальнейшей эксплуатации без ремонта, не должно быть задиров, глубоких царапин, забоин, деформаций и других дефектов, снижающих их эксплуатационные свойства. Сопряженные детали, годные к дальнейшей эксплуатации, не следует раскомплектовывать и обезличивать.

Подробные перечни для дефектовки деталей специального и отраслевого оборудования приведены в положениях о ППР оборудования соответствующего назначения. При выполнении данной лабораторной работы при дефектовке деталей следует руководствоваться перечнем, представленным в табл. 1.

Таблица 1

Типовые дефекты некоторых деталей

Детали	Дефекты	
	подлежащие устранению	вызывающие браковку деталей
Болты, шпильки, винты, гайки общего назначения	Отдельные забоины резьбы, срыв менее двух ниток резьбы, погнутость стержня	Срыв более двух ниток резьбы, износ резьбы или стержня, трещины, сколы, повреждения граней гаек или головок болтов
Валы и оси	Остаточные деформации от изгиба, мелкие забоины и задиры, трещины не более 10% длины и глубины вала, овальность и конусность менее 0,0002 диаметра, повреждение шпоночных пазов, резьб, галтелей, центровых отверстий	Остаточные деформации от скручивания, износ рабочих поверхностей более 5% диаметра, трещины в валах ответственного назначения, износ шлицев
Зубчатые колеса и шестерни	Трещины в ободке, спицах и ступице неответственных передач, поломка не более двух зубьев подряд в неответственных передачах, поломка до 50% длины двух-трех зубьев подряд в ответственных передачах	Трещины в ободке, спицах и ступице ответственных передач, в т. ч. грузоподъемных машин, поломка более 50% длины двух и более зубьев подряд в ответственных передачах, износ зубьев по толщине свыше 15–30% (в зависимости от скорости и назначения передач)

Детали	Дефекты	
	подлежащие устранению	вызывающие браковку деталей
Подшипники качения	—	Раковины, вмятины, шелушение, трещины, эрозия поверхностей колец и тел качения, увеличение осевого и радиального зазоров сверх установленных допусков

Описание лабораторной установки

Установка включает два стенда: стенд для проверки радиального и торцового биения шестерни (рис. 8) и стенд для выверки и регулирования валов и зубчатых передач (рис. 9).

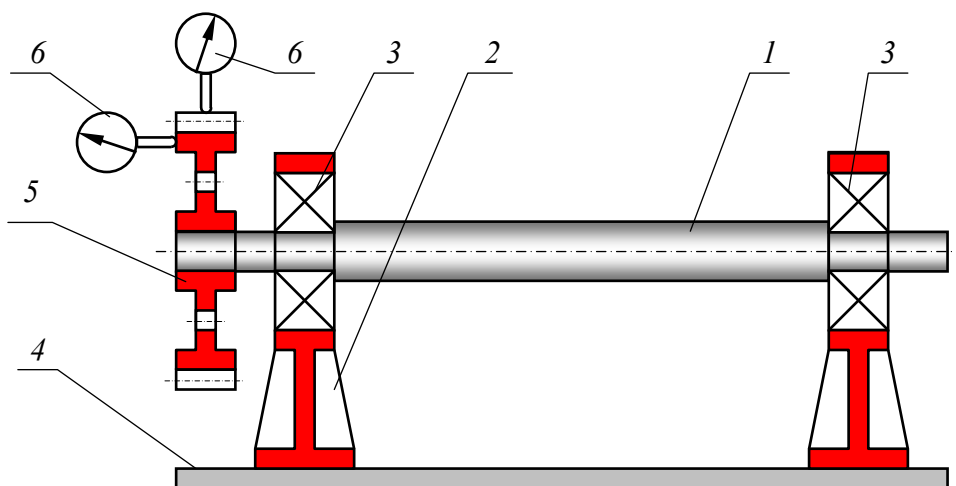


Рис. 8. Схема стенда для проверки радиального и торцового биения шестерен:

1 – вал; 2 – опора; 3 – подшипник качения;
4 – плита; 5 – шестерня; 6 – индикатор

Стенд для проверки радиального и торцового биения (рис. 8) состоит из вала 1, установленного в опорах 2, снабженных подшипниками качения 3. Опоры укреплены на плите 4; на валу закреплена шестерня 5. Для измерения радиального и торцового биения имеются индикаторы 6.

Стенд для выверки и регулирования валов и зубчатых передач (рис. 9) состоит из двух валов 1, установленных в подшипниках качения 2, и двух зубчатых колес 3. На концах валов установлены вертывши 4, необходимые для контроля правильности их положения. Для определения горизонтальности валов имеются уровни 5. Подшипники смонтированы в опорах, закрепленных на общей плите.

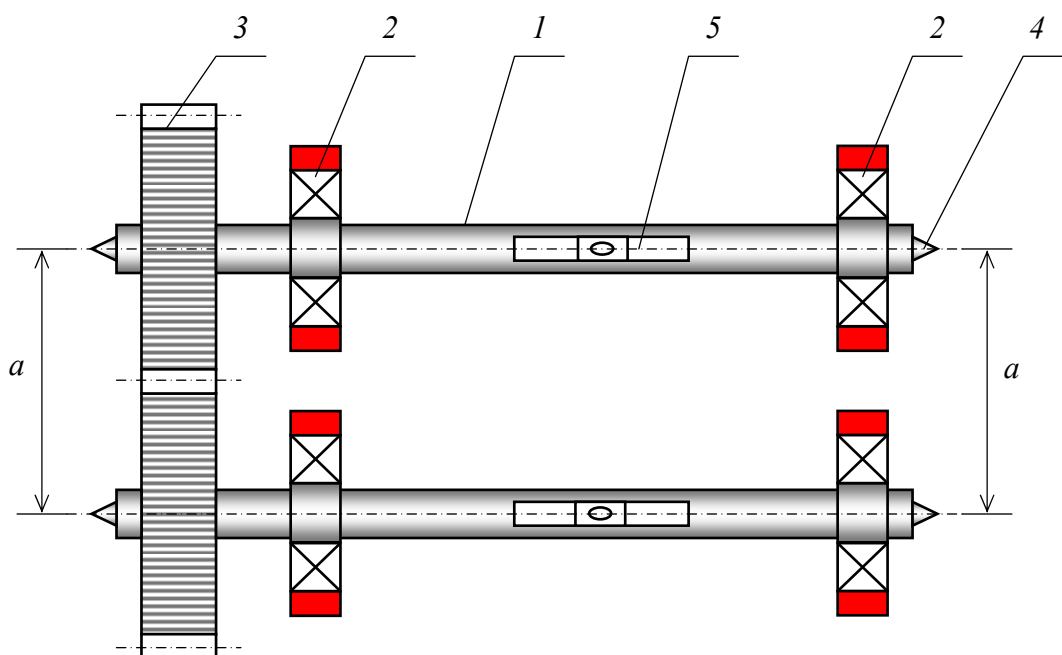


Рис. 9. Схема стэнда для выверкн и регулнрования валов и зубчатых передач: 1 – вал; 2 – подшипник качения; 3 – зубчатое колесо; 4 – ввертыш; 5 – уровень

В комплект установки входит необходимый слесарный и измерительный инструмент и материалы.

Методика выполнения работы

При проверке радиального и осевого биения зубчатых колес сначала выставляют горизонтальность валов, проверяют, не возникает ли заедание при вращении. При наличии заедания зубчатых колес его устраняют изменением межосевого расстояния путем перемещения опор. Кроме того, таким же образом добиваются параллельности валов. После этого при помощи индикаторов определяют радиальное и торцовое биение колеса в двух взаимно перпендикулярных плоскостях (через 90°). Затем определяют износ зубьев путем замера их толщины.

При проверке и регулировке валов и зубчатых передач выполняют следующие операции:

- 1) при помощи уровня проверяют горизонтальность валов;
- 2) имеющимся приспособлением измеряют межосевое расстояние в двух плоскостях и проверяют параллельность валов;
- 3) выверяют правильность зацепления зубчатых колес.

При этом добиваются вращения валов в опорах без заеданий, плавной (без рывков, заеданий и стуков) работы зубчатого зацепления.

Установив стойку индикатора на одной из опор подшипника, проверяют радиальное и торцовое биения. При проверке радиального биения используют калибр, касающийся зубьев колеса по делительной окружности. Защемив одно из колес и приставив индикатор к зубу второго колеса, поворачивают это колесо и по показаниям индикатора проверяют зазор между зубьями (люфт).

Отклонение от расположения зубчатых колес в одной плоскости (торцовое несовпадение) не должно превышать 5% ширины зуба. Радиальный зазор между головкой зуба одного колеса и впадиной второго колеса не должен превышать 0,2 модуля, боковой зазор (люфт) – 0,1 модуля, радиальное биение колес – 0,04 модуля (0,03–0,04 мм на 100 мм диаметра), торцовое биение – 0,08 модуля (0,06–0,08 мм на 100 мм диаметра). Модуль зубьев – отношение шага зубьев к числу π .

При проверке правильности зацепления на краску зубья большего колеса после трех-четырех его оборотов должны быть покрыты краской не менее чем на 50–65% длины и 40–50% высоты зуба (в зависимости от назначения и чистоты обработки зубчатой передачи).

Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Краткие сведения о разборке, дефектовке, сборке и регулировке зубчатых передач.
3. Схемы лабораторных стендов.
4. Методика выполнения работы.
5. Таблица измерения радиального и торцового биения зубчатых колес (табл. 2) и таблица измерения параметров зубчатого зацепления (табл. 3).
6. Выводы по работе.

Таблица 2

Результаты измерения биения колес

Позиция колеса	Биение колеса, мм	
	радиальное	торцовое
1 – 0, 360°		
2 – 90°		
3 – 180°		
4 – 270°		

Результаты измерения параметров зубчатого зацепления

Измеряемая величина, мм	Вал	
	I	II
Отклонение: от горизонтали		
от параллельности		
Биение колеса: радиальное		
торцовое		
Зазор между зубьями (люфт)		

Контрольные вопросы

1. Каковы особенности демонтажа резьбовых соединений и деталей типа дисков и роторов, установленных на валах?
2. Какие основные требования предъявляются к зубчатым зацеплениям?
3. Опишите критерии оценки при дефектовке отдельных видов оборудования (валов и осей, подшипников скольжения и качения, зубчатых колес, болтов, шпилек и винтов).
4. Какие существуют требования к деталям, годным к дальнейшему использованию без ремонта?
5. Какие методы дефектовки деталей Вы знаете?

