

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

Кафедра транспортных технологических процессов и машин

**ОСНОВЫ ДИАГНОСТИКИ И
МОНИТОРИНГА ТЕХНИЧЕСКОГО
СОСТОЯНИЯ ГОРНО-ТРАНСПОРТНЫХ
МАШИН**

*Методические указания по курсовому проектированию
для студентов специальности 21.05.04*

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2021

УДК 622.2 (073)

ОСНОВЫ ДИАГНОСТИКИ И МОНИТОРИНГА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГОРНО-ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН: Методические указания по курсовому проектированию / Санкт-Петербургский горный университет. Сост.: *А.Е. Пушкарев, П.Н. Махараткин*. СПб, 2021. 18 с.

Изложены общие требования к курсовому проектированию студентов обучающихся по специальности 21.05.04 «Горное дело», даны исходные данные и методика расчета параметров надежности машин по учебной дисциплине «Основы диагностики и мониторинга технического состояния горно-транспортных машин» специализации «Транспортные системы горного производства».

Методические указания также могут быть полезны для студентов бакалавриата направления подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование» по учебной дисциплине «Надежность технологических машин и оборудования», а так же студентов направления подготовки 15.03.01 «Машиностроение».

Научный редактор проф. *В.В. Максаров*

Рецензент канд. техн. наук *А.Е. Попович* (Всеволожский камнеобрабатывающий завод «Прогресс»)

© Санкт-Петербургский
горный университет, 2021

ВВЕДЕНИЕ

Курсовое проектирование, как форма самостоятельной работы, формирует навыки самостоятельного профессионального творчества обучающихся. Оно направлено на углубление и закрепление знаний, полученных на лекциях и других занятиях; выработку навыков самостоятельного активного приобретения новых, дополнительных знаний; нацелена на повышение уровня теоретического и практического усвоения студентами курса учебной дисциплины «Основы диагностики и мониторинга технического состояния горно-транспортных машин» специализации «Транспортные системы горного производства».

Организация курсового проектирования предполагает формирование профессиональных компетенций, обеспечивающих готовностью участвовать в исследованиях объектов профессиональной деятельности и их структурных элементов, интерпретировать полученные результаты, составлять и защищать отчеты; способность оценивать эффективность функционирования транспортных систем горного производства с использованием современных методов анализа и обработки информации, методов экономико-математического моделирования

Курсовое проектирование необходимо не только для освоения дисциплины, но и для формирования навыков самостоятельной работы, как в учебной, так и профессиональной деятельности.

Основная задача подготовки отчета по курсовому проекту состоит в том, чтобы на примере рассмотрения одной из актуальных задач, связанных с надежностью транспортных машин горного производства, развить навыки самостоятельной работы с оригинальными научными текстами, информационно-аналитической литературой, монографическими исследованиями и разработками.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Увеличение объемов добычи полезных ископаемых при непрерывно усложняющихся условиях ведения работ, увеличение грузоподъемности применяемых транспортных средств при значительный срок эксплуатации горнодобывающих предприятий при наблюдающейся тенденции продления срока функционирования, требуют выполнения комплекса мероприятий, обеспечивающих безопасность эксплуатации объектов транспортной инфраструктуры. При этом, в обеспечении транспортной безопасности немаловажную роль играют мероприятия, направленные на достижение и соблюдение условий и режимов нормальной эксплуатации объектов.

Действующие в настоящее время нормативные документы распространяются на обследования, статические и динамические испытания и обкатку мостов (путепроводов, виадуков, эстакад) и труб под насыпями, запроектированных под подвижные временные нагрузки и расположенных на железных дорогах, линиях метрополитена и трамвая, автомобильных дорогах (включая дороги промышленных предприятий, а также внутрихозяйственные дороги в колхозах, совхозах и других сельскохозяйственных предприятиях и организациях), на улицах и дорогах городов, поселков и сельских населенных пунктов [1]. Нормы и правила распространяются на обследования и испытания, выполняемые после завершения строительства (при приемке сооружений в постоянную или временную эксплуатацию), после реконструкции (усиления) и могут использоваться при обследованиях и испытаниях сооружений, находящихся в эксплуатации, а также при обследованиях мостов, запроектированных под особые виды нагрузок (от трубопроводов, каналов и др.).

