

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
Санкт-Петербургский горный университет**

Кафедра машиностроения

ТЕХНОЛОГИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

*Методические указания к курсовой работе
для студентов бакалавриата направления 21.03.01*

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2019**

УДК 621.7/09612.9(073)

ТЕХНОЛОГИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ: Методические указания к курсовой работе / Санкт-Петербургский горный университет. Сост. *С.Ю. Кувшинкин*. СПб, 2019. 17 с.

Изложены цели и задачи курсовой работы, требования к графической части и к содержанию расчетно-пояснительной записки. Даны рекомендации и пояснения по выполнению работы.

Методические указания предназначены для студентов бакалавриата направления 21.03.01 «Нефтегазовое дело» профиля программы «Бурение нефтяных и газовых скважин».

Научный редактор проф. *В.И. Болотов*

Рецензент канд. техн. наук *Е.Ю. Степук* (ЗАО «Эс-Сервис»)

ВВЕДЕНИЕ

Настоящая курсовая работа является завершающей стадией изучения курса «Технология конструкционных материалов» и требует наличия базовых знаний по курсу «Материаловедение».

Целью выполнения курсовой работы является систематизация знаний, полученных студентами в лекционных курсах, на практических и лабораторных занятиях, приобретение навыков решения конкретных вопросов, связанных с разработкой технологических процессов получения заготовок и их механической обработки.

В курсовой работе разрабатываются технологические процессы изготовления типовых деталей машин средней сложности – вал, вал-шестерня, ось, зубчатое колесо, корпусная деталь и т.д.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Исходными данными для выполнения работы являются: чертеж детали с техническими условиями на ее изготовление, материал детали и годовая программа выпуска. Исходные данные задаются преподавателем каждому студенту индивидуально.

Курсовой проект после проверки руководителем и внесения в него соответствующих исправлений и дополнений допускается к защите. Законченный проект должен содержать расчетно-пояснительную записку, выполненную и оформленную в соответствии с требованиями, предъявляемыми к текстовым документам, а также нормативными документами Санкт-Петербургского горного университета, и графическую часть работы, оформленную в соответствии с нормами ЕСКД и ЕСТД.

1. СОДЕРЖАНИЕ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

1.1. Требования к оформлению и структура записки

Пояснительная записка должна быть написана технически грамотно, понятным языком и иметь логичную и последовательную структуру. Объем пояснительной записки – 20-25 страниц, включая аннотацию и оглавление.

Все решения, принимаемые автором курсовой работы, должны быть обоснованы с учетом условий и требований производства. По тексту необходимо делать ссылки на используемую литературу и другие источники, в том числе интернет-ресурсы. Структура пояснительной записки представлена ниже.

Введение. Кратко рассматриваются цель курсовой работы - разработка рациональной технологии получения заготовки и детали, а так же решаемые для реализации этой цели задачи.

Назначение и конструкция детали, технические условия на изготовление. Необходимо отразить назначение и конструктивные особенности детали, условия ее работы в конструкции и требования к ней. Привести химический состав и основные механические свойства материала детали. Данные могут быть представлены в виде таблицы.

Выбор способа изготовления заготовки. Исходя из заданного материала, назначения детали, ее конфигурации, размеров и заданной годовой программы необходимо выбрать и обосновать наиболее рациональный способ изготовления заготовки – литье, свободную ковку или штамповку.

Разработка маршрута изготовления детали, включающего в себя перечень основных операций выбранных технологических процессов: получения заготовки, предварительной термической обработки, черновой механической обработки, окончательной термической (химико-термической) обработки, чистовой механической обработки, отделочных операций. В зависимости от назначения и требований к детали возможны различные варианты маршрута ее изготовления.

Разработка технологического процесса изготовления заготовки. В зависимости от принимаемого способа получения заготовки необходимо рассмотреть особенности технологического процесса, дать соответствующие его описания, выполнить необходимые расчеты и разработать чертежи.

Выбор вида и расчет режимов предварительной термической обработки. Выбрать вид термической обработки, определить ее температурные и временные режимы, построить термограмму, указать, как повлияет выбранная термообработка на структуру и свойства материала детали.