Литература

1. Батищев, А. Н. Монтаж, эксплуатация и ремонт технологического оборудования / А. Н. Батищев, И. Г. Голубев, В. В. Курчаткин. – М.: КолосС, 2007. – 424 с.
2. Ермаков, В. И. Ремонт и монтаж химического оборудования / В. И. Ермаков, В. С. Шеин. – Л.: Химия, 1981. – 368 с.
3. Дроздов, Н. Е. Эксплуатация, ремонт и испытание оборудования предприятий строительных материалов, изделий и конструкций / Н. Е. Дроздов. – М.: Высшая школа, 1979. – 312 с.
4. Микольский, Ю. Н. Выверка и центровка промышленного оборудования / Ю. Н. Микольский, Я. С. Кравченко. – Киев: Будивельник, 1979. – 188 с.
5. Положение о планово-предупредительном ремонте оборудования предприятий по производству силикатного кирпича. – Таллин, 1983. – 256 с.

Лабораторная работа № 5

МОНТАЖ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ НАСОСОВ

Цель работы: ознакомление со способами монтажа горизонтальных насосов; изучение методики центровки валов по полумуфтам.

Общие указания

Монтаж горизонтальных насосов (центробежных, поршневых и др.) начинают с установки плит или рам на фундамент и выверки их по высоте и горизонтали. Допускается отклонение плиты (рамы) по высоте до 10 мм, а по горизонтали – 0,1 мм на 1 мм длины плиты.

Сборочные единицы насосов устанавливают на общей раме или на отдельных плитах.

Если горизонтальный насос поступает на монтаж отдельными сборочными единицами, то в агрегатах без редуктора электродвигатель центруют к выверенному и закреплённому на раме насосу, а в агрегатах с редуктором насос и двигатель – к выверенному и закреплённому редуктору. При таком порядке установки погрешности раскладываются в обе стороны от редуктора, и получается меньший общий перекося. При центровке насосных агрегатов с клиноременной передачей следят за тем, чтобы оси насоса и электродвигателя были параллельны, а канавки шкивов расположены без смещения один относительно другого.

Наиболее ответственной операцией при монтаже горизонтальных насосных агрегатов является центровка валов по полумуфтам. При этом валы устанавливают так, чтобы торцовые плоскости полумуфт были параллельны и располагались концентрично.

Для проверки соосности в зависимости от конструкции муфт применяют различные приспособления. Наиболее простой способ выверки – линейкой.

Описание лабораторного стенда

Лабораторный стенд состоит из электродвигателя 1, водокольцевого вакуум-насоса 2, соединённых пальцевой муфтой 3, на которой крепится скоба 4 с установленным на ней индикатором часового типа 5 (рис. 10). Регулирование электродвигателя в горизонтальной плоскости осуществляется регулировочными винтами 7, в вертикальной плоскости – регулировочными гайками. В комплект стенда входят слесарный инструмент, штангенциркуль, линейка.

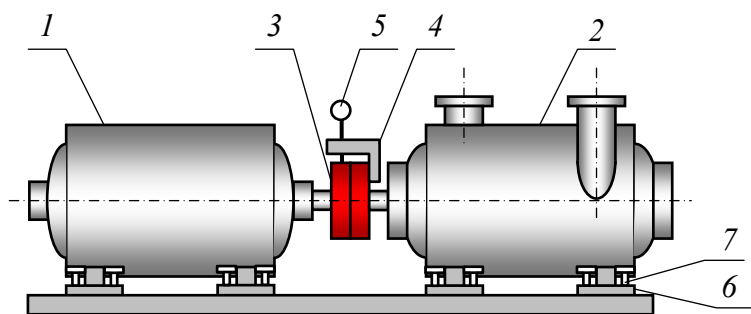


Рис. 10. Схема лабораторного стенда:
 1 – электродвигатель; 2 – вакуум-насос; 3 – муфта; 4 – скоба;
 5 – индикатор; 6 – опора; 7 – регулировочный винт

Методика выполнения работы

Концентричность проверяют по показаниям индикатора часового типа. Зазоры между торцовыми плоскостями полумуфт измеряют штангенциркулем. Запись проверки соосности ведут по круговой диаграмме. Первоначальное положение валов принимают за нулевое. Затем оба вала поворачивают по направлению вращения на 90, 180, 270° от первоначального положения и замеряют во всех их положениях зазоры n и m , снимая в каждом положении валов по одному замеру по окружности (n_1, n_2, n_3 и n_4) и по четыре замера по торцам полумуфт (m_1, m_2, m_3 и m_4). При правильных замерах должны выполняться условия

$$n_1 + n_2 = n_3 + n_4; \quad (11)$$

$$m_1 + m_2 = m_3 + m_4. \quad (12)$$

Замеры по торцам полумуфт подсчитывают как среднее арифметическое, т. е.

$$\frac{n_1 + n_2 + n_3 + n_4}{4} \quad (13)$$

$$\frac{m_1 + m_2 + m_3 + m_4}{4} \quad (14)$$

и т. д.

В горизонтальной плоскости для придания правильного положения валу двигателя относительно насоса по известным значениям зазоров корпус двигателя необходимо сместить параллельно его первоначальной установке на величину

$$A_r = \frac{n_1 + n_2}{2}, \quad (15)$$

а затем дополнительно повернуть на угол

$$\alpha_{\Gamma} = \frac{m_1 - m_2}{D}. \quad (16)$$

В вертикальной плоскости необходимо опустить или поднять полумуфту электродвигателя на величину

$$A_{\text{в}} = \frac{n_3 + n_4}{2} \quad (17)$$

и повернуть на угол

$$\alpha_{\text{в}} = \frac{m_3 - m_4}{D}. \quad (18)$$

После этого необходимо проверить центровку валов оборудования по полумуфтам по приведенной выше методике и сравнить полученные отклонения с допустимыми, приведенными в табл. 4.

Таблица 4

Допустимые отклонения от положения валов

Муфты	Отклонения	
	по торцу	по окружности
Жесткие	0,02	0,03
Полужесткие	0,04	0,04
Эластичные	0,05	0,10

Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Общие сведения о монтаже горизонтальных насосов.
3. Схема лабораторного стенда.
4. Краткое изложение методики выполнения работы.
5. Таблица с результатами измерения радиального и торцового зазоров по форме табл. 5.
6. Выводы по работе.

Таблица 5

Результаты измерений торцового и радиального зазоров

Позиция	Зазор, мм	
	радиальный	торцовый
1 – 0, 360°	n_1	$m_1^I, m_2^I, m_3^I, m_4^I; \Sigma m_i^I / 4; A_{\Gamma}$
2 – 90°	n_2	$m_1^{II}, m_2^{II}, m_3^{II}, m_4^{II}; \Sigma m_i^{II} / 4; \alpha_{\Gamma}$

Позиция	Зазор, мм	
	радиальный	торцовый
3 – 180°	n_3	$m_1^{\text{III}}, m_2^{\text{III}}, m_3^{\text{III}}, m_4^{\text{III}}; \Sigma m_i^{\text{III}} / 4; A_{\text{в}}$
4 – 270°	n_4	$m_1^{\text{IV}}, m_2^{\text{IV}}, m_3^{\text{IV}}, m_4^{\text{IV}}; \Sigma m_i^{\text{IV}} / 4; \alpha_{\text{в}}$

Контрольные вопросы

1. Как осуществляют монтаж насосов, поступающих отдельными узлами?
2. В каких случаях валы центруют линейкой?
3. Изложите методику выполнения работы.

Литература

1. Батищев, А. Н. Монтаж, эксплуатация и ремонт технологического оборудования / А. Н. Батищев, И. Г. Голубев, В. В. Курчаткин. – М.: КолосС, 2007. – 424 с.
2. Гайдамак, К. М. Монтаж оборудования предприятий химической и нефтехимической промышленности / К. М. Гайдамак, Б. А. Тыркин. – М.: Высшая школа, 1983. – 271 с.
3. Гальперин, М. И. Монтаж технологического оборудования нефтеперерабатывающих заводов / М. И. Гальперин, В. И. Артемьев, Л. М. Местечкин. – М.: Стройиздат, 1982. – 352 с.
4. Ермаков, В. И. Ремонт и монтаж химического оборудования / В. И. Ермаков, В. С. Шеин. – Л.: Химия, 1981. – 368 с.
5. Дроздов, Н. Е. Эксплуатация, ремонт и испытание оборудования предприятий строительных материалов, изделий и конструкций / Н. Е. Дроздов. – М.: Высшая школа, 1979. – 312 с.
6. Микольский, Ю. Н. Выверка и центровка промышленного оборудования / Ю. Н. Микольский, Я. С. Кравченко. – Киев: Будивельник, 1979. – 188 с.

Лабораторная работа № 6

РЕМОНТ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ

Цель работы: изучение назначения и способов разборки и сборки центробежных насосов; ознакомление с методикой и нормативами дефектовки деталей центробежных насосов.

Общие указания

В объем работ по ремонту центробежных насосов входят следующие мероприятия.

1. При текущем ремонте:

- разборка уплотнительных узлов с проверкой зазоров в уплотнениях ротора в корпусе насоса, проверка биения ротора;
- ревизия и замена деталей торцовых уплотнений.

2. При капитальном ремонте:

- полная разборка насоса и ревизия всех сборочных единиц и деталей;
- ремонт или замена рабочих колес, валов, уплотняющих колец корпуса, грундбукс, распорных втулок.

Перед отправкой в ремонт насос подвергается наружному осмотру и контролю. Проверяется состояние насоса, его комплектность, выполняются следующие измерения, оформляемые актом:

- 1) смещение положения ротора в корпусе насоса в радиальном направлении;
- 2) осевой разбег ротора;
- 3) несовпадение осей насоса и привода в радиальном направлении.

Насосы по акту сдаются в ремонт в собранном виде, полностью укомплектованными деталями вне зависимости от степени их износа.

При отсутствии базовых деталей или при наличии сквозных трещин в стенке корпуса насос списывается.

Дефектовка деталей осуществляется на специальном месте, оснащенном необходимым комплектом приборов и измерительных инструментов и дефектными ведомостями. При дефектовке деталей следует руководствоваться перечнем, представленным в табл. 1 лабораторной работы № 4.

Описание лабораторной установки

Установка состоит из центробежного консольного одноступенчатого насоса с приводом от электродвигателя через пальцевую

муфту. В комплект установки входит также набор слесарного инструмента.