Одной из ключевых проблем, решение которой является неотъемлемой частью строительства подземных объектов, например, прокладка трубопроводов и обустройство коллекторов, является обеспечение безаварийной эксплуатации объектов на поверхности [2-6]. В настоящее время всё более широкое применение находят технологии бестраншейной прокладки

трубопроводов, включающие технологии прокола, продавливание стальных футляров, горизонтально направленное бурение, микротоннелирование. При всех указанных технологиях прокладка трубопроводов происходит без нарушения вмещающих массивов, а в случае горизонтально направленного бурения и прокола вмещающий массив даже несколько упрочняется за счет уплотнения при прокладке трубопровода с расширением диаметра предварительно пройденной пилотной скважины.

Однако в процессе эксплуатации обостряется вопрос обеспечения необходимой несущей способности конструкции. Особенно актуален этот вопрос в случае применения стальных труб, испытывающих серьёзное воздействие агрессивной среды и теряющих свою несущую способность с течением времени [7-9]. При этом задача предусматривает три аспекта:

- расчетное определение несущей способности и построение прогнозной модели её изменения в конкретных условиях;

- выполнение мероприятий по повышению устойчивости вмещающих массивов, что существенно влияет на несущую способность конструкции;

- построение системы мониторинга деформаций элементов конструкции, обеспечивающей регистрацию происходящих процессов и своевременной информирование о приближении эксплуатационных параметров к критическим.

Для решения первой задачи, в качестве расчетной модели предлагается использовать универсальный метод начальных параметров из теории строительной механики [10, 11], с максимальной степенью адекватности зарекомендовавший себя при расчете напряженно-деформированного состояния крепей подготовительных выработок и вошедший в виде программного обеспечения в нормативный документ [12].

2. МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ПРОЕКТА

В основе математической модели расчета лежат уравнения силовых и кинематических факторов, описывающие напряженно-деформированное состояние элементов

поддерживающей инженерной конструкции, а также физические уравнения, отражающие взаимодействие элементов конструкции с окружающим массивом [10,11].

Оценка несущей способности подземных инженерных конструкций с использованием указанного метода регламентируется нормативным документом [4], хорошо себя зарекомендовала для расчета крепей подземных горных выработок [12].

В качестве основной исходной информации при проведении таких расчетов выступают геометрические и деформационные характеристики исследуемой конструкции, механические характеристики вмещающих конструкцию породных или грунтовых массивов и начальное поле напряжений в массиве, на основании которого формируется нагрузка (вертикальная и боковая) нагрузка на конструкцию.

Оценка несущей способности конструкции производится по предельным состояниям либо сечений, либо конструкции в целом. Как правило, при исследовании работоспособности жестких конструкций, в которых не допускается появление пластических шарниров по периметру, ее оценка производится по предельному состоянию первой группы, т. е. по предельному состоянию сечения, когда в качестве критического значения напряжения выбирается максимальный предел текучести [σ_m].

Начальная вертикальная нагрузка на стальной футляр складывается из расчетного давления грунта (на всю глубину заложения с учетом статических объектов на поверхности) и нормативного давления от временной вертикальной нагрузки (подвижные объекты на поверхности). Полученная нагрузка умножается на коэффициент надежности. В итоге общая формула для определения нагрузки выглядит следующим образом:

$$Q_y = \left(\gamma_{cp} H + \frac{190}{3 + H} \right) k_n, \quad (1)$$

где γ_{cp} – средний объемный вес грунтового массива, кН/м³; H – максимальная глубина заложения, м; k_n – коэффициент надежности.

При расчете конструкций, находящихся в массивах, необходимо также учитывать и боковую нагрузку, которая определяется из выражения:

$$Q_x = \lambda Q_y, \quad (2)$$

где $\lambda = \frac{\nu_{cp}}{1 - \nu_{cp}}$ – коэффициент бокового давления.