Разработка технологического процесса черновой механической обработки. Определить маршрут обработки: перечень и последовательность металлорежущих станков, последовательность переходов, операций, инструмента и

приспособлений. Определить режимы обработки, основное и вспомогательное время на обработку, разработать операционные эскизы. Результатом выполнения данного этапа работы должно быть составление операционных карт, представленных в приложении к расчетно-пояснительной записке.

Выбор вида и расчет режимов термической и (или) химико-термической упрочняющей обработки. Определить и обосновать необходимость такой обработки. Выбрать ее вид, определить температурные и временные режимы, построить термограммы, указать, как повлияет выбранная термическая (химико-термическая) обработка на структуру и свойства материала детали.

Разработка технологического процесса чистовой механической обработки и отделочных операций. Исходя из заданных чертежом детали точности размеров и шероховатости поверхностей определить необходимость наличия чистовой механической обработки в технологическом процессе изготовления детали. Если чистовая обработка необходима, то определить ее маршрут, режимы и составить операционные карты.

1.2. Разработка технологии получения литой заготовки

Последовательность проектирования технологического процесса изготовления литой заготовки следующая.

1. Выбрать способ формовки и материал модели.
2. Определить положение отливки в форме и назначить плоскости разъема модели и формы.
3. Назначить припуски на механическую обработку на все обрабатываемые поверхности детали, напуски, допуски, формовочные уклоны, радиусы переходов и разработать чертеж отливки.
4. Назначить припуски на усадку; если для получения отливки используются стержни, то определить размеры стержневых знаков. Разработать чертеж модели.
5. При необходимости разработать чертеж стержня (стержней).

6. Произвести расчет литниковой системы.
7. Определить необходимые размеры опок. Выбрать стандартные опоки, а если это невозможно – разработать нестандартные.
8. Разработать чертеж литейной формы в сборе.

Подробные пояснения к разработке технологии литья и необходимый справочный материал приведены в методических указаниях «Технология конструкционных материалов. Заготовительное производство».

1.3. Разработка технологического процесса изготовления ковальной заготовки

Разработка технологического процесса производится в следующем порядке.

1. Назначить по ГОСТ 7062-90 припуски, допуски и напуски.
2. Вычертить эскиз поковки.
3. Определить массу поковки.
4. Определить объем и массу исходной заготовки (слитка или проката).
5. Выбрать тип и размеры кузнечного слитка или рассчитать размеры прокатной заготовки.
6. Составить график нагрева заготовки и охлаждения поковки, рассчитать продолжительность нагрева, выбрать режим охлаждения.
7. Составить схему технологических переходовковки.

Подробные пояснения к разработке технологического процесса свободнойковки и необходимый справочный материал приведены в методических указаниях «Технология конструкционных материалов. Заготовительное производство».

1.4. Разработка технологического процесса изготовления поковки горячей объемной штамповкой

Технологический процесс разрабатывают в следующем порядке.

1. Рассчитать массу детали.

2. Определить степень сложности поковки.
3. Определить припуски на механическую обработку, допуски и напуски, а также штамповочные уклоны и радиусы переходов.
4. Разработать чертеж поковки.
5. Рассчитать объем, массу и размеры исходной заготовки, определить режим нагрева заготовки.
6. Определить последовательность технологических переходов при штамповке, разработать чертеж штампа с разрезом по чистовому ручью.

Подробные пояснения к разработке технологии горячей штамповки и необходимый справочный материал приведены в методических указаниях «Технология конструкционных материалов. Заготовительное производство».

1.5. Предварительная термическая обработка

Предварительной термической обработке подвергаются заготовки деталей с целью устранения дефектов предыдущих операций горячей обработки (литья, штамповки,ковки) и подготовки структуры к последующей обработке резанием. Как правило, в качестве предварительной термической обработки используют полный отжиг или нормализацию, заключающиеся в нагреве заготовки в течение времени t_1 до температуры на $30 - 50$ °С выше A_{c3} материала, выдержке при этой температуре заданное время (t_2) и охлаждения вместе с печью (при полном отжиге) или на спокойном воздухе (при нормализации).

Для определения времени t_1 можно воспользоваться эмпирической формулой

$$t_1 = k\delta,$$

где $k = 65$ с/мм для углеродистых сталей и 75 с/мм для легированных сталей, δ – условная толщина стенки изделия в мм.