Насос состоит из следующих основных узлов и деталей.

Корпус насоса отлит из чугуна. Внутренняя полость рабочей камеры выполнена в виде спирали, переходящей в напорный патрубок, направленный вертикально вверх. Напорный патрубок имеет возможность поворота на 90, 180 и 270° и отлит вместе с крышкой рабочей камеры. Рабочее колесо отлито из чугуна и представляет собой два диска, соединенные лопастями. Передний диск имеет центральное входное отверстие. Сальник состоит из корпуса, отлитого вместе с корпусом насоса, крышки сальника и хлопчатобумажной набивки. Уплотнение рабочего колеса предназначено для разделения областей низкого и высокого давления в рабочей камере насоса и образуется кольцевым выступом колес и уплотняющим кольцом, запрессованным и заstopоренным в крышке насоса

На одном конце вала насоса, изготовленного из качественной углеродистой стали, закреплено колесо, на другом – полумуфта насоса. Вал опирается на шарикоподшипники, запрессованные в ступицы кронштейнов, отлитых из чугуна. Смазка подшипников осуществляется солидолом.

В наиболее высоком месте рабочей камеры насоса имеется закрытое пробкой отверстие для выпуска воздуха из насоса и всасывающего трубопровода при заполнении насоса перекачиваемой жидкостью перед пуском. При продолжительной остановке жидкость выливается из насоса через закрытое пробкой отверстие, расположенное в нижней части рабочей камеры насоса. Направление вращения колеса – против часовой стрелки, если смотреть со стороны привода.

Методика выполнения работы

Осуществляют полную разборку насоса, руководствуясь при этом следующими правилами:

- перед разборкой насоса необходимо демонтировать подводящий и отводящий трубопроводы;
- в процессе разборки следует пользоваться лишь определенными инструментами, соответствующими ключами, съемниками, медными выколотками и т. п.;
- перед началом разборки любого узла его нужно тщательно промыть и протереть. Снятые детали также тщательно промываются и

протираются или обдуваются воздухом. Детали, покрытые маслянистыми отложениями, промывают в ванне с 8–10%-ным раствором каустической соды при температуре 100°С в течение 30–40 мин. Детали с сильной коррозией подвергаются травлению в кислотных растворах согласно инструкции по их химической очистке. После травления детали промывают и помещают на 10–15 мин в водный раствор пассиватора (20 г каустической соды и 50 г хромпика на 1 л воды) для предохранения от коррозии;

- снятые детали нужно укладывать так, чтобы не повредить их;
- при снятии детали, закрепленной несколькими гайками, следует сначала ослабить все гайки поворотом на 60°, а затем свернуть с болтов или шпилек в любой последовательности;
- после извлечения детали гайки нужно завернуть на свои места.

Полную разборку насоса необходимо выполнять в следующем порядке:

- 1) снять крышку рабочей камеры насоса;
- 2) отвернуть гайку (резьба левая) и снять рабочее колесо;
- 3) разобрать сальник уплотнения вала;
- 4) отвернуть гайки и снять корпус насоса с кронштейна;
- 5) выбить выколоткой шариковый подшипник;
- 6) съемником снять с вала шариковый подшипник.

После разборки насоса производят дефектовку деталей и составляют ведомость дефектов по установленной форме (см. образец).

Наименование предприятия	Утверждаю Главный механик _____
Цех _____	«__» _____ 20__ г.

ВЕДОМОСТЬ ДЕФЕКТОВ

на _____ ремонт _____ инв. № _____
(вид ремонта) (наименование оборудования)

Наименование узлов и деталей, подлежащих ремонту, перечень дефектов и мероприятий по их устранению	Номер чертежа	Необходимые материалы и запчасти			Ответственный исполнитель ремонта (фамилия, должность)	Примечание
		Наименование	Единица измерения	Количество		

Начальник цеха _____ Начальник (ст. инженер) _____
Руководитель ремонта _____ Бюро ППР _____

Ведомость дефектов является основным техническим документом, на основании которого производятся осмотр, измерения, а при необходимости, испытания деталей и их сопряжений с последующей сортировкой на следующие три группы:

- 1) годные детали;
- 2) детали, подлежащие ремонту;
- 3) негодные детали.

После сборки, внешнего осмотра и установки насоса на специальном стенде проводятся его испытания:

- кратковременный пуск (до 3 мин) и проверка направления вращения ротора, локализация приборов, смазка подшипников;
- прогрев насоса;
- испытание в рабочем режиме: пуск электродвигателя; при полном наборе оборотов задвижка открывается на 1/3, обкатка производится в течение 2 ч.

Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Краткие сведения о разборке, дефектовке, сборке центробежных насосов.
3. Схема лабораторного стенда с кратким его описанием.
4. Составление ведомости дефектов центробежного насоса.
5. Заключение.

Контрольные вопросы

1. Расскажите об объеме работ при текущем и капитальном ремонтах.
2. В чем заключается контроль при дефектовке подшипников качения, валов, рабочих колес и уплотнений центробежных насосов?
3. Какие уплотнения используются для герметизации насосов?
4. Какие правила необходимо соблюдать при разборке насосов?
5. Изложите порядок разборки центробежного насоса.

Литература

1. Ермаков, В. И. Ремонт и монтаж химического оборудования / В. И. Ермаков, В. С. Шеин. – Л.: Химия, 1981. – 368 с.
2. Дроздов, Н. Е. Эксплуатация, ремонт и испытание оборудования предприятий строительных материалов, изделий и конструкций / Н. Е. Дроздов. – М.: Высшая школа, 1979. – 312 с.

3. Гайдамак, К. М. Монтаж оборудования предприятий химической и нефтехимической промышленности / К. М. Гайдамак, Б. А. Тыркин. – М.: Высшая школа, 1983. – 271 с.

4. Гальперин, М. И. Монтаж технологического оборудования нефтеперерабатывающих заводов / М. И. Гальперин, В. И. Артемьев, Л. М. Местечкин. – М.: Стройиздат, 1982. – 352 с.

5. Батищев, А. Н. Монтаж, эксплуатация и ремонт технологического оборудования / А. Н. Батищев, И. Г. Голубев, В. В. Курчаткин. – М.: КолосС, 2007. – 424 с.

6. Микольский, Ю. Н. Выверка и центровка промышленного оборудования / Ю. Н. Микольский, Я. С. Кравченко. – Киев: Будивельник, 1979. – 188 с.

Лабораторная работа № 7 СОСТАВЛЕНИЕ СХЕМЫ И КАРТЫ СМАЗКИ НАСОСА

Цель работы: ознакомление с назначением, основными свойствами и видами смазочных материалов; изучение методики составления схемы и карты смазки оборудования.

Общие указания

Надежность и продолжительность работы оборудования во многом зависят от своевременной и качественной смазки его движущихся узлов и деталей. Правильная смазка – это правильный выбор смазочного материала и подача его в необходимом количестве на трущиеся поверхности. При наличии смазки уменьшается трение и износ деталей, снижается расход энергии на привод оборудования, обеспечивается отвод тепла и продуктов износа от трущихся поверхностей.

По происхождению смазочные материалы подразделяются на минеральные, синтетические, растительного и животного происхождения. Наиболее распространены, дешевы и обладают сравнительно высокими эксплуатационными свойствами минеральные смазочные материалы, которые получают из нефти и угля, а также синтетические материалы, получаемые в результате химического синтеза.

По физическому состоянию смазочные материалы делят на масла и смазки. Смазки являются более вязкими материалами. Кроме того, имеются твердые смазочные материалы (графит, слюда, тальк и др.).

Основными свойствами смазочных масел являются вязкость, стабильность, температура застывания и температура вспышки. Вязкость масла – это сопротивление, которое оказывают его внутренние слои сдвигающему их усилию. Вязкость зависит от температуры, и наиболее качественными маслами являются те, у которых эта зависимость меньше. Стабильность – это способность масла сохранять свои характеристики в процессе эксплуатации или хранения. Главная причина потери стабильности масла – его окисление кислородом воздуха, в результате чего образуются различные смолы, кислоты и другие соединения. Потере стабильности способствует высокая температура. Температура застывания характеризует возможность слива масла из емкостей, а температура вспышки определяет пожарную безопасность во время работы. Из других характеристик масел важными являются на-

личие механических примесей и способность растворять воду, что увеличивает химическую агрессивность масла. Коксуемость – это свойство масел образовывать нагар на трущихся поверхностях, который ускоряет их износ.

Для обеспечения необходимых свойств к маслам добавляют специальные присадки. Наибольшее применение находят так называемые многофункциональные присадки, которые сочетают в себе действие нескольких отдельных присадок и одновременно могут обеспечить маслу смазывающие, моющие, антикоррозионные, антиокислительные качества, а также снижать его температуру застывания и повышать температуру вспышки.

При высоких температурах и при больших удельных давлениях требуются более вязкие смазочные материалы. Чем больше скорость скольжения, тем меньшая вязкость должна быть у смазки.

Пластичные, густые смазки – это масла со специальными загустителями, в качестве которых используют литиевые, натриевые, калиевые и кальциевые мыла, парафин, графит, высокодисперсные неорганические вещества (силикагель, бентонит, сажа), органические вещества (фторсодержащие углеводороды, полимочевина, пигменты). Густую смазку, загущенную кальциевым мылом, называют солидолом, литиевым мылом – литолом. Для придания определенных свойств в смазки также добавляют присадки. Важнейшими характеристиками смазок являются пенетрация, температура каплепадения и содержание воды. Пенетрация характеризует степень густоты смазки и определяется по глубине погружения стандартного конуса за 5 с при температуре 5°C в десятых долях миллиметра. Температура, при которой падает первая капля смазки, нагреваемой в капсуле специального прибора, называется температурой каплепадения. Чем выше температура каплепадения, тем устойчивее смазка при высоких температурах. Содержание воды в консистентных смазках не должно превышать 3%, наличие воды в виде капель недопустимо.

Для смазки оборудования используют различные системы смазки. В индивидуальных системах смазочные материалы подводят к каждой трущейся паре при помощи специального смазочного устройства, расположенного у этой пары. В централизованных системах одно смазывающее устройство обслуживает несколько трущихся пар, расположенных в различных местах машины. По времени действия различают смазку периодическую и непрерывную; по способу подачи – принудительную (насосами) и без принудительной

подачи (самотеком); по характеру циркуляции – проточную, циркуляционную и смешанную. При проточной системе смазка не возвращается к смазываемым поверхностям, а при циркуляционной – многократно возвращается к ним.