Деформационные характеристики стальных футляров включают жесткости сечений стенок на изгиб, сжатие и сдвиг. В связи с тем, что сечение стенок стальных футляров по длине конструкции представляет простую прямоугольную форму с размерами по высоте (толщине стенки) h , м и по длине b , м, данные жесткости определяются следующим образом:

$$\text{жесткость на изгиб} - C_1 = E_{mp} I = E_{mp} \frac{bh^3}{12}; \quad (3)$$

$$\text{жесткость на сжатие} - C_2 = E_{mp} F = E_{mp} bh; \quad (4)$$

$$\text{жесткость на сдвиг} - C_3 = G_{mp} F = \frac{E_{mp}}{2(1 + \nu_{mp})} bh, \quad (5)$$

где E_{mp} – модуль упругости материала трубопровода, кПа; I – момент инерции сечения стенок трубопровода, м⁴; F – площадь поперечного сечения стенок трубопровода, м²; G_{mp} –

модуль сдвига материала трубопровода (при коэффициенте Пуассона $\nu_{mp} = 0,3$ модуль сдвига $G_{mp} = 80769230,8$ кПа).

Учет механических характеристик грунтового массива обеспечивается так называемой пассивной нагрузкой на кольцо – пассивным отпором грунта, определяемым как реакцией упругого основания. В этом случае массив на участке пассивного отпора рассматривается как упругое основание, реагирующее на смещения кольца в сторону массива под действием активных (исходных) нагрузок. В качестве математической модели упругого основания принимается Винклеровское основание. В расчетной модели характеристики отпора задаются при помощи коэффициента радиального отпора, который определяется по формуле:

$$K_{omn} = \frac{E_{cp}}{(1 + \nu_{cp})R_{вн}}, \quad (6)$$

где E_{cp} – модуль упругости грунтового основания, кПа; $R_{вн}$ – внешний радиус трубопровода, м.

Данный коэффициент, как видно из (6) является интегральным показателем характеристик грунта.

В общем случае несущая способность стального футляра регламентируется соотношением максимальных расчетных σ_p и предельных нормативных напряжений $[\sigma_m]$, при котором должно выполняться следующее условие:

$$\sigma_p \leq [\sigma_m]. \quad (7)$$

Расчетное максимальное напряжение определяется по формуле:

$$\sigma_p = \frac{|M_{\max}|}{W} + \frac{N}{F}, \quad (8)$$

где M_{\max} – максимальный изгибающий момент, Н·м; $W = \frac{bh^2}{6}$ – момент сопротивления сечения стенок стального футляра, м³; N – нормальная сила в сечении.

Тогда, для оценки несущей способности трубопровода при заданной исходной нагрузке можно использовать коэффициент k_3 , характеризующийся отношением $\frac{[\sigma_m]}{\sigma_p}$ и показывающий запас прочности сечений (или не обеспечение прочности) при заданной толщине стенки. Определение оптимальной толщины стенки h_p исходя из нормативного предела текучести, при которой будет выполняться условие $k_3=1$, может быть осуществлено при следующей интерпретации формулы (8):

$$[\sigma_m] = \frac{|M_{\max}|}{W} + \frac{N}{F} \quad \text{или} \quad [\sigma_m] = \frac{6|M_{\max}|}{bh_p^2} + \frac{N}{bh_p}. \quad (9)$$

Естественно, что определяется для того же, в котором берется максимальный момент и нормальная сила. При этом полученная расчетная толщина стенки стального футляра будет максимальной при рассмотрении всего периметра кольца. Из уравнения (9) получим:

$$h_p = \frac{N + \sqrt{N^2 + 24|M_{\max}|[\sigma_m]}}{2[\sigma_m]} \quad (10)$$

Расчетные (оптимальные, или минимально возможные) толщины стенок трубопровода, необходимы для получения выводов о сроке службы трубопровода, работающего в режиме пропуска агрессивных вод.

В таблице 1 приведена классификация агрессивности жидких сред по четырем категориям, в которой итоговым является показатель скорости коррозии.