Значения t_2 принимают равным $0,2$ от t_1 .

Охлаждение вместе с печью при отжиге проводят со скоростью $100-150$ °С/час для углеродистых сталей и $40-60$ °С/час для легированных. За скорость охлаждения заготовки при нормализации может быть принята величина ~ 3 °С/с. В работе

необходимо выбрать вид термической обработки, рассчитать ее режимы, построить термограмму и указать, как повлияет выбранная термообработка на структуру и свойства материала детали.

1.6. Разработка технологического процесса механической обработки

В этом разделе должны быть определены: маршрут механической обработки, режимы, технологическое оборудование, режущий и мерительный инструмент, составлены операционные карты.

Технологический процесс механической обработки должен обеспечить: точность геометрических параметров поверхностей, качество поверхностей, заданную шероховатость. Принятые технологические решения должны соответствовать типу производства, обеспечивать минимальную себестоимость обработки при оптимальной производительности труда.

Следует начинать с разработки технологического маршрута обработки, обоснования последовательности всех операций.

По обоснованному технологическому маршруту следует выбрать модели станков, приспособлений, режущие и мерительные инструменты, назначить режимы резания.

Например, операция токарная черновая: диаметр детали 50 мм, длина 200 мм, припуск на обработку 3 мм, скорость резания 45 м/мин, подача 0,3 мм/об, станок токарно-винторезный 1К62, резец проходной Т5К10, инструмент мерительный - штангенциркуль.

При выборе оборудования необходимо исходить из того, что в единичном и мелкосерийном производствах используется универсальное, а в крупносерийном и массовом - специализированное, специальное и агрегатное оборудование, автоматические линии станков. Серийное производство в зависимости от программы может приближаться к мелкосерийному или к крупносерийному типам производства.

Технические данные о металлорежущем оборудовании выбирают из паспортов или каталогов.

Форма операционной карты представлена на рисунке 1.

ОПЕРАЦИОННАЯ КАРТА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ
(последующие листы)