Масла

Масла моторные по ГОСТ 17479.1-85

Примеры обозначения: М-10-В₂; М-63/10-В; М-43/8-В₂; М-8-В₂.

М – моторное; 10 – класс вязкости (кинематическая вязкость масла при температуре 100°C, мм²/с); В₂ – универсальное масло для среднефорсированных дизельных и карбюраторных двигателей.

Области применения моторных масел в двигателях:

А – нефорсированных карбюраторных; Б₁ – малофорсированных карбюраторных; Б₂ – малофорсированных дизельных; В₁ – среднефорсированных карбюраторных; В₂ – среднефорсированных дизельных; Г – высокофорсированных; Д – высокофорсированных дизельных, работающих в тяжелых условиях; Е – дизельных, работающих на топливе с высоким содержанием серы.

Масла трансмиссионные по ГОСТ 17479.2-85

Примеры обозначения: ТМ-3-18; ТМ-4-18; М-4-34; М-5-18.

ТМ – трансмиссионное масло; 3 – состав масла; 18 – класс вязкости (кинематическая вязкость масла при температуре 100°C, мм²/с).

Составы масел:

1 – минеральные масла без присадок; 2 и 3 – минеральные масла с противоизносными присадками; 4 – минеральные масла с противозадирными присадками высокой эффективности; 5 – масла с противозадирными присадками высокой эффективности и многофункционального действия, а также универсальные масла.

Масла гидравлические по ГОСТ 17479.3-85

Примеры обозначения: МГ-8-А; МГ-5-Б; МГ-22-В.

МГ – масло гидравлическое; 8 – класс вязкости (кинематическая вязкость масла при температуре 100°C, мм²/с); А – группа эксплуатационных свойств.

Группы эксплуатационных свойств:

А – для гидросистем с шестеренными, поршневыми насосами, работающих при давлении до 15 МПа и температуре масла до 80°C; Б – для гидросистем с насосами всех типов, работающих при давлении до 25 МПа и температуре масла более 80°C; В – для гидросистем с насосами всех типов, работающих при давлении свыше 25 МПа и температуре масла более 90°C.

Масла индустриальные по ГОСТ 17479.4-87

Примеры обозначения: И-Л-А-7; И-Г-С-32; И-Т-D-100.

И – индустриальное; Л – группа по назначению; А – подгруппа по эксплуатационным свойствам; 7 – класс вязкости (кинематическая вязкость масла при температуре 40°C, мм²/с).

Группы по назначению:

Л – применяется в легко нагруженных узлах; Г – для гидравлических систем; Н – для направляющих скольжения; Т – в тяжело нагруженных узлах (зубчатые передачи).

Подгруппы по эксплуатационным свойствам:

А – без присадок; В – с антиокислительными и антикоррозионными присадками; С – с антиокислительными и противоизносными присадками; D – с антиокислительными, антикоррозионными, противоизносными и противозадирными присадками; Е – с антиокислительными, адгезионными, противоизносными, противозадирными и противоскачковыми присадками.

Масла для холодильных агентов

Примеры обозначения: ХА-30; ХФ-12-16; ХФ-22С-16; ХФ-22-24; ХС-40.

Х – для холодильных агентов; А – вид хладагента; 30 – класс вязкости (кинематическая вязкость масла при температуре 50°C, мм²/с).

Виды хладагентов:

А – аммиак; Ф – фреоны (Ф-12 – фреон 12; Ф-22С – фреон 22С; Ф-22 – фреон 22); С – углекислый газ.

Масла трансформаторные

Примеры обозначения:

Т-1500; трансформаторное; трансформаторное ТКп (карбамидная депарафинизация).

Т – трансформаторное; 1500 – напряжение до 1500 кВ.

Вязкость масел 8–9 мм²/с при температуре 50°C, температура замерзания низкая (от –45 до –70°C).

Смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ)

Примеры обозначения: сульфолсол; эмульсол Э-2 (Б); МР-2; МР-3; МР-7; Аквол-11; Аквол-14; ЭТ-2; ЭГТ.

Закалочные жидкости: МЗМ-16; МЗМ-26; МЗМ-120 (цифры – вязкость при температуре 50°C, мм²/с).

Пластичные (консистентные) смазки

Антифрикционные:

С – общего назначения для обычных (до 70°C) температур (солидолы);

О – общего назначения для повышенных (до 110°C) температур;
М – многоцелевые для температур от –130 до +130°C;
Ж – термостойкие (жаростойкие) (для температур более 150°C);
Н – морозостойкие (низкотемпературные) (для температур менее –40°C);

И – противозадирные и противоизносные для давлений >150 МПа в подшипниках скольжения;

Х – химически стойкие;

П – приборные;

Т – редукторные (трансмиссионные);

Д – приборные (дисульфидмолибденовые, графитные и другие смазки);

У – узкоспециализированные (автомобильные, железнодорожные, промышленные и др.);

Б – брикетные.

Консервационные – З (защитные).

Канатные – К.

Уплотнительные:

А – арматурные (запорная арматура, сальники);

В – вакуумные;

Р – резьбовые.

Примеры классификационных обозначений смазок

СКА 2/8-2

С – смазка общего назначения; Ка – загущена кальциевым мылом;
2/8 – применяется при температуре от –20 до +80°C (вязкость при –20°C около 200 Па · с); 2 – пенетрация при 25°C (265–295).

МЛи 3/13-3

М – многоцелевая смазка; Ли – загущена литиевым мылом; 3/13 – применяется при температуре от –30 до +130°C; 3 – пенетрация при 25°C (220–250).

Величина пенетрации определяется глубиной погружения (в десятых долях миллиметра) в смазку калиброванного конуса под действием собственного веса за 5 с.

Жидкости для тормозных систем

На касторовой основе: ЭКС – 60% касторового масла и 40% этилового спирта; БСК – 50% касторового масла и 50% бутилового спирта.

На глицериновой основе – 35% глицерина и 65% спирта-ректификата.

На гликолевой основе – ГТЖ-22М, «Нева», «Томь», «Роса».

Характеристики некоторых смазочных материалов приведены в табл. 6 и 7.

Смазки зарубежных производителей характеризуют по пенетрации (табл. 8).

Таблица 6

Характеристика некоторых смазочных масел

Марка масла	Вязкость, мм ² /с		Температура, °С	
	при 40°С	при 100°С	вспышки	застывания
Трансмиссионное ГОСТ 17479.2-85 (в скобках старое обозначение):				
ТМ-1-18 (АК-15)	—	15	—	–5
ТМ-2-9 (ТСп-10-ЭФО)	—	10	—	–40
ТМ-2-18 (ТЭп-15)	—	15	—	–18
ТМ-3-9 (ТСп-10)	—	10	—	–40
ТМ-3-18 (ТАп-15В)	—	15	—	–20
ТМ-4-9 (ТСз-9гип)	—	9	—	–50
ТМ-4-18 (ТСп-14гип)	—	14	—	–25
ТМ-4-34 (ТС-гип)	—	20,5–32,4	—	—
Гидравлическое ГОСТ 17479.3-85 (в скобках старое обозначение):	при 50°С			
МГ-5-Б (МГЕ-4А)	3,6	—	—	–70
МГ-15-В (ВМГЗ)	10	—	—	–60
МГ-22-А (АУ)	12–14	—	—	–45
МГ-22-В (Р)	12–14	—	—	–45
МГ-46-Б (МГ-30)	27–33	—	—	–35
МГ-46-В (МГЕ-46В, МГ-30у)	25	6	—	–30
Индустриальное ГОСТ 17479.4-87 (в скобках обозначение по ГОСТ 20799-76):				
И-Л-А-7 (И-5А)	6–8	—	140	–18
И-Л-А-10 (И-8А)	9–11	—	150	–15
И-ЛГ-А-22 (И-12А)	13–17	—	170	–15
И-Г-А-32 (И-20А)	29–35	—	200	–15
И-Г-А-46 (И-30А)	41–51	—	210	–15
И-Г-А-68 (И-40А)	61–75	—	220	–15
И-ГТ-А-100 (И-50А)	90–110	—	225	–15
Турбинное ГОСТ 32-74:	при 50°С			
Т22	20–23	—	180	–15
Т30	28–32	—	180	–10
Т46	44–48	—	195	–10
Т57	55–59	—	195	—

Окончание табл. 6

Марка масла	Вязкость, мм ² /с		Температура, °С	
	при 40°С	при 100°С	вспышки	застывания
Турбинное с присадками ГОСТ 9972-74:				
Тп-22	28,8–35,2	–	186	–15
Тп-30	41,4–50,6	–	190	–10
Тп-46	61,2–74,8	–	220	–10
Цилиндровое ТУ 38.1011300-90:				
Ц 11	–	9–13	215	+5
Ц 24	–	20–28	240	+20
Цилиндровое ГОСТ 6411-76:				
Ц 38	–	32–50	300	+17
Ц 52	–	50–70	310	–5
Трансмиссионное ГОСТ 23652-79:	при 50°С			
ТЭп-15	–	15	185	–18
ТСп-10	10	–	128	–40
ТСп-16К	15	–	191	–25
ТАп-15В	–	15	185	–20
ТСп-14 гип	14	–	215	–25
ТАД-17и	17,5	–	200	–25
Компрессорное ГОСТ 1861-73:				
К-12	–	11–14	216	–25
К-19	–	17–21	245	–5
Для холодильных машин ГОСТ 5546-86:	при 50°С			
ХА-30 (аммиак, СО ₂)	28–32	–	185	–38
ХФ 12-16	>17	–	174	–42
ХФ 22-24	24,5–28,4	–	130	–55
ХФ 22с-16	>16	–	225	–55
Для хладона-13 ГОСТ 14361-78:	при 50°С			
ФМ-5,6 АП	12–16	–	200	–110
Трансмиссионное автотракторное (нигрол) ГОСТ 542-50:				
зимнее	–	18–22	170	–20
летнее	–	20–32	180	–5

Таблица 7

Характеристика некоторых консистентных смазок

Марка смазки	Пенетрация при 25°С, 10 ⁻¹ мм	Температура каплепадения, °С
Солидол жировой ГОСТ 1033-79:		
солидол Ж (СКа 2/6-2)	230–290	78
пресс-солидол Ж (ЖСКа 3/6-0)	230–290	78