Таблица 1

Категории агрессивности среды

Категории	Вид среды	Скорость коррозии, мм/год
А	Неагрессивная или слабоагрессивная среда, содержащая SO ₂ в количестве менее 0,010 мг/л	0,03-0,05, средняя 0,04
Б	Агрессивная среда с более значительным содержанием SO ₂ - от 0,010 до 0,015 мг/л	0,05-0,08, средняя 0,065
В	Агрессивная среда с содержанием SO ₂ и H ₂ S от 0,015 до 0,025 мг/л	0,08-0,12, средняя 0,10
Г	Сильно агрессивная среда с содержанием SO ₂ более 0,025 мг/л	более 0,12

Из таблицы легко определяется диапазон максимально возможных абсолютных уменьшений (от заданной) толщины стенок стального футляра по признаку «Коррозионная стойкость» при условии сохранения несущей способности. Увеличение скорости коррозии, очевидно, соответственно приведет к сокращению срока службы стального футляра.

3. ЗАДАНИЯ НА ВЫПОЛНЕНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Цель проекта – оценка фактического состояния и индивидуальное прогнозирование остаточного ресурса на базе методов неразрушающего контроля.

При выполнении проекта необходимо произвести расчеты и построить зависимости (тренды), отражающие изменение толщины стенки трубопровода от времени.

Все недостающие для расчета данные принимать самостоятельно с пояснениями и ссылками на источники.

В графической части (см. пример в Приложении 1) изобразить тренды скорости коррозии, схему прокладки трубопровода, действующие на трубопровод нагрузки и распределение сил, график прогноза остаточного ресурса с таблицами основных расчетных данных.

Для отличных оценок по КП провести экономический расчет на сравнении двух разных материалов трубы с учетом изменившегося срока службы.

Номер варианта исходных данных выбирается в соответствии с номером студента в журнале, или по результатам прохождения производственной практики (Приложение 2 и 3). Согласованные исходные данные заносятся в титульный лист пояснительной записки и подписываются.

К защите курсового проекта представляется пояснительная записка и графический материал, выполненный на листе формата А1.

4. ОФОРМЛЕНИЕ ПРОЕКТА

Набор текста пояснительной записки оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ на листах формата А4 средствами текстового процессора Microsoft Word. Поля: левое 25 мм; правое, верхнее и нижнее – 20 мм. Стил ь шрифта – Times

New Roman, размер шрифта для заголовков глав и других рубрикации – 14, для текста – 12, межстрочный интервал – 1,5, отступ первой строки абзаца – 1,25 и выравнивание по ширине. Расстановка переносов слов в тексте должна выполняться автоматически.

Заголовки печатаются без переносов и выравниваются по центру. Разрешается использовать в тексте курсивное и полужирное начертание для акцентирования внимания на важных положениях текста.

Заголовки структурных частей пояснительной записки («СОДЕРЖАНИЕ «РАЗДЕЛ 1», «РАЗДЕЛ 2», «РАЗДЕЛ 3», «ЗАКЛЮЧЕНИЕ», «СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ») печатают прописными буквами по центру строк без абзацного отступа полужирным шрифтом.

Каждую структурную часть пояснительной записки следует начинать с нового листа. Заголовки подразделов (параграфов) и пунктов печатают строчными буквами (первая прописная) с абзацного отступа полужирным шрифтом. В конце заголовков точку не ставят. Выравнивание – по левому краю. Если заголовок включает несколько предложений, их разделяют точками. Перенос слов в заголовках, названиях таблиц и рисунков не допускается.

Интервал между заголовком и последующим текстом должен составлять 12 пунктов. Если между двумя заголовками текст отсутствует (например, между заголовками главы и подраздела), то интервал между ними устанавливается в 12 пунктов. Интервал между заголовком и предшествующим текстом должен составлять 24 пункта.

Страницы следует нумеровать арабскими цифрами размером 12 пунктов с соблюдением сквозной нумерации по всему тексту пояснительной записки. Номер страницы проставляется в центре нижнего колонтитула. Титульный лист включают в общую нумерацию страниц, однако номер страницы на титульном листе не проставляют. Рисунки и таблицы, расположенные на отдельных листах, включают в общую нумерацию страниц.

Нумерация разделов, подразделов, пунктов, рисунков, таблиц, формул, уравнений дается арабскими цифрами. Номер

подраздела состоит из номера раздела и порядкового номера подраздела, разделенных точкой.