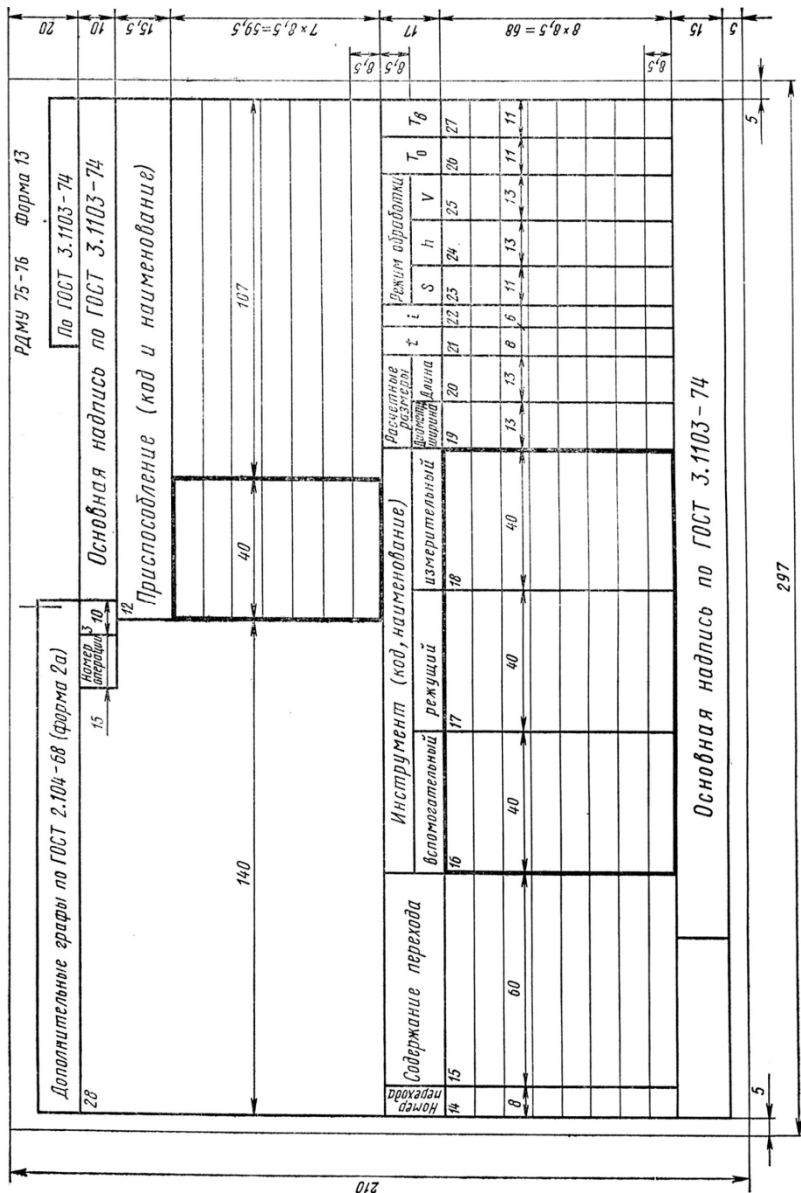


Рис. 1 Операционная карта

Количество операционных карт для детали должно соответствовать количеству используемых металлорежущих станков, количеству установов на каждом станке, а также учитывать наличие черновых и чистовых проходов. Например, для обработки короткого ступенчатого вала, не имеющего пазов, лысок и радиальных отверстий в единичном, мелкосерийном и отчасти в серийном производстве необходимо составить 4 операционные карты, так как потребуется только один станок – токарно-винторезный, потребуются два установа, и на каждом установе будут присутствовать как черновые, так и чистовые проходы.

В графе 28 операционной карты приводится операционный эскиз, представляющий собой эскиз детали (заготовки) с указанием способа ее закрепления, все поверхности которой, обрабатываемые с данного установа, выделяются линией основного контура и нумеруются. На эскизе проставляют только размеры, определяющие обрабатываемые с данного установа поверхности и их положение относительно баз. Размеры указывают в виде чисел с предельными отклонениями или с указанием полей допусков по ЕСДП. В графе 12 указываются применяемые при обработке приспособления, например, трехкулачковый самоцентрирующийся патрон, задний центр, люнет и т.д.

Содержание основных и вспомогательных переходов записывается в графе 15 в соответствии с ГОСТ 3.1702-79. Первой записью в графе должен быть вспомогательный переход, например «установить и закрепить заготовку», «установить, выверить и закрепить заготовку», «переустановить и закрепить заготовку». В конце перечня переходов по обработке следует написать «снять заготовку». Обозначают вспомогательные переходы заглавными буквами латинского алфавита. Основные переходы обозначают арабскими цифрами, запись перехода выполняют со ссылкой на условное обозначение конструктивного элемента детали, например: «точить поверхность 1», «фрезеровать паз 2», «фрезеровать лыску 3», «шлифовать поверхность 4» и т.д.

В графах 19 и 20 необходимо указать размеры обрабатываемой поверхности – те, которые получатся после выполнения данного перехода. В графе 21 указывается глубина

резания за один проход, определяемая по условиям обработки, в графе 22 – количество проходов, в графе 23 – подача, в графе 25 – скорость резания. Скорость резания и подачу определяют в зависимости от вида обработки по справочным таблицам, имеющихся в справочниках технолога-машиностроителя.

Содержание граф 14, 16, 17, 18 в пояснении не нуждается.

В графе 26 указывается основное (машинное) время на выполнения перехода с учетом времени на резание, и перебеги инструмента для всех видов обработки и на обратный ход для станков с возвратно-поступательным движением инструмента. Вид расчетных формул для определения машинного времени зависит от вида обработки [6]. Например, при точении цилиндрических поверхностей машинное время определяется по следующей зависимости:

$$T_m = \frac{Li}{ns}, \text{ мин}; n = \frac{1000v}{\pi D}, \text{ об/мин},$$

где $L = l + l_1 + l_2$, мм - расчетная длина обработки,

l , мм – длина обрабатываемой поверхности,

$l_1 = \frac{t}{\operatorname{tg}\varphi}$, мм – величина врезания,

l_2 , мм – длина перебега, $l_2 \leq 3$ мм при продольном точении, $l_2 = 2 \dots 3$ мм при подрезке, прорезке и отрезке,

t , мм – глубина резания,

φ – главный угол резца в плане,

i – число проходов,

n , об/мин – частота вращения шпинделя,

s , мм/об – подача,

v , м/мин – скорость резания,

D , мм – диаметр обрабатываемой поверхности.