Марка смазки	Пенетрация при 25°C, 10–1 мм	Температура каплепадения, °C
Солидол синтетический ГОСТ 4366-76: солидол С (СКа 3/7-2)	260–310	–
пресс-солидол С (СКа 4/5-1)	310–350	–
Консталин жировой ГОСТ 1957-73: консталин-1 (ONa2/11-3)	225–275	130
консталин-2 (ONa2/11-4)	175–225	150
Универсальная тугоплавкая водостойкая жировая 1–3 ГОСТ 1631-61	250–290	120
Графитная ГОСТ 3333-55	250	77
Литол-24 (МЛи 4/12-3) ГОСТ 21150-87 (ли- тиевая)	220–250	185
ФИОЛ-1 ТУ 0254-119-00148843-2005 (ли- тиевая)	310–340	185
ВНИИ НП ГОСТ 20421-75 (литиевая)	225	–
СИОЛ ТУ 38 10152-74 (пирогелевая)	310–340	–
Смазка ГОИ-54п ГОСТ 3276-74 (углеводо- родная)	200–245	60
ЦИАТИМ-221 ГОСТ 9433-80 (кальцие- вая)	280–360	200
ЦИАТИМ-203 ГОСТ 8773-73 (литиевая)	250–300	160
ЦИАТИМ-201 ГОСТ 6267-74 (литиевая)	Не нормир.	175
ЦИАТИМ-208 ГОСТ 16422-79 (кальциевая)	300–360	180

Таблица 8

Характеристика смазок зарубежных производителей

Пенетрация при 25°C, 10 ⁻¹ мм	Класс по NLGI	Пенетрация при 25°C, 10 ⁻¹ мм	Класс по NLGI
447–475	000	220–250	3
400–430	00	175–205	4
355–385	0	130–160	5
310–340	1	85–115	6
265–295	2	<75	7

При эксплуатации оборудования на открытых площадках зимой применяют масла с пониженными вязкостью и температурой застывания, а также морозостойкие консистентные смазки с повышенным числом пенетрации (менее вязкие).

При смазке подшипников скольжения маслом его расход (Q , г/ч) определяется по формуле:

$$Q = 7,5db, \quad (19)$$

где d – внутренний диаметр подшипника, м;

b – ширина подшипника, м.

Расход масла для смазки узлов может быть определен по табл. 9.

Таблица 9

Зависимость расхода масла от размера подшипника

Диаметр посадочного отверстия подшипника d , мм	Минимальный расход для смазки, см ³ /мин	Расход для охлаждения, л/мин
Менее 50	1–2	0,5–1,5
50–120	2–5	1,1–3,9
Более 120	5–10	Более 2,5

Расход консистентной смазки (Q_c , г/смену) для подшипников качения определяется по формуле:

$$Q_c = (0,5 - 0,67) \cdot 10^{-6} \frac{V_c}{t}, \quad (20)$$

где V_c – свободный объем подшипника, м³;

t – промежуток между заменами, смены.

Свободный объем подшипника (V_c , м³) равен:

$$V_c = \frac{\pi}{4} b (D^2 - d^2) - \frac{G}{7800}, \quad (21)$$

где b – ширина подшипника, м;

D, d – наружный и внутренний диаметры подшипника, м;

G – вес подшипника, кг.

Смазку подшипников скольжения в основном производят маслами в зависимости от удельной нагрузки и окружной скорости смазываемых деталей (табл. 10).

Таблица 10

Масла для подшипников скольжения

Удельная нагрузка на трущиеся поверхности, МПа	Окружная скорость детали, м/с	Вязкость масла, мм ² /с	Рекомендуемая марка масла
До 0,5	До 30	13–17	Индустриальное И-12А

Удельная нагрузка на трущиеся поверхности, МПа	Окружная скорость детали, м/с	Вязкость масла, мм ² /с	Рекомендуемая марка масла
0,5–6,5	До 20	61–75	Индустриальное И-40А
	20–30	41–51	Индустриальное И-30А
	30–50	29–35	Индустриальное И-20А
6,15–15,0	До 20	9–13	Цилиндровое Ц-11
	20–30	61–75	Индустриальное И-40А
	30–50	41–51	Индустриальное И-30А
		61–75	Индустриальное И-40А

Подшипники качения смазывают консистентными смазками, при выборе которых учитывают рабочую температуру и влажность. При влажных средах применяют кальциевые смазки (солидолы), при высокой температуре и сухой среде – натриевые смазки (констаины). Существуют и натриево-кальциевые смазки, которые менее чувствительны к влаге, обладают повышенной тугоплавкостью. Не рекомендуется использование консистентных смазок при больших (свыше 4–5 м) окружных скоростях вала и при низких температурах. Смазку в корпусе подшипника набивают на 50–67% его вместимости.

Рекомендации по выбору смазок для подшипников качения приведены в табл. 11.

Таблица 11

Смазки для подшипников качения

Предельная рабочая температура, °С	До 65	До 70	До 90	90–110	110–130
Марка смазки	Солидол Ж, пресс-солидол Ж	Солидол С, пресс-солидол С	Жировая 1–3	Констаин-1	Констаин-2

Смазку редукторов производят, заливая масло в картер так, чтобы нижние зубья были на 2/3 своей высоты погружены в масло. Открытые зубчатые передачи смазывают консистентными смазками или высоковязкими маслами. Периодически, по мере расхода, производят доливку масла либо, исходя из условий работы, его полную замену.

Рекомендации по расходу смазочных материалов устанавливаются специальными нормами. Периодичность доливки и замены масла представлена в табл. 12.

Таблица 12

Периодичность доливки и замены масла при работе в одну смену

Вместимость картера, л	Время, мес., между заменами масла в картере, работающем в условиях		Период между доливками масла до уровня, сут
	нормальных	абразивных	
До 10	4	3	5
10–20	5	4	4
Более 20	6	4	8
Для подшипников качения	6	4	10

Для обеспечения нормальной смазки отдельных узлов или машины в целом завод-изготовитель разрабатывает карту смазки, которая входит в инструкцию по эксплуатации. На схеме (рис. 11) отмечают и нумеруют места смазки. В карте смазки (табл. 13) указывают наименование смазываемого узла, количество мест смазки, систему смазки и количество смазочного материала, марку смазочного материала (для летнего и зимнего периода, если оборудование установлено вне помещения), периодичность добавления или полной замены смазки.

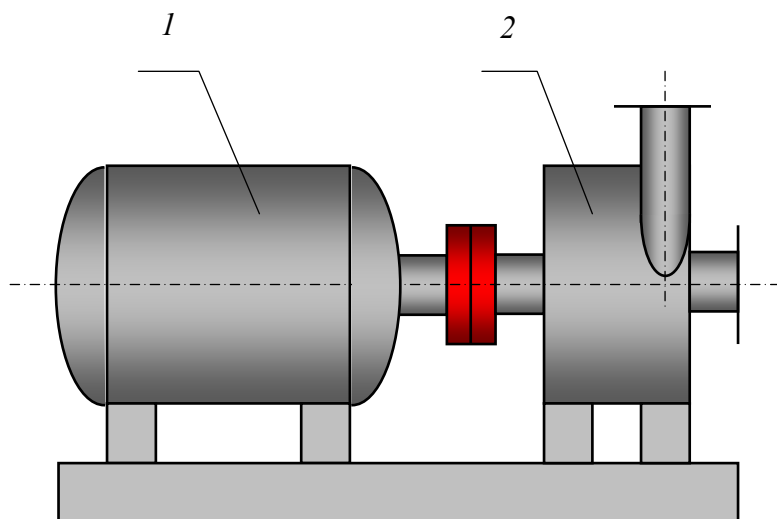


Рис. 11. Схема смазки насоса

Карта смазки насоса

Позиция на схеме	Наименование смазываемого узла	Количество мест смазки	Система смазки	Количество масла или смазки на полную набивку, замену, л	Применяемый смазочный материал		Периодичность	
					летом	зимой	добавления смазочного материала, сут	полной замены смазочного материала, мес.
1	Электродвигатель	2	Ручная набивка	0,1	Солидол жировой ГОСТ 1033-79		180	24
2	Насос	1	Картерная	2	Масло промышленное И-Г-С-32 ГОСТ 17479.4-87		30	24

Описание лабораторной установки и методика выполнения работы

Экспериментальный стенд представляет собой центробежный насос, приводимый в движение электродвигателем. В комплект стенда входят необходимые измерительные и слесарные инструменты.

При выполнении работы необходимо:

- 1) изучить устройство насоса и электродвигателя;
- 2) определить места их смазки;
- 3) разобрать узлы для определения параметров, необходимых для составления схемы и карты смазки (места и способ смазки, размеры смазываемых деталей и т. п.);
- 4) подобрать соответствующие смазочные материалы;
- 5) собрать узлы.

Содержание отчета

1. Краткие сведения о смазочных материалах, их свойствах, назначении и области применения.
2. Схема смазки насоса.
3. Необходимые расчеты.
4. Карта смазки насоса и привода по форме табл. 13.

Контрольные вопросы

1. Приведите классификацию смазочных материалов.
2. Назовите важнейшие свойства масел и смазок, дайте им определения.
3. Назовите важнейшие критерии выбора смазочных материалов.
4. Каковы требования к уровню масла в картере при смазке зубчатых передач?
5. Расшифруйте условное обозначение смазочного материала.

Литература

1. Милованов, А. В. Топливо и смазочные материалы / А. В. Милованов, С. М. Ведищев. – Тамбов: ТГТУ, 2003. – 80 с.
2. Дроздов, Н. Е. Эксплуатация, ремонт и испытание оборудования предприятий строительных материалов, изделий и конструкций / Н. Е. Дроздов. – М.: Высшая школа, 1979. – 312 с.
3. Положение о планово-предупредительном ремонте оборудования предприятий по производству силикатного кирпича. – Таллин, 1983. – 256 с.

Лабораторная работа № 8 ИЗМЕРЕНИЕ ТОЛЩИНЫ ЗАЩИТНОГО ПОКРЫТИЯ СТЕНКИ ОБОРУДОВАНИЯ

Цель работы: ознакомление с назначением, техническими характеристиками, устройством и принципом действия магнитного толщиномера; изучение методики измерения толщины защитного покрытия стенок оборудования.

Общие указания

Один из основных методов борьбы с коррозией химического оборудования – нанесение на его поверхность, подвергаемую воздействию агрессивной среды, защитного покрытия из материала, стойкого к воздействию этой среды. В данном случае металлический корпус аппарата является как бы каркасом защитной системы и принимает на себя механические нагрузки, обеспечивая прочность аппарата, а защитное покрытие предохраняет металлический каркас от непосредственного химического воздействия среды.