Пункты нумеруют в пределах каждого подраздела. Номер пункта состоит из порядковых номеров главы, подраздела и пункта, разделенных точками, например, 2.4.1 – первый пункт четвертого подраздела второй главы.

Заголовки разделов, подразделов и пунктов приводят после их номеров без точки через пробел.

Иллюстрации и таблицы следует располагать непосредственно на странице с текстом после абзаца, в котором они упоминаются впервые, или отдельно на следующей странице, если они занимают все поле листа формата А4.

Иллюстрации и таблицы обозначают соответственно словами «Рисунок» и «Таблица» и нумеруют последовательно в пределах всей работы. На все таблицы и иллюстрации должны быть ссылки в тексте.

Иллюстрации, как правило, имеют наименование и пояснительные данные (подрисуночный текст), располагаемые по центру страницы.

Таблицу с большим количеством строк переносят на следующий лист таким образом, чтобы головка таблицы не была оторвана от строк. При переносе части таблицы на другой лист ее заголовки указывают один раз над первой частью, слева над другими (переносимыми) частями пишут слово «Продолжение», а затем «Окончание» и указывают номер таблицы, например: «Окончание таблицы 1.2».

Заголовки граф и строк пишут с прописной буквы в единственном числе, а подзаголовки граф – со строчной, если они составляют одно предложение с заголовком, и с прописной, если они имеют самостоятельное значение.

Формулы набираются с помощью редактора формул, формулы располагаются по центру, нумерация проставляется в круглых скобках в правом положении на строке. Латинские буквы набираются курсивом; русские, греческие буквы, цифры и химические символы, критерии подобия – прямым.

Пояснение значений символов и числовых коэффициентов, входящих в формулу или уравнение, приводится непосредственно под формулой или уравнением в той же последовательности, в которой они даны в формуле (уравнении). Значение каждого символа и числового коэффициента следует приводить с новой строки. Первую строку пояснения начинают со слова «где» без двоеточия.

В тексте пояснительной записки необходимо в квадратных скобках давать ссылки на источники. Библиографические ссылки в тексте пояснительной записки оформляются в соответствии с требованиями ГОСТ Р 7.0.5–2008.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Пушкарев А.Е.* Предотвращение возникновения нештатных ситуаций при эксплуатации объектов дорожной инфраструктуры – основа обеспечения транспортной безопасности / А.Е. Пушкарев, Ф.В. Молев, А.Г. Сергушев // Петербург предлагает. 2016. – №1(24). – С. 44-45.
2. *Попов В.Л.* Расчет крепи подготовительных выработок на ЭВМ. / В.Л. Попов, В.Н. Каретников, В.М. Еганов // М.: Недра, 1978. 230 с.
3. *Каретников В.Н.* Автоматизированный расчет и конструирование металлических крепей подготовительных выработок / В.Н. Каретников, В.Б. Клейменов, В.А. Бреднев // М.: Недра, 1984. 312 с.
4. *Ардашев К.А.* и др. Руководство по проектированию подземных горных выработок и расчету крепи/ ВНИМИ, ВНИИОМШС Минуглепрома СССР. М.: Стройиздат, 1983. 272 с.
5. *Головин К.А.* Современный подход к оценке несущей способности водопропускных труб в дорожных насыпях для повышения надежности конструкции и обеспечения безопасности движения / К.А. Головин, В.И. Сарычев, И.И. Воронцов // «Известия Тульского государственного университета», Серия «Науки о Земле», вып. 4., 2018. С. 152-162.
6. *Булычев Н.С.* Механика подземных сооружений: Учеб. для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Недра, 1994. 382 с.
7. *Пушкарев А.Е.* Тензометрические датчики для измерения деформации элементов горных выработок / А.Е. Пушкарев, Ф.В. Молев, Н.Е. Манвелова // Радиопромышленность. Том 4. М.: Изд-во НИИ «Электроника», 2016. С. 14 - 20.
8. *Пушкарев А.Е.* Принципы построения сенсорных сетей для геомеханического мониторинга / А.Е. Пушкарев, Ф.В. Молев, Н.Е. Манвелова // Радиопромышленность. Том 4. М.: Изд-во НИИ «Электроника», 2016. С. 6-13.
9. *Сарычев В.И.* Математическая модель и имитационное моделирование взаимодействия исполнительного органа прокалывающей установки с грунтовым массивом / В.И. Сарычев,

А.Е. Пушкарев, А.А. Рогачев, А.В. Пушенко // Горное оборудование и электромеханика. 2012. № 6. С. 33-39.