В графу 27 записывается вспомогательное время, учитывающее управление станком, а также выполнение вспомогательных переходов и контроля. Вспомогательное время T_v определяется по общемашиностроительным укрупненным нормативам времени, ориентировочно эту величину можно принять равной 5-15 % от основного времени.

1.7. Окончательная термическая (химико - термическая) обработка

Стальные детали, относящиеся к I-ой группе (зубчатые колеса, вал-шестерни, шлицевые валы, звездочки, распределительные валы, кулачки, пальцы и т.п.), изготовленные из цементуемых сталей, подвергаются цементации (нитроцементации), полной закалке и низкому отпуску.

Оптимальная глубина цементованного слоя для большинства деталей технологических машин составляет 1,0-1,4 мм. Рекомендуется газовая цементация при температуре 930-950 °С; время цементации зависит от глубины цементованного слоя (скорость цементации 0,1 мм/ч).

Нитроцементация проводится при температуре 820-860 °С со скоростью 0,15 мм/ч; глубина слоя 0,2-0,8 мм.

Среда и температурные режимы термической обработки деталей I-ой группы после цементации приведены в табл. 1.

Таблица 1

Режимы термической обработки сталей после цементации

Марка стали	Термическая обработка		
	вид *	температура, °С	среда охлаждения
10	З	770	вода
	О	180	воздух
25	З	770	вода
	О	180	воздух
20Х	З	820	масло
	О	200	воздух
18ХГТ	З	850	масло
	О	200	воздух
12ХН3А	О	650	воздух
	З	820	масло
	О	200	воздух
18Х2Н4МА	О	650	воздух
	З	800	масло
	О	200	воздух

* Вид термической обработки: З - закалка, О - отпуск.

Время нагрева деталей под закалку (t_1) и время выдержки (t_2) при соответствующей температуре аналогичны используемым при высоком отжиге и нормализации при проведении предварительной термической обработки (см. п. 1.3). За скорость охлаждения детали в воде может быть принята величина $200\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{с}$, в масле – $50\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{с}$.

Времена нагрева (t_1) и выдержки (t_2) деталей при низком отпуске могут быть рассчитаны по формуле

$$t_1 = t_2 = 120 + \delta, \text{ мин,}$$

где δ – условная толщина стенки детали в мм.

Детали II-ой группы (валы, оси, шпиндели, коленчатые валы, штоки, шатуны, храповики, плунжеры, гильзы цилиндров, червяки и т.п.) изготавливаются из среднеуглеродистых и легированных сталей и подвергаются полной закалке и высокому отпуску (улучшению). Температурные параметры термической обработки наиболее широко применяемых улучшаемых сталей приведены в табл. 2.

Таблица 2

Термическая обработка и механические свойства
улучшаемых сталей

Марки стали	Термическая обработка	
	Закалка, $^{\circ}\text{C}$; среда	Отпуск, $^{\circ}\text{C}$; среда
35	850; вода	550; вода, масло
45	850; то же	550; то же
40X	860; масло	500; то же
50X	830; то же	520; то же
40XH	820; то же	550; то же
30XГСА	880; то же	540; то же
40XНМА	850; то же	620; то же
38XНЗМА	850; то же	600; воздух

Время нагрева (t_1) и время выдержки (t_2) деталей при высоком отпуске могут быть рассчитаны по формуле

$$t_1 = t_2 = 10 + \delta, \text{ мин,}$$

где δ – условная толщина стенки детали в мм.

Для повышения долговечности деталей II-ой группы (осей, валов, пальцев) может быть дополнительно рекомендована закалка с индукционным нагревом ТВЧ на толщину закаленного слоя 1-3 мм с

твердостью 45-56 HRC. Однако метод поверхностной закалки малоэффективен для деталей сложной формы. В местах обрыва закаленного слоя, не охватывающего галтели, выточки и другие концентраторы, возникают высокие остаточные напряжения растяжения, снижающие выносливость. Этого недостатка нет при химико-термической обработке, обеспечивающей равномерное упрочнение, высокую выносливость и износостойкость.

Среднеуглеродистые легированные стали азотируют на глубину 0,3-0,6 мм в среде аммиака при 480-520 °С. Выдержка определяется глубиной слоя; скорость азотирования 0,01 мм/ч; охлаждение с печью до 100-150 °С. До азотирования детали подвергают улучшению и чистовой механической обработке, после азотирования детали только шлифуют или полируют.

Высокую эффективность обеспечивает комбинированное упрочнение – закалка ТВЧ и поверхностное пластическое деформирование (ППД).

Детали группы III (рессоры, пружины) подвергают закалке в масле от 830-880 °С и среднему отпуску при 450-480 °С.

Время нагрева (t_1) и выдержки (t_2) деталей при среднем отпуске могут быть рассчитаны по формуле

$$t_1 = t_2 = 20 + \delta, \text{ мин,}$$

где δ – условная толщина стенки детали в мм.

Для снятия внутренних напряжений и стабилизации размеров отливки из серого чугуна подвергают низкотемпературному отжигу при 560 °С. Для повышения механических свойств используют нормализацию или закалку с высоким отпуском. Для повышения износостойкости деталей, работающих в условиях трения (гильзы цилиндров, распределительные валы и другие детали двигателей), перлитные чугуны подвергают азотированию.

Термическая обработка высокопрочных чугунов аналогична.

2. ГРАФИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

В графической части курсовой работы должны быть представлены следующие чертежи: чертеж детали, чертеж отливки, чертеж модели, литейная форма в сборе, если заготовка литая; чертеж детали, чертеж поковки и схема технологических переходов ковки, если заготовка кованая; чертеж детали, чертеж поковки, чертеж штампа с разрезом по чистовому ручью или схема штамповки на ГКМ, если заготовка штампованная.

Чертежи должны быть выполнены в соответствии со всеми нормами и требованиями ЕСКД на любом стандартном формате.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Бойцов Ю.П.* Технология конструкционных материалов: Учебное пособие / Бойцов Ю.П., Иванов С.Л., Кувшинкин С.Ю., Кремчеев Э.А.; СПГГИ(ТУ). СПб, 2005. 86 с.

2. *Кувшинкин С.Ю.* Технология конструкционных материалов: Учебное пособие / Кувшинкин С.Ю., Звонарев И.Е., Королев И.А.; Политехника-Принт. СПб, 2018. 82 с.

3. Технология конструкционных материалов. Заготовительное производство: Методические указания к лабораторным работам / Национальный минерально-сырьевой университет «Горный». Сост.: *С.Ю. Кувшинкин, В.И. Болобов.* СПб, 2015. 55 с.

4. Технология конструкционных материалов. Обработка металлов резанием: Методические указания к лабораторным работам / Санкт-Петербургский горный университет. Сост.: *С.Ю. Кувшинкин, В.И. Болобов.* СПб, 2017. 43 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. СОДЕРЖАНИЕ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ.....	4
1.1. Требования к оформлению и структура записки	4
1.2. Разработка технологии получения литой заготовки.....	6
1.3. Разработка технологического процесса изготовления кованой заготовки	7
1.4. Разработка технологического процесса изготовления поковки горячей объемной штамповкой	7
1.5. Предварительная термическая обработка	8
1.6. Разработка технологического процесса механической обработки..	9
1.7. Окончательная термическая (химико - термическая) обработка ..	13
2. ГРАФИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	16
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	16

ТЕХНОЛОГИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

*Методические указания к курсовой работе
для студентов бакалавриата направления 21.03.01*

Сост. *С.Ю. Кувшинкин*

Печатается с оригинал-макета, подготовленного кафедрой
машиностроения

Ответственный за выпуск *С.Ю. Кувшинкин*

Лицензия ИД № 06517 от 09.01.2002

Подписано к печати 06.03.2019. Формат 60×84/16.
Усл. печ. л. 1,0. Усл.кр.-отг. 1,0. Уч.-изд.л. 0,9. Тираж 75 экз. Заказ 177. С 73.

Санкт-Петербургский горный университет
РИЦ Санкт-Петербургского горного университета
Адрес университета и РИЦ: 199106 Санкт-Петербург, 21-я линия, 2