Для обеспечения надежной и длительной работы оборудования с защитным покрытием необходимо:

- правильно выбрать материал защитного покрытия, обладающего необходимой стойкостью в заданной среде при рабочих условиях;
- обеспечить необходимую прочность покрытия;
- строго выполнять технические условия при нанесении защитного покрытия.

В связи с разнообразием конструкций химических аппаратов, их технологического назначения, агрессивных сред, их концентраций и температур, а также в связи с разнообразием материалов и технологии нанесения защитного покрытия используют различные защитные покрытия и футеровки. Однако с некоторыми допущениями все многообразие видов защитных покрытий можно свести к следующим основным схемам покрытий.

1. Образование на защищаемой поверхности прочного пленочного защитного покрытия из химически стойкого материала.

Пленочные покрытия применяют для защиты поверхностей от воздействия агрессивной парогазовой среды (газоходы, крышки аппаратов, газоприемники, вентиляционные установки).

Металлические покрытия: цинковое, кадмиевое, никелевое, хромовое, медное, оловянное, серебряное, золоченое, биметаллическое и др.

Неметаллические покрытия: оксидное, оксидно-фторидное, оксидно-фосфатное, фосфатное, хроматно-фторидное.

Полимерные покрытия: полиэтилен, полипропилен, полиизобутилен, винипласт, поливинилхлорид, фторопласт, фаолит, эпоксидная смола, резина.

Лакокрасочные покрытия: пентафталевые ПФ, глифталевые ГФ, меламиналкидные МЛ, мочевиновые МЧ, фенольные смолы ФП, эпоксидные смолы ЭП, полиуретановые УР, нитроцеллюлозные НЦ, перхлорвиниловые ХВ, сополимеры винилхлорида, каучуки КЧ, кремний-органические, полиакриловые АК, АС; битумы БТ.

2. Нанесение на защищаемую поверхность сравнительно толстого слоя химически стойкого материала.

Толстослойное защитное покрытие наносят оштукатуриванием защищаемой поверхности химически стойким материалом. Наиболее часто такое покрытие создают из термореактивных пластмасс (фаолит, асбовинил) и кислотостойких силикатных замазок. На поверхность наносят сырой материал, который затем при определенных условиях переходит в твердое состояние. Толщина покрытия 10–25 мм. Для увеличения механической прочности иногда сырую массу наносят на металлическую сетку, прихваченную к защищаемой поверхности точечной сваркой.

Температура среды в аппарате для покрытий из асбовинила, фаолита обычно составляет до 120°C, для силикатных материалов – 300°C и выше.

3. Покрытие защищаемой поверхности листами химически стойкого материала наклейкой или обкладкой.

Листовое покрытие наносят на защищаемую поверхность: 1) наклейкой раскроенных листов полимерных материалов со сваркой стыковых швов; 2) наклейкой раскроенных листов сырой резины с последующей вулканизацией покрытия; 3) простой обкладкой без наклейки. Толщина защитного слоя зависит от толщины листового материала и обычно составляет 3–6 мм.

Ряд материалов (полиэтилен, полипропилен) нельзя наклеивать на защищаемую поверхность из-за их неполярности.

Метод обкладки листами без наклейки редко применяют в химических аппаратах, однако широко используют при футеровке стальных труб чаще всего гуммированием.

4. Укладка по защищаемой поверхности футеровки из штучных химически стойких изделий на соответствующем вяжущем.

Для образования этого вида покрытия на защищаемую поверхность укладывают штучные кислотоупорные изделия на специальных вяжущих материалах, например химически стойких замазках, с последующей сушкой уложенной футеровки. В качестве штучных кислотоупорных изделий для футеровки чаще всего используют блоки и специальные штучные изделия из природного камня, плитки, кирпичи и блоки из кислотоупорной керамики, плитки диабазы, стекла, фарфора, пропитанного графита и некоторых полимерных материалов.

По конструкции футеровки делятся на простые (однослойные), многослойные и комбинированные (многослойная футеровка с подслоем из листового органического материала). Толщина футеровочного слоя зависит от размеров штучных изделий и количества слоев и составляет примерно 50–500 мм.

Однослойную футеровку применяют для защиты поверхностей аппаратов с парогазовой средой без конденсации, газоходов, полов и фундаментов.

Многослойную и комбинированную футеровку используют для защиты поверхностей химической аппаратуры, работающей в наиболее тяжелых условиях по степени воздействия среды, температуры, механическому и абразивному воздействию.

В результате различных видов износа толщина защитного покрытия оборудования может уменьшиться до предельных значений или исчезнуть полностью, что приведет к интенсивной коррозии стенок, и дальнейшая эксплуатация оборудования станет опасной или экономически невыгодной. Своевременное диагностирование величины износа или оставшейся толщины защитного покрытия повышает надежность работы и продлевает срок службы оборудования.

Магнитный толщиномер ГСП МТ-41НЦ предназначен для измерения толщины немагнитных токопроводящих и нетокопроводящих покрытий, нанесенных на основание из ферромагнитных сталей. Диапазон измерения толщины изменяется от 4 мкм до 2 мм разбит на 3 поддиапазона:

- 1-й поддиапазон – от 4 до 22 мкм;
- 2-й поддиапазон – от 20 до 220 мкм;
- 3-й поддиапазон – от 0,2 до 2,0 мм.

Точность измерения толщины составляет $\pm 0,1$ мкм при чистоте поверхности не более Ra0,25 мкм в 1-м поддиапазоне и не более

Ra5 мкм во 2-м и 3-м поддиапазонах. При этом толщина ферромагнитного основания должна быть более 2 мм.

Принцип действия толщиномера основан на регистрации э.д.с. в сигнальной обмотке преобразователя, возникающей вследствие изменения магнитного сопротивления в цепи «преобразователь – ферромагнитный материал». Напряжение из сигнальной обмотки преобразователя поступает в электронную схему толщиномера, на выходе которой включен трехразрядный цифровой индикатор. Показания цифрового индикатора являются мерой расстояния от рабочего торца преобразователя до ферромагнитной основы, т. е. мерой толщины немагнитного покрытия.

Блок-схема толщиномера МТ-41НЦ приведена на рис. 12, а общий вид лицевой панели толщиномера – на рис. 13.

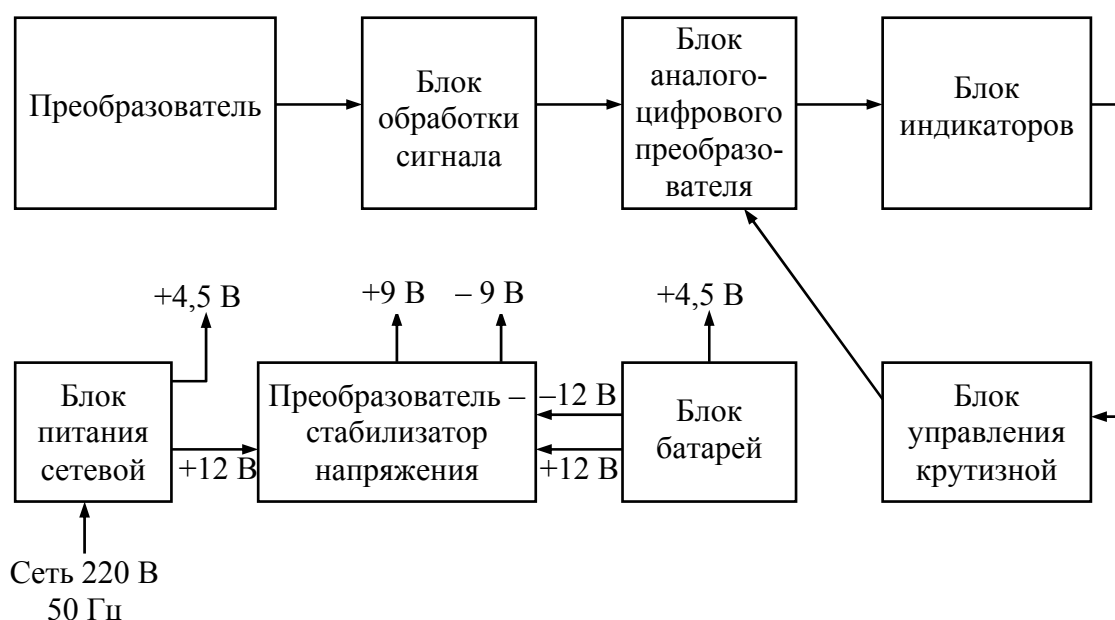


Рис. 12. Блок-схема толщиномера МТ-41НЦ

Порядок работы с толщиномером

1. Показатель ПРЕДЕЛЫ ИЗМЕРЕНИЙ установить в положение, соответствующее предполагаемой толщине покрытия, подлежащего измерению.

Установить преобразователь на меру толщины $A_n \pm 0,05A_n$, соответствующую началу поддиапазона измерения A_n или близкую к ней, помещенную на ферритовый образец основания с шероховатостью поверхности не более Ra0,25 мкм (на 1-м поддиапазоне преобразова-

тель устанавливается на образец основания). Материал образца основания должен соответствовать материалу основания контролируемого изделия. Расстояние от центра преобразователя до края образца основания должно быть не менее 13 мм.