10. *Бобылев Л.М.* Оборудование для бестраншейной прокладки коммуникаций. / Л.М. Бобылев, А.Л. Бобылев // РОБТ № 1, 1996.

11. *Храменков С.В.* Бестраншейные методы восстановления водопроводных и водоотводных сетей. / С.В. Храменков, О.Г. Примин, В.А. Орлов // М.: ТИМР, 2000.

12. *Пушкарев А.Е.* Укрепление грунтовых массивов методом интенсивной низкотемпературной цементации. / А.Е. Пушкарев, В.И. Гуцул, В.В. Ананьев, Г.П. Шамин // Путь и путевое хозяйство. 2015. № 12. с. 13-14.

РЕКОМЕНДУЕМЫЙ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 27.002-2015 Надежность в технике (ССНТ). Термины и определения. официальное издание М.: Стандартиформ, 2016. 23с.

2. *Герике Б.Л., Хорешок А.А., Герике П.Б.* Диагностика горных машин и оборудованям: учеб. пособие [Электронный ресурс]: для студентов специальности 150402 «Горные машины и оборудование» очной формы обучения / Б.Л. Герике, П.Б. Герике. - Электрон. дан. - Кемерово: КузГТУ, 2012. – 310 с.

3. *Максаров, В.В.* Машины и оборудование [Электронный ресурс]: учебник / В. В. Максаров, А. В. Михайлов, С. Л. Иванов. - СПб. : Горн. ун-т, 2015. 385 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1. Общие сведения.....	4
2. Методика выполнения проекта.....	6
3. Задания на выполнение курсового проекта.....	11
4. Оформление проекта.....	12
5. Библиографический список.....	14
Рекомендуемый библиографический список.....	16
Приложения.....	18

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Исходные данные на выполнение курсового проекта

Типо-размер трубы: см. Форму СГМ-ЛНМК-03 (согласно варианту)
Глубина прокладки трубопровода, [м]: соответствует номеру варианта в журнале (если число двузначное, то сумме чисел- например 14 вариант это 1+4=5 м.)

Результаты измерения толщины: см. Форму СГМ-ЛНМК-03 (согласно варианту)

Вариант	Материал трубы	Вид транспорта при нагрузки на трубу (на поверхности)	Среда транспортирования
1.	Ст3-6сп	Думпкары 2BC-105	Весьма агрессивная
2.	10Г2	БелАЗ-75303	Сильно агрессивная
3.	08X18Н10Т	Думпкар BC-66	Агрессивная
4.	09Г2С	Думпкары 2BC-105	Умеренно агрессивная
5.	08X18Н12Т	Думпкар BC-66	Малоагрессивная
6.	15ХМ	Думпкары 2BC-105	Весьма агрессивная
7.	03X18Н11	БелАЗ-75483	Сильно агрессивная
8.	15Х5М	БелАЗ 7514-10	Агрессивная
9.	12X18Н12Т	БелАЗ-75483	Умеренно агрессивная
10.	12X1МФ	БелАЗ 7514-10	Малоагрессивная
11.	12X18Н10Т	БелАЗ-7521	Весьма агрессивная
12.	15ГС	БелАЗ-75303	Сильно агрессивная
13.	Ст3-6сп	Думпкар BC-66	Агрессивная
14.	17ГС	Думпкары 2BC-105	Умеренно агрессивная
15.	08X18Н10Т	Думпкар BC-66	Малоагрессивная
16.	12ГСБ	Думпкары 2BC-105	Весьма агрессивная
17.	Ст3-6сп	БелАЗ-75483	Сильно агрессивная
18.	10Г2	БелАЗ 7514-10	Агрессивная

Вариант	Материал трубы	Вид транспорта при нагрузки на трубу (на поверхности)	Среда транспортирования
19.	08X18H10T	БелАЗ-75483	Умеренно агрессивная
20.	09Г2С	БелАЗ-75303	Малоагрессивная
21.	08X18H12T	Думпкары ВС-66	Весьма агрессивная
22.	15ХМ	Думпкары 2ВС-105	Сильно агрессивная
23.	03X18H11	БелАЗ-75483	Агрессивная
24.	08X18H10T	Думпкары ВС-66	Агрессивная

Группы (виды)

Агрессивная среда называется коррозионно-активной средой. В зависимости от скорости коррозии эта среда делится на группы:

- ✓ **Весьма агрессивная** – при скорости коррозии более 10 мм/год;
- ✓ **Сильно агрессивная** – от 1 до 10 мм/год;
- ✓ **Агрессивная** – от 0,1 до 1,0 мм/год;
- ✓ **Умеренно агрессивная** – от 0,01 до 0,10 мм/год;
- ✓ **Малоагрессивная** – от 0,001 до 0,010 мм/год;
- ✓ **Неагрессивная** – менее 0,001 мм/год.

Исполнитель:
Цех №18



Форма: СГМ-ЛНМК-03

Заказчик: _ОТН_
Заключение № 9049
от 20.05.2015 г.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ

Типоразмер	Отбр. мм.	№ тчк.	Толщина, мм			Левая точка профиля
			Верхняя точка профиля	Правая точка профиля	Нижняя точка профиля	
3 12X18H10T	1,5	1	3,1	3	3,2	2,9
3 7x3 12X18H10T	1,5	2	4,5	4,8	5,5	4,9
3 7x3 12X18H10T	1,5	3	4,4	4,8	5,2	4,7
3 12X18H10T	1,5	4	3	3,2	3,1	3
3 7x3 12X18H10T	1,5	5	4,6	4,3	4,7	5
3 12X18H10T	1,5	6	3,1	3	3,3	3
3 7x3 12X18H10T	1,5	7	4,5	4,4	4,6	4,9
3 12X18H10T	1,5	8	3	3,1	3,1	3,1
3 7x3 12X18H10T	1,5	9	4,7	4,6	5,2	4,5
3 12X18H10T	1,5	10	3	3	3	3,2
3 7x3 12X18H10T	1,5	11	4,5	4,7	4,9	5
3 12X18H10T	1,5	12	3	3,2	3	3,1
3 7x3 12X18H10T	1,5	13	4,5	4,4	4,6	4,9
2 шт. 89x6 57x5 12X18H10T	2	14	5,7	5,7	5,5	5,1
59x6 12X18H10T	2,5	15	6,6	6,9	7,8	7,2
6 12X18H10T	2,5	16	6,2	5,8	6,4	5,9
59x6 12X18H10T	2,5	17	5,4	6,1	6,2	6,6
3 12X18H10T	1,5	18	2,8	2,9	3,1	3,2
3 7x3 12X18H10T	1,5	19	4,6	4,8	5,2	4,9
3 7x3 12X18H10T	1,5	20	4,6	4,9	5,3	4,8
3 12X18H10T	1,5	21	3,1	3	3,1	2,8
3 7x3 12X18H10T	1,5	22	4,5	4,7	4,9	5,2
3 12X18H10T	1,5	23	3,1	2,9	3	3
3 7x3 12X18H10T	1,5	24	4,4	4,5	4,7	5

ОСНОВЫ ДИАГНОСТИКИ И МОНИТОРИНГА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГОРНО-ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН

*Методические указания по курсовому проектированию
для студентов специальности 21.05.04*

Сост.: А.Е. Пушкарев, П.Н. Махараткин

Печатается с оригинал-макета, подготовленного кафедрой
транспортных технологических процессов и машин

Ответственный за выпуск *А.Е. Пушкарев*

Лицензия ИД № 06517 от 09.01.2002

Подписано к печати 09.03.2021. Формат 60×84/16.
Усл. печ. л. 1,0. Усл.кр.-отт. 1,0. Уч.-изд.л. 0,9. Тираж 75 экз. Заказ 167.

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