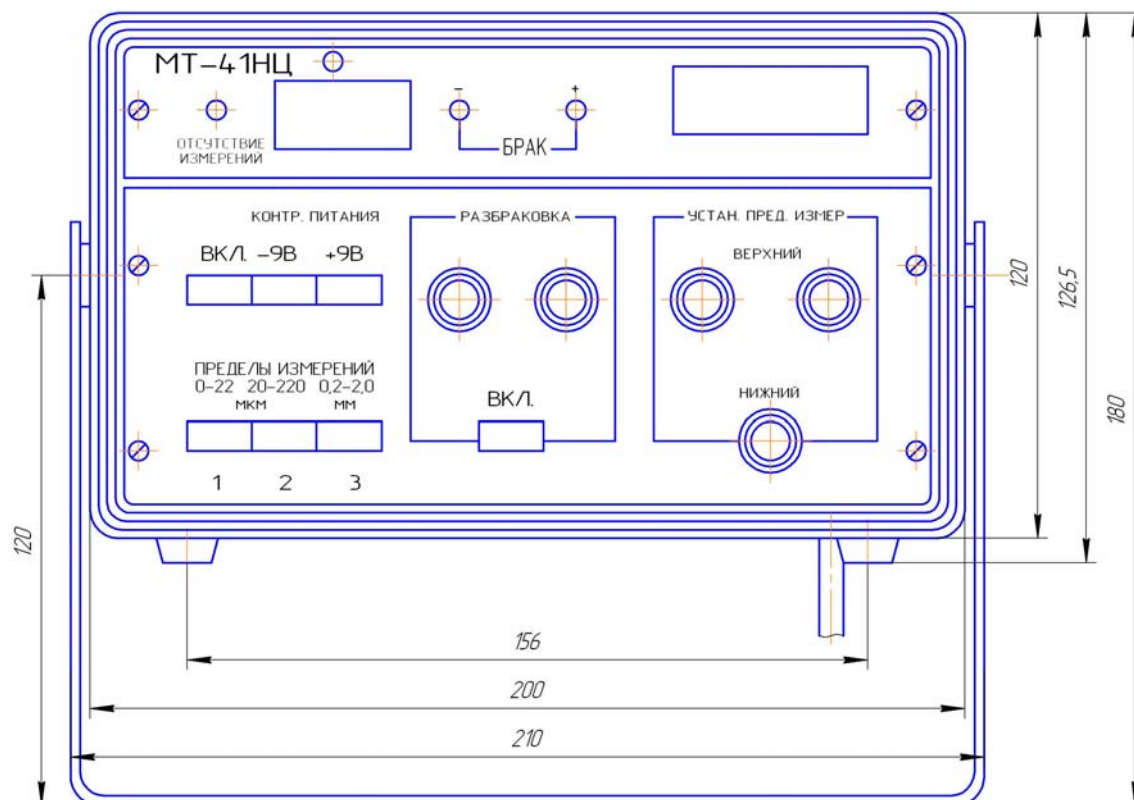


Рис. 13. Общий вид лицевой панели толщиномера МТ-41НЦ

2. При работе в 1-м поддиапазоне вращением ручки НИЖНИЙ установить на цифровых индикаторах нулевые показания на границе появления единицы младшего разряда. При этом индикатор ОТСУТСТВИЕ ИЗМЕРЕНИЙ не должен высвечиваться.

3. При работе во 2-м и 3-м поддиапазонах вращением ручки НИЖНИЙ установить показание индикатора, соответствующее используемой мере толщины. Допустимое отклонение при установке ± 2 единицы младшего разряда.

Установить преобразователь на меру толщины, соответствующую верхнему пределу данного поддиапазона толщиномера A_n или близкую к ней (0,02 мм; 0,22 мм; 0,5 мм; 1,0 мм; 1,5 мм; 2,0 мм), помещенную на образец основания.

4. Вращая ручки ГРУБО и ПЛАВНО, установить на цифровых индикаторах значение, соответствующее толщине установленной ме-

ры. Допустимое отклонение при установке ± 2 единицы младшего разряда.

5. Установку границ поддиапазонов по методике, изложенной в пп. 2–6, произвести несколько раз до полного совпадения показаний с толщиной установленной меры. Расхождение показаний толщиномера и толщины мер на обоих концах поддиапазонов не должно превышать 2 единиц младшего разряда.

6. При переходе на другой поддиапазон измерений, а также при измерении материала основания произвести перенастройку толщиномера по методике, изложенной в пп. 1–7.

Примечание. При отсутствии образца основания из заданного материала, разрешается производить разбраковку прибора по методике, изложенной в пп. 1–8, непосредственно на рабочем основании, предварительно подготовив площадку диаметром не менее 30 мм с шероховатостью не более Ra5 и радиусом кривизны не менее 30 мм.

7. При необходимости осуществлять разбраковку контролируемых изделий после операций по пп. 1–9 нажать кнопку РАЗБРАКОВКА ВКЛ.

8. Установку границ разбраковки необходимо осуществлять по специальным мерам толщины, изготовленным и аттестованным ведомственной метрологической службой. Можно использовать непосредственно одну из деталей контролируемой партии с соответствующей толщиной покрытия, также прошедшую ведомственную метрологическую аттестацию. При этом необходимо установить преобразователь на указанную меру и убедиться, что показания индикатора соответствуют данной толщине покрытия.

9. Вращая ручку РАЗБРАКОВКА + (или РАЗБРАКОВКА –), добиться такого ее положения, чтобы индикатор БРАК + (или соответственно БРАК –) находился на границе свечения и потухания.

10. Установить преобразователь на контролируемый участок изделия и после определения показаний отсчитать измеряемую толщину покрытия по цифровому индикатору и определить наличие брака по индикаторам X + или БРАК +.

Содержание отчета

1. Краткие сведения о методике измерения толщины защитного покрытия.
2. Результаты измерения толщины защитного покрытия.
3. Выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. Роль защитных покрытий в обеспечении работоспособности оборудования.
2. Виды защитных покрытий.
3. Защитные покрытия из лакокрасочных материалов.
4. Высокотемпературные защитные покрытия.

Литература

1. Розенфельд, И. Л. Защита металлов от коррозии лакокрасочными покрытиями / И. Л. Розенфельд, Ф. И. Рубинштейн, К. А. Жигалова. – М.: Химия, 1987. – 224 с.
2. Лакокрасочные покрытия. Технология и оборудование: справ. изд. / А. М. Елисаветский [и др.]. – М.: Химия, 1992. – 416 с.
3. Лившиц, М. Л. Лакокрасочные материалы: справ. пособие / М. Л. Лившиц, Б. И. Пшиалковский. – М.: Химия, 1982. – 360 с.

Лабораторная работа № 9

ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ НИВЕЛИРОВАНИЕ

Цель работы: изучение принципов работы геометрического нивелирования при монтаже и эксплуатации инженерных сооружений и крупногабаритного оборудования; изучение методики работы с нивелиром.

Общие указания

Нивелирование используют в инженерных изысканиях для определения превышений (разности высот) отдельных узлов, горизонтальности или угла наклона осей крупногабаритного технологического оборудования (барабанных сушилок, печей, шаровых мельниц и др.).

Различают следующие виды нивелирования:

- геометрическое, которое выполняется при помощи геодезического прибора с горизонтальной визирной осью и реек;
- тригонометрическое, производимое геодезическим прибором с наклонной визирной осью, в котором превышение между точками вычисляется по измеренному углу наклона линии визирования и измеренному (или известному) расстоянию между точками;
- барометрическое, использующее зависимость давления воздуха от высоты точки над уровнем моря;
- механическое, выполняемое нивелиром-автоматом, вычерчивающим профиль местности в некотором направлении;
- гидростатическое, использующее свойство сообщающихся сосудов.

Описание лабораторного стенда

Лабораторный стенд состоит из нивелира 2Н-10КЛ, штатива ШР-120, двух нивелирных реек РН-3П-3000С, шарнирно соединенных между собой. В комплект входят также набор слесарных инструментов, некоторые запасные части.

Нивелир 2Н-10КЛ предназначен для определения превышений, расстояний и горизонтальных углов при техническом нивелировании. Совместно с призмной насадкой он также может быть использован для вертикального и наклонного проектирования визирного луча.

При определении горизонтальности или расчете угла наклона оси аппарата с помощью нивелира за базовые следует принимать опорные

поверхности валов подшипников скольжения. При этом необходимо снять крышки подшипников. Для подшипников качения за опорные допускается принимать поверхности наружных втулок подшипников.

На крупных компрессорах для этих целей заводом-изготовителем выполняются специальные площадки, называемые реперными точками.

Конструкция нивелира представлена на рис. 14.

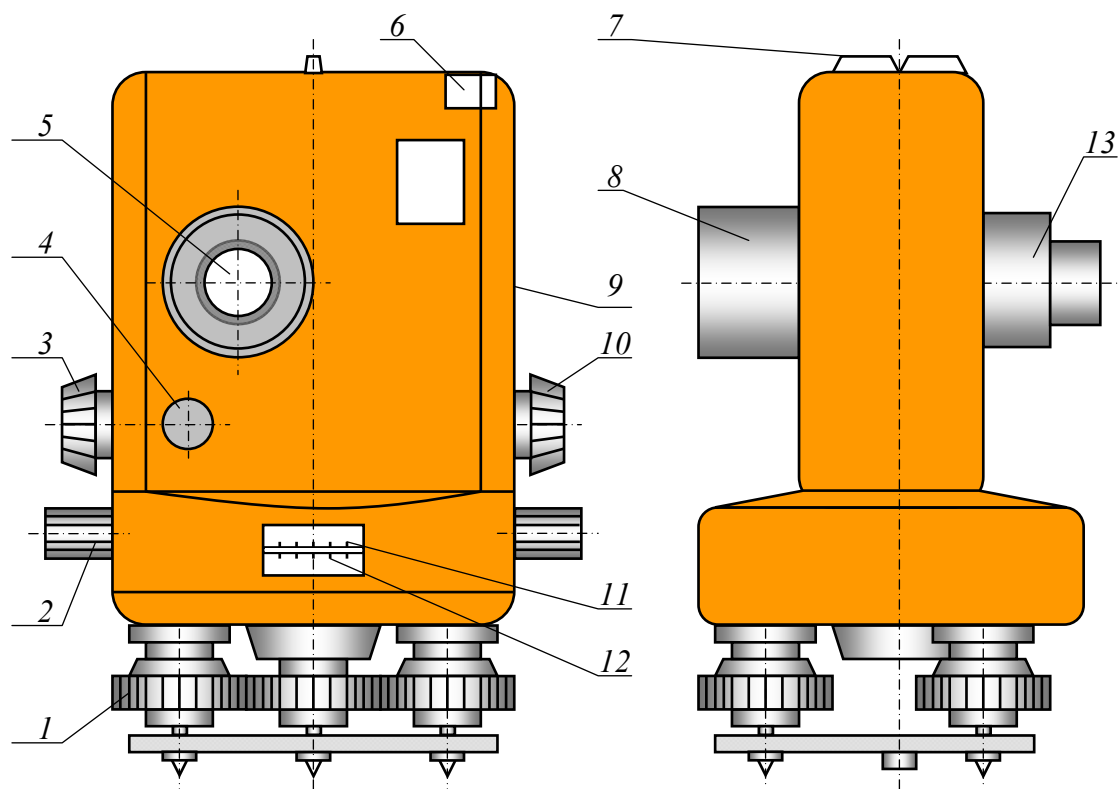


Рис. 14. Общий вид нивелира 2Н-10КЛ:

- 1 – подъемный винт; 2 – маховичок горизонтальной наводки;
 3 – маховичок фиксации; 4 – кнопка; 5 – окуляр; 6 – установочный уровень;
 7 – целик; 8 – объектив; 9 – корпус; 10 – маховичок фокусировки;
 11 – нониус; 12 – лимб; 13 – колпачок

Визирная ось оптической системы нивелира с помощью рамки компенсатора, подвешенной на двух подшипниках, автоматически устанавливается в горизонтальное положение при наклонах нивелира до $\pm 30'$. Если наклон нивелира превышает указанное значение, то приведение его в номинальное положение производится подъемными винтами 1 и контролируется по установочному уровню 6 с ценой деления $20'$ на 2 мм. Грубое наведение нивелира на рейку осуществляется поворотом корпуса 9 вручную вокруг вертикальной оси, точное – наводящим винтом с маховичками 2. Рамка компенсатора в транспортном положении

фиксируется маховичком 3. Отсчет горизонтальных углов производится по лимбу 12 с помощью нониуса 11. Причем лимб имеет возможность установки начального значения горизонтального угла путем поворота лимба относительно вертикальной оси. Для проверки работоспособности компенсатора предназначена кнопка 4, которая отклоняет рамку компенсатора от вертикального положения и вызывает ее качание.

Перефокусировка нивелира с одного расстояния на другое осуществляется с помощью маховичка 10.

Поле зрения, наблюдаемое в зрительную трубу нивелира, наведенного на рейку, показано на рис. 15.

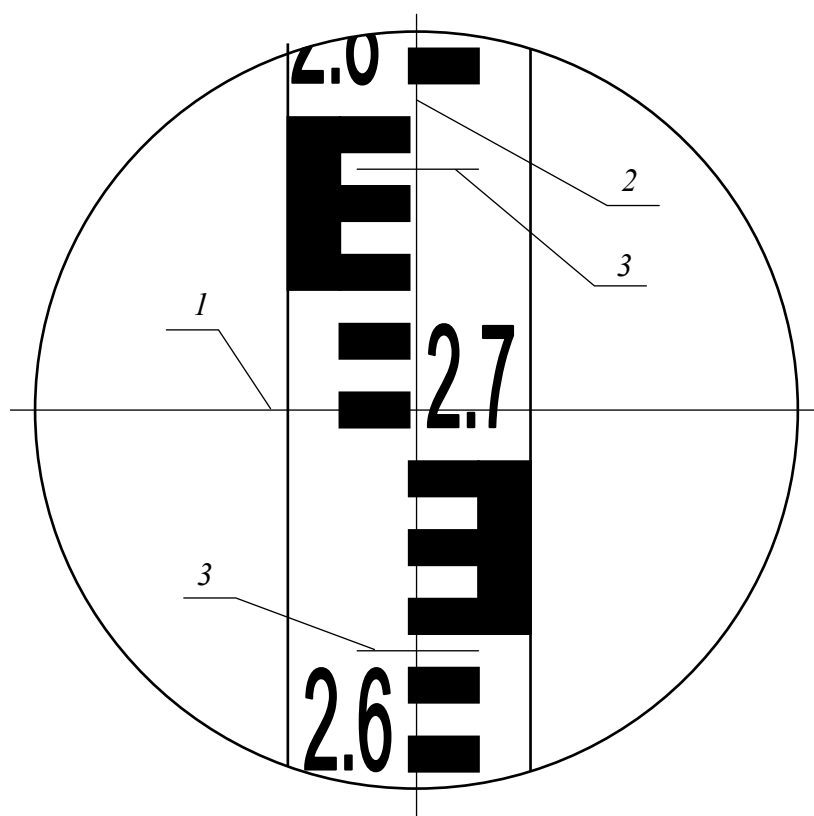


Рис. 15. Вид поля зрения нивелира 2Н-10КЛ:

1 – горизонтальная нить; 2 – вертикальная нить;

3 – дальномерные штрихи

Отсчет по рейке – 2715 мм

Расстояние – $(2785 - 2645) \cdot 100 = 14\,000 \text{ мм} = 14,0 \text{ м}$

Сетка, изображенная на этом рисунке, состоит из перекрестия нитей 1 и 2 с двумя дальномерными штрихами 3, расположенными симметрично горизонтальной нити.

Призменная насадка обеспечивает поворот визирного луча на 90° . На оправе призмы через 2° нанесены деления, с помощью которых

возможно изменение направления угла наклона повернутого визирного луча на любой угол от 0 до 360° с погрешностью 1°.

Порядок выполнения лабораторной работы

1. Установить штатив на пол таким образом, чтобы расстояния между концами ножек были не менее половины длины ножки и концы ножек не скользили по полу. Установить нивелир на штативе так, чтобы наконечники подъемных винтов вошли в пазы на головке штатива, и закрепить нивелир винтом. Маховичок фиксации установить стрелкой вверх.

2. Контур пузырька установочного уровня расположить concentric окружностям сетки уровня с помощью подъемных винтов I и повернуть нивелир на 180°. Если пузырек уровня при этом сходит с середины, то на половину его отклонения переместить регулировочные винты уровня $б$, а на другую половину – подъемные винты I , после чего снова повернуть нивелир на 180°. В случае смещения пузырька с середины произвести вторичное исправление горизонтальности.

Установить рейку на противоположной стороне аудитории. Для более точного измерения на противоположной стороне аудитории допускается наклеить вертикальную полоску миллиметровой бумаги.

3. Вращением диоптрийного кольца установить окуляр 5 на четкое наблюдение сетки. Зрительную трубу навести на рейку (полоску миллиметровой бумаги) и добиться четкого изображения рейки (полоски) вращением маховичка 2 .

4. Сделать отсчеты по горизонтальной нити и дальномерным штрихам.

5. Вычислить расстояние от нивелира до рейки (полоски) по формуле:

$$L = (a_1 - a_2)k, \quad (22)$$

где a_1 и a_2 – отсчеты по дальномерным штрихам сетки, мм;

k – коэффициент дальномера ($k = 100$).

6. Для осуществления угломерных работ навести зрительную трубу на рейку (полоску) и установить нулевые значения лимба и нониуса.

7. Повернуть нивелир влево так, чтобы вертикальная нить совпадала с левым углом вертикальных стенок аудитории. С помощью лимба и нониуса определить угол β_1 (рис. 16). Повернуть нивелир вправо так, чтобы вертикальная нить совпадала с правым углом вертикальных стенок аудитории. С помощью лимба и нониуса определить угол β_2 .

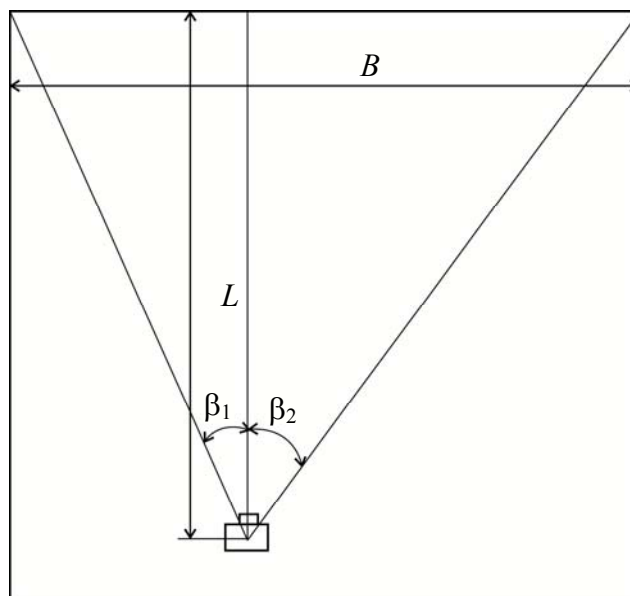


Рис. 16. Схема измерения ширины стенки с помощью нивелира

8. Вычислить ширину противоположной стенки по формуле:

$$B = L (\operatorname{tg} \beta_1 + \operatorname{tg} \beta_2). \quad (23)$$

Сравнить вычисленное значение с фактической шириной стенки.

9. Для определения угла наклона оси воображаемого аппарата навести зрительную трубу нивелира на горизонтальную полосу, нанесенную на стенку с левой стороны, и определить превышение ΔH_1 горизонтальной нити I над полоской. Затем навести зрительную трубу нивелира на горизонтальную полосу, нанесенную на стенку с правой стороны, и определить превышение ΔH_2 горизонтальной нити I над полоской.

10. Вычислить угол наклона оси воображаемого аппарата по формуле:

$$\gamma = \operatorname{arctg} \frac{\Delta H_1 - \Delta H_2}{B}. \quad (24)$$

Содержание отчета

1. Краткие сведения о техническом нивелировании и его видах.
2. Принцип работы нивелира 2Н-10КЛ и его технические характеристики.
3. Результаты измерения параметров с помощью нивелира.
4. Результаты расчетов.
5. Выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. Виды технического нивелирования.
2. Основные узлы нивелира 2Н-10КЛ.
3. Какие поверхности принимаются в качестве базовых при определении горизонтальности или угла наклона осей оборудования?

Литература

1. Инженерная геодезия / под ред. Д. Ш. Михелева. – М.: Академия, 2001. – 481 с.
2. Михелев, Д. Ш. Геодезические измерения при изучении деформаций крупных инженерных сооружений / Д. Ш. Михелев, И. В. Рунов, А. И. Голубцов. – М.: Недра, 1977. – 184 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие.....	3
Общие методические вопросы.....	5
Лабораторная работа № 1. Статическая балансировка ротора на призмах	6
Лабораторная работа № 2. Регулировка ременной передачи	13
Лабораторная работа № 3. Регулировка и измерение зазоров в подшипниках скольжения	18
Лабораторная работа № 4. Технология ремонта механического оборудования	22
Лабораторная работа № 5. Монтаж горизонтальных насосов.....	28
Лабораторная работа № 6. Ремонт центробежных насосов.....	32
Лабораторная работа № 7. Составление схемы и карты смазки насоса.....	37
Лабораторная работа № 8. Измерение толщины защитного покрытия стенки оборудования.....	50
Лабораторная работа № 9. Геометрическое нивелирование	57

ЭКСПЛУАТАЦИЯ, РЕМОНТ И МОНТАЖ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ

Составитель **Павлечко** Владимир Никифорович

Редактор *О. А. Семенец*
Компьютерная верстка *А. Г. Шкатула*
Корректор *О. А. Семенец*

Издатель:
УО «Белорусский государственный технологический университет».
ЛИ № 02330/0549423 от 08.04.2009.
ЛП № 02330/0150477 от 16.01.2009.
Ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск.