

**НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ СЕТЕВОЙ  
ЭЛЕКТРОННЫЙ ЖУРНАЛ**



**СИБАДИ®**



**№ 4 (20) 2019**

**ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ  
СТРОИТЕЛЬСТВА**

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет  
(СибАДИ)»

# **ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА**

Журнал учрежден ФГБОУ ВО «СибАДИ» в 2014 г.  
Зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи,  
информационных технологий и массовых коммуникаций  
(Роскомнадзор)

Эл. № ФС77- 70353 от 13 июля 2017 г.

Периодичность 4 номера в год.

Предназначен для информирования научной общественности  
о новых научных результатах, инновационных разработках  
профессорско-преподавательского состава, докторантов,  
аспирантов и студентов, а также ученых других вузов.

Выпуск 4 (20)

декабрь 2019 г.

Дата опубликования: 24.12.2019.

© ФГБОУ ВО «СибАДИ», 2019

## ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ)»  
Техника и технологии строительства

<http://ttc.sibadi.org/>

Научно-практический сетевой электронный журнал. Издаётся с 2015 г., Выходит 4 раз в год № 4 (20) дата выхода в свет 24.12.2019

*Главный редактор Жигadlo А.П.*, д-р пед. наук, канд. техн. наук, доц., ректор ФГБОУ ВО «СибАДИ».  
*Зам. главного редактора Корчагин П.А.*, д-р техн. наук, проф., проректор по научной работе ФГБОУ ВО «СибАДИ».

*Editor-in-Chief – Zhigadlo A.P.*, doctor of pedagogical sciences, candidate of technical sciences, associate professor, rector, FSBEI HE «SibADI».

*Deputy editor-in-chief – Korchagin P.A.*, doctor of technical sciences, professor, pro-rector for scientific research FSBEI HE «SibADI»

### **Редакционная коллегия:**

**Глотов Б.Н.**, д-р техн. наук, профессор Карагандинского государственного технического университета, Республика Казахстан, г. Караганда.

**Ефименко В.Н.**, доктор технических наук, декан факультета «Дорожное строительство», зав. кафедрой «Автомобильные дороги» ФГБОУ ВО «Томский государственный архитектурно-строительный университет», г. Томск.

**Жусупбеков А.Ж.**, Вице – Президент ISSMGE по Азии, Президент Казахстанской геотехнической ассоциации, почетный строитель Республики Казахстан, директор геотехнического института, заведующий кафедрой «Строительства» ЕНУ им Л.Н. Гумилева, член-корреспондент Национальной Инженерной Академии Республики Казахстан, д-р техн. наук, профессор, г. Астана, Казахстан.

**Исаков А.Л.**, доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет путей сообщения (СГУПС)», г. Новосибирск.

**Карпов В.В.**, д-р экон. наук, проф., Председатель ОНЦ СО РАН, г. Омск.

**Лис Виктор**, канд. техн. наук, инженер - конструктор специальных кранов фирмы Либхерр - верк Биберах ГмбХ (Viktor Lis Dr-Ing. (WAK), Libherr-Werk Biberach GmbH), Mittelbiberach, Германия.

**Матвеев С.А.**, д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «СибАДИ», г. Омск.

**Миллер А.Е.** д-р экон. наук, профессор ОмГУ им. Ф.М. Достоевского, г. Омск.

**Мочалин С.М.**, д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «СибАДИ», г. Омск.

**Насковец М.Т.**, канд., техн., наук, УО «Белорусский государственный технологический университет», Республика Беларусь, г. Минск.

**Псаризнос Бэзил**, доктора инженерных наук, профессор Национального технического университета, г. Афины, Греция.

**Щербаков В.С.**, д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «СибАДИ».

### **Members of the editorial board:**

**Glotov B.N.**, doctor of technical sciences, professor, Karaganda State Technical University, Karaganda, Kazakhstan.

**Efimenko V. N.**, doctor of technical sciences, dean of faculty «Road construction», department chair «Highways», Tomsk State University of Architecture and Building, Tomsk.

**Zhusupbekov A.Z.**, Vice - President of ISSMGE in Asia, President of Kazakhstan Geotechnical Association, honorary builder of the Republic of Kazakhstan, director of the Geotechnical Institute, head of the department "Construction" of L.N. Gumilyov Eurasian National University, corresponding member of the National Academy of Engineering of the Republic of Kazakhstan, doctor of technical sciences, professor, Astana, Kazakhstan.

**Isakov A.L.**, doctor of technical sciences, professor, Siberian State University of Means of Communication (SSUMC), Novosibirsk.

**Karpov V.V.**, doctor of Economics, professor, the chairman of the Omsk scientific center of The Russian Academy of Sciences' Siberian branch.

**Lis Victor**, candidate of technical sciences, design-engineer of special cranes of Liebherr - Werk Biberach GmbH (Viktor Lis Dr-Ing. (WAK), Libherr-Werk Biberach GmbH), Mittelbiberach, Germany.

**Matveev S.A.**, doctor of technical sciences, professor, FSBEI HE «SibADI», Omsk.

**Miller A.E.**, doctor of economic sciences, professor OMGU of F.M. Dostoyevsky, Omsk.

**Mochalin S.M.**, doctor of technical sciences, professor, FSBEI HE «SibADI», Omsk.

**Naskovets M.T.**, candidate of the technical science, YO «Belarusian State Technological University», Minsk, Belarus.

**Psarianos Basil**, Dr-Ing., professor Natl Technical University, Athens, Greece.

**Shcherbakov V.S.**, doctor of technical sciences, professor, FSBEI HE «SibADI», Omsk.

Учредитель ФГБОУ ВО «СибАДИ».

**Адрес учредителя:** 644080, г. Омск, пр. Мира 5

Свидетельство о регистрации ЭЛ № ФС77-70353 от 13 июля 2017 г. выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор). С 2015 года представлен в Научной Электронной Библиотеке [eLIBRARY.RU](http://elibrary.ru) и включен в **Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)**.

**Редакционная коллегия** осуществляет экспертную оценку, рецензирование и проверку статей на плагиат.

**Редактор Куприна Т.В.**

**Адрес редакции журнала** 644080, г. Омск, пр. Мира, 5

Тел. (3812) 65-88-30. e-mail: [ttc.sibadi@yandex.ru](mailto:ttc.sibadi@yandex.ru)

Публикация статей произведена с оригиналов, подготовленных авторами  
© ФГБОУ ВО «СибАДИ», 2019



## СОДЕРЖАНИЕ

### РАЗДЕЛ I НАЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ

<b>М.Е. Старикова</b> Диагностика гидропривода	4
---	---

### РАЗДЕЛ II СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

<b>В.В. Дубков, Ю.П. Иванова</b> Повышение эффективности уплотнения несвязных дорожно-строительных материалов	8
<b>В.В. Дубков, С.А. Сокирко</b> Определение параметров пневмошинного катка с осцилляторным-вибрационным механизмом	15
<b>Ш.К. Мукушев, О.С. Миклухина, Д.А. Гамалий, А.А. Байбисенова</b> Гидрообъемное рулевое управление с замкнутой циркуляцией потока рабочей жидкости	22
<b>Ш.К. Мукушев, О.С. Миклухина, Д.А. Гамалий, А.А. Байбисенова</b> Машина для безогневой резки труб нефтегазопровода	29

### РАЗДЕЛ III ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА

<b>М.В. Захаренко, В.Н. Шипилин, Е.В. Чекмарева, Т.В. Чекмарева</b> Молниезащита культовых сооружений и памятников архитектуры	37
<b>Я.Д. Котова, С.М. Аксенова</b> Расчетно-конструктивное решение строительства гостиницы с рамно-металлическим каркасом	46
<b>Я.Д. Котова, С.М. Аксенова</b> Строительство гостиницы	62
<b>Е.В. Чекмарева, Т.В. Чекмарева, М.В. Захаренко</b> Эскизные проектные предложения городских часов для Новокузнецка	68



## ДИАГНОСТИКА ГИДРОПРИВОДА

**М.Е. Старикова**

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ)», Омск, Россия*

**Аннотация.** В статье рассмотрены современные способы и методы диагностики гидропривода, для сохранения машин в работоспособном состоянии, а также их достоинства и недостатки. Приведены основные виды отказа элементов гидропривода. Выявлены особенности механизмов в агрегатах, причинами которых становятся отказы, методы прогнозирования остаточного ресурса наработки гидроагрегатов и последующие действия после выявления проблем.

**Ключевые слова:** гидропривод, диагностирование, методы, гидрооборудование, гидросистема, насосы, износ, ресурс.

### **Введение**

В различных отраслях, с ростом эксплуатации сложных систем гидравлических приводов, которые в свою очередь применяются в качестве исполнительных органов систем управления, автоматизации производственных процессов, и приводов рабочих машин, ставят весомую оценку технического состояния. Наибольшая эффективность в использовании подобного оборудования обуславливается на сегодняшний день современными методами и средствами по диагностике гидроприводов. Подобные проверки служат для сохранения машин в работоспособном состоянии, а также его исправности. Так как в ходе эксплуатации машин с наличием гидропривода, их технические рабочие параметры могут меняться, начиная с номинального до предельного значения. Такие значения зависят от воздействия разного рода факторов как конструктивно – технологических, так и эксплуатационных. Вовремя устранить непредвиденный отказ, определить форму и расположение неисправности, которая возможно несёт довольно незаметный и вовсе скрытый характер, позволяют средства технической диагностики. Они помогут не допустить выход из рабочего строя гидрооборудования и дальнейший ремонт. Помимо того, такие средства, являются более уместными, так как с их использованием уходит потребность в ликвидации отказа через замену повреждённого гидрооборудования.

### **Основная часть**

Основными задачами в которых происходит стремление техническое диагностирование, это [1]: увеличение надёжности, и в том числе факторов влияющих на неё; сокращение затрат относящиеся к эксплуатации.

На данный момент при необходимости диагностирования гидропривода машин интенсивно применяют методы, разделяющиеся на два класса. Первый класс – методы контроля технического состояния гидропривода, Второй класс – статические методы распознавания технического состояния гидроприводов. Существует достаточно большое количество методов диагностирования, на (Рис.1) [2], приведена классификация основных методов.

# НАЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ

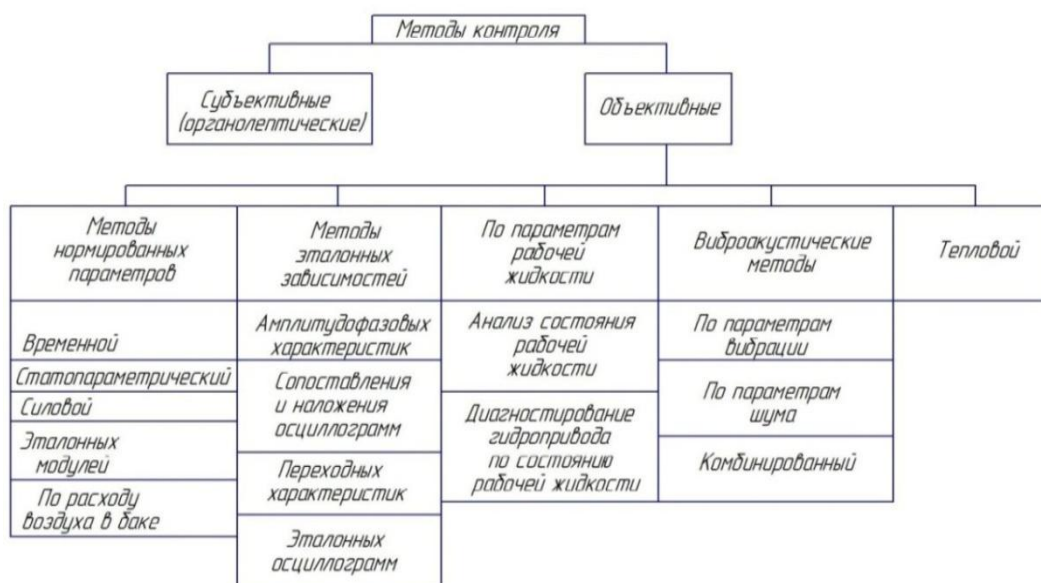


Рисунок 1 – Методы диагностирования

Субъективные (органолептические) методы – организованы на восприятии процессов, носящие индивидуальный характер. Они осуществляются в приводе, и не предполагают измерения параметров функционирования систем. В таком случае, анализ технического состояния осуществляется: визуальным осмотром; прослушиванием; на ощупь, а так же по запаху и т.д. Таким образом, можно определить следующие признаки: степень нагрева механизмов; степень нагрева трубопроводов; характер шумов и стуков; расположение мест подтекания масла; окрас масляного пятна, наносимого на фильтрованную бумагу; вспенивание жидкости и т.д. Вследствие этого, по выявленным признакам составляют схемы обнаружения неисправностей. Такие результаты диагностики, использующие субъективные методы, позволяют определить само состояние гидропривода, а также отдельных агрегатов. Подобный метод имеет ряд достоинств, к ним относятся: низкая трудоёмкость, отсутствие потребности средств измерения. К недостаткам относятся: наличие высокой погрешности; отсутствие возможности предсказать и предотвратить неисправность.

Объективные методы – опираются, на применение приборов измерения, и дают возможность измерять параметры технического состояния приводов. Определив предельные и допустимые значения, можно спрогнозировать потери функционирования определённых узлов или гидропривода в целом.

Одним в числе высокоперспективных направлений по диагностике гидравлических приводов, является анализ технического состояния в области рабочей жидкости [3]. Более эффективным для проб рабочей жидкости является спектральный анализ, так как взятая проба сжигается в электрической дуге между графитовыми электродами, далее возникающие излучение после обработки определёнными устройствами сообщает информацию о наличии в пробе продуктов изнашивания и прочих примесей. Постоянное применение спектрального анализа даёт возможность определить текущее техническое состояние агрегатов, это ведёт к сокращению стоимости технического обслуживания и плановых ремонтов, а также предупреждению аварий и повышению эффективности эксплуатации.

Различают два вида неисправностей в гидравлических системах, внезапные и постепенные [4]. Внезапные отказы – предполагают резкие изменения основных параметров устройства от одного, до нескольких сразу. При возникновении внезапных отказов гидросистема теряет всякую способность к нормальной работе, и вовсе выходит из строя. Постепенные отказы – отказы, которые протекают медленно и постепенно. Происходит ухудшение от одного, до нескольких основных параметров устройства. Такие отказы приводят к постепенной потере работоспособности. В таком случае гидросистема всё ещё может функционировать, но уже менее эффективно с каждым разом. Снижение функционала гидросистемы приведёт к

снижению производительности, нерациональным затратам энергии, загрязнению окружающей среды. Причины возникновения внезапных и постепенных отказов различны, и поэтому имеют свои определённые способы их устранения.

Как показывает практика, при диагностировании систем объёмных гидроприводов основными агрегатами, в которых происходят отказы, являются насосы, гидромоторы, гидрораспределители, гидроцилиндры, перепускные и предохранительные клапаны.

В Аксиально-поршневых насосах основная часть отказов приходится на качающий узел. Вследствие этого, появляются неисправности насосов из-за износа поверхностей сопряжения шатунов с валом и поршнями, поршней с блоком, а блока с распределителем, а также подшипников. В результате изношенности этих деталей повышается динамическая нагрузка на вал и поршень, что приводит к неизбежной поломки насоса [5].

Шестерённые насосы – имеют низкую долговечность. В основном имеют такие неисправности, как износ торцевых поверхностей сопряжения опорных втулок с шестернями, износ шестерен и шеек вала, износ и потеря эластичности резиновых уплотнений, а также разрыв корпуса, что считается более редким случаем. Отсюда исходит такое явление, как снижение объёмного КПД из-за износа поверхностей сопряжений насосов, что понижает эффективность эксплуатации насосов.

Гидрораспределители - в эксплуатации наиболее распространены моноблочные и секционные золотниковые гидрораспределители. В данных системах основными отказами является, регулировка клапанов, износ трущихся поверхностей золотников, клапанов и корпусов. По этим причинам возрастают перетечки и наружные утечки рабочей жидкости, из этого следует снижение объёмного КПД.

Гидроцилиндры – в категорию неисправности силовых гидроцилиндров входят: износ резиновых уплотнений поршня и грязесъёмника, погнутость штока, износ и деформация тела цилиндра, а также наружной поверхности поршня.

В силу применения методов диагностики, важной задачей является прогноз остаточного ресурса гидропривода и отдельных его узлов. В прогнозировании остаточного ресурса в первую очередь попадают узлы, изменение диагностических параметров. Надо полагать, что прогнозирование остаточного ресурса может быть коротким и определить гарантированный ресурс до следующего диагностирования, ближайшего ремонта, технического обслуживания. Также прогнозирование остаточного ресурса может быть долгосрочным, который определяет гарантированный ресурс до замены узла или вовсе капитального ремонта машины. Такое прогнозирование гидропривода может быть исполнено только при условии, что известны модель изменения диагностических параметров с учётом наработки, предельные значения и результаты измерений диагностических параметров на текущий момент.

### **Заключение**

В целом можно говорить, что современный мир наполнен всеми видами информирования и оснащён новейшими приборами для регулирования, наладки и проведения качественной оценки диагностики по неисправностям гидромашин. И даже в условиях ограниченного ресурса информации можно провести техническую диагностику и определить проблему. Состояние гидроприводов представляется пакетом определённых параметров и признаков, что позволяет поставить диагноз, если машина не исправна.

### **Библиографический список**

1. Биргер И.А. Техническая диагностика. М.: Машиностроение, 1978. 240 с.
2. Богдан Н.В., Шилевич М.И., Красневский Л.Г. Техническая диагностика гидросистем: монография. Минск: Научное издание НИРУП, 2000. 120 с.
3. Техническая диагностика гидравлических приводов / Т.В. Алексеева, В.Д. Бабьянская, Т.М. Башта, В.И. Загребельный, Г.И. Зайончиковский, С.В. Колосов. М.: Машиностроение, 1989. 264 с.
4. Харзов А.М. Техническая диагностика гидроприводов машин: монография. М.: Машиностроение, 1979. 112 с.
5. Васильченко В.А. Гидравлическое оборудование мобильных машин: справочник. М.: Машиностроение, 1983. 271 с.



## DIAGNOSTICS OF THE HYDRAULIC DRIVE

**M. E. Starikova**

*Siberian State Automobile and Highway University (Sibadi), Omsk, Russia*

**Abstract.** *The article deals with modern methods and methods of diagnosis of hydraulic drive, to preserve the machines in working condition, as well as their advantages and disadvantages. The main types of failures of hydraulic drive elements are given. The features of mechanisms in aggregates, the causes of which are failures, are revealed, methods for predicting the residual operating life of hydraulic units and subsequent actions after identifying problems.*

**Keyword:** *hydraulic drive, diagnostics, methods, hydraulic equipment, hydraulic system, pumps, wear, resource.*

### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

**Старикова Марина Евгеньевна** (Россия, Омск) – студент группы НТК6-17Т2, ФГБОУ ВО «СибАДИ», (644080, г. Омск, проспект Мира, 5, e-mail: [marisha.kisa98@mail.ru](mailto:marisha.kisa98@mail.ru)).

### INFORMATION ABOUT AUTHORS

**Starikova Marina Evgenievna** (Russia, Omsk) – student of Ntkb-17T2 group, Siberian State Automobile and Highway University (Sibadi) (644080, Omsk, prospect Mira, 5, e-mail: [marisha.kisa98@mail.ru](mailto:marisha.kisa98@mail.ru)).

**Научный руководитель:** *Мукушев Ш.К., кандидат технических наук, доцент кафедры «Подъемно-транспортные, тяговые машины и гидропривод» ФГБОУ ВО «СибАДИ»*

УДК 625.76

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПЛОТНЕНИЯ НЕСВЯЗНЫХ ДОРОЖНО- СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

**В.В. Дубков, Ю.П. Иванова**

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет  
(СибАДИ)», Омск, Россия*

**Аннотация.** В данной статье рассмотрен осцилляторный механизм катка, состоящий из двух дебалансных валов. Определена зависимость угла равнодействующей силы от массы его боковых дебалансных валов, расстояния между осями дебалансных валов и частоты вращения. Рассмотрена конструкция кулачкового вальца катка с осцилляторным вибрационным механизмом (совместное действие крутильных колебаний и вертикальной статической нагрузки) и способствующая повышению производительности кулачкового катка за счет уменьшения количества проходов, требуемых для достижения нормативной плотности.

**Ключевые слова:** уплотнение дорожно-строительных материалов, осцилляторные, вибрационные катки, дебалансные валы, масса дебаланса, радиус дебаланса, кулачковые катки.

### **Введение**

Одним из главных факторов, который отвечают за надежность и долговечность дорожного основания является процесс уплотнения.

Процесс уплотнения является завершающим этапом формирования дорожного основания. В результате образуется структура, способная воспринимать транспортные нагрузки.

Уплотнение может производиться различными катками: статистического, вибрационного, комбинированного и осцилляторного действия [1]. Каждый вид катка для уплотнения имеет свои преимущества и недостатки. В статье рассмотрен механизм осцилляторного катка для уплотнения несвязных дорожно-строительных материалов.

Принцип работы осцилляторного катка состоит в уплотнении материала вращательными колебаниями вокруг собственной оси за счет повторяющихся реверсивных сдвиговых деформаций материала при одновременном и, что очень важно, постоянном действии вертикальной нагрузки от веса катка.

Рассмотрим валец осцилляторного катка, который состоит из двух дебалансных валов на рисунке 1. Два боковых дебаланса смещены от оси вращения вальца в противоположные стороны. Данная схема вибрационного механизма рассмотрена в работах [2, 3, 4].

Снижение энергоемкости уплотнения дорожно-строительных материалов и повышение эффективности работы вибрационного катка можно достичь за счет возможности изменения момента крутильных колебаний при изменении частоты вращения дебалансных валов вальца.

Это может быть достигнуто тем, что кулачковый валец дорожного катка снабжен двумя оппозитно расположенными дебалансными валами со смещенными на  $180^{\circ}$  эксцентриковыми массами.

Такая конструкция позволит изменять величину крутильных колебаний вибровозбудителя в процессе уплотнения грунтов.

При вращении дебалансные валы создают колебания, которые через валец передаются на уплотняемый материал, тем самым снижая внутреннее трение в материале и сцепление между его частицами, что снижает сопротивление материала уплотнению.

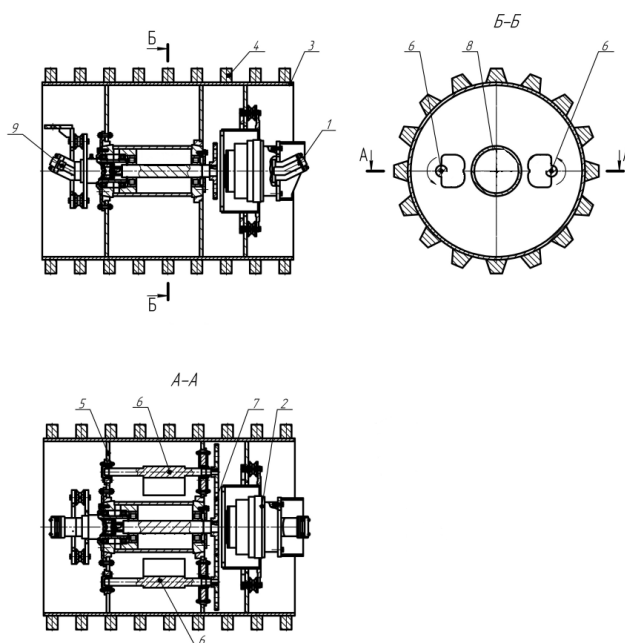


Рис. 1. Кулачковый валец с осцилляторным механизмом

На кулачковый валец катка установлен гидромотор 1, который посредством редуктора 2 соединен с ободом 3. На поверхности обода 3 установлены кулачки 4.

Внутри вальца расположены поперечные ребра 5, на которых установлены два дебалансных вала 6, оси которых равноудалены от оси вальца, а их эксцентрики смещены относительно друг друга на 180 град. Передача крутящего момента между дебалансными валами осуществляется через зубчатую передачу 9. Рабочий режим вибрационного механизма вальца осуществляется следующим образом. Во время рабочего хода катка гидромотор 8 через зубчатую передачу 9 приводит во вращение дебалансные валы 7 и 6. При этом ввиду того, что эксцентрики валов 6 смещены на 180°, на валец передаются крутильные колебания (осцилляции) (от вала 7).

Взаимное расположение вибровозбудителей вальца показаны на рисунке 2.

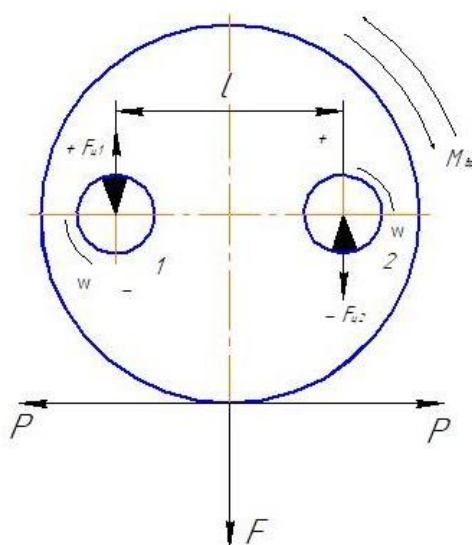


Рис. 2. Схема воздействия осцилляторного вальца катка на уплотняемый материал



Эффективность уплотнения материала вальцом осцилляторного катка будет зависеть от сцепления рабочего органа с уплотняемым материалом. То есть, должно выполняться условие, связанное с возможностью преодоления вальцом сопротивления материала сдвигу и с исключением или сведением к минимуму бесполезной его вращательной пробуксовки (проскальзывания), которая нежелательна из-за снижения уплотняющей эффективности и возможного износа его поверхности за счет абразивного истирания. Это условие выражается через моменты действующих сил на вальце относительно его оси рассмотрено в работах М.П. Костельова [5,6].

Данное условие выглядит так:

$$M_0 \cdot \sin \omega t \geq M_w \leq M_T, \quad (1)$$

где  $M_w$  – момент силы сопротивления материала сдвигу относительно оси вальца, Н·м

$M_T$  – момент силы трения относительно оси вальца, Н·м;

$M_0$  – момент, создаваемый боковыми дебалансами, Н·м.

Рассчитаем угол равнодействующей силы для катка ДУ-94 с бандажом кулачковым двухсекционным.

Момент силы сопротивления материала сдвигу относительно оси вальца приравнивается к моменту силы сцепления вальца с уплотняемым материалом, который можно найти по следующей формуле:

$$M_{сц} = T_{сц} \cdot R, \quad (2)$$

где  $T_{сц}$  – сила сцепления материала с рабочим органом катка, Н;

$R$  – радиус вальца, м;  $R = 0,8$  м.

Силу сцепления вальца с уплотняющей поверхностью найдем по формуле:

$$T_{сц} = Q_{сц} \cdot \varphi_{сц}, \quad (3)$$

где  $Q_{сц}$  – сцепной вес катка, то есть сила тяжести, приходящаяся на ведущие вальцы катка, Н;

$\varphi_{сц}$  – коэффициент сцепления вальца с материалом уплотняемой поверхности?  $\varphi_{сц} = 0,5$ ; [6].

Сцепной вес зависит от технических параметров катка и определяется выражением:

$$Q_{сц} = m_{в.в} \cdot g, \quad (4)$$

где  $m_{в.в}$  – масса катка, приходящаяся на ведущий валец, кг;  $m_{в.в} = 4200$  кг.

$g$  – ускорение свободного падения,  $g = 9,81$  м/с<sup>2</sup>.

Используя формулы (1-4), запишем формулу для определения момента силы сцепления вальца с уплотняемой поверхностью:

$$M_{сц} = m_{в.в} \cdot g \cdot \varphi_{сц} \cdot R, \quad (5)$$

Момент крутильных колебаний от двух дебалансных валов равен:

$$M_{вп} = P \cdot l, \quad (6)$$

где  $l$  – расстояние между осями дебалансных валов, м;  $l = 0,75$  м;

$P$  – возмущающая сила, создаваемая боковым дебалансным валом, Н.

Возмущающая сила, создаваемая боковым дебалансным валом, зависит от геометрических размеров и массы дебаланса и угловой скорости вращения вала. Определяется она по формуле:

$$P = m_6 \cdot r_6 \cdot \omega_6^2 \cdot \sin \omega t, \quad (7)$$

где  $m_6$  – масса бокового дебаланса, кг;

$r_6$  - радиус бокового дебаланса, м,  $r_6 = 0,06$  м;

$\omega$  - угловая скорость бокового дебаланса, об/мин.

Угловая скорость связана с частотой колебаний через следующую зависимость:

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30}, \quad (8)$$

где  $n$  - частота вращения, об/мин,  $n = 2400$  об/мин.

$$\omega = \frac{3,14 \cdot 2400}{30} = 251,2 \text{ с}^{-1}$$

Используя формулы (6-8) запишем окончательную формулу определения крутящего момента создаваемого дебалансными валами катка:

$$M_{вр} = m_6 \cdot r_6 \cdot \omega_6^2 \cdot l \cdot \sin \omega t, \quad (9)$$

Запишем условие (1) таким образом:

$$M_{вр} \geq M_{сц}.$$

Далее приравняем правые части уравнений (5) и (9):

$$m_{в.в} \cdot g \cdot \varphi_{сц} \cdot R = m_6 \cdot r_6 \cdot \omega_6^2 \cdot l \cdot \sin \omega t$$

Таким же образом получим выражения для определения массы дебалансов боковых валов, при известных параметрах и радиуса дебалансов боковых валов:

$$m_6 = \frac{m_{в.в} \cdot g \cdot \varphi_{сц} \cdot R}{r_6 \cdot \omega_6^2 \cdot l \cdot \sin \omega t}, \quad (10)$$

$$m_6 = \frac{4200 \cdot 9,81 \cdot 0,5 \cdot 0,8}{0,06 \cdot 251,2^2 \cdot 0,75 \cdot \sin 251,2 \cdot 1} = 6,13 \text{ кг}$$

Полученная расчетная формула показывает зависимость массы боковых дебалансов от массы вальца, частоты вращения боковых дебалансных валов, вертикальной силы действующей на валец и расстояния между осями дебалансных валов.

Далее рассчитываем суммарную равнодействующую силу  $F^E$ :

$$F^E = Q_{сц} + P \quad (11)$$

$$F = Q_{сц} = 4200 \cdot 9,81 = 41202 \text{ Н}$$

$$P = \frac{6,13 \cdot 0,06 \cdot 251,2^2 \cdot \sin 90}{0,75} = 30944,95 \text{ Н}$$

$$F^E = \sqrt{41202^2 + (30944,95)^2} = 51528,58 \text{ Н}$$

Определяем угол равнодействующей силы  $F^E$  по формуле:

$$\sin \alpha = \frac{P}{F^E} \quad (12)$$

Нормативное значение угла внутреннего трения для супеси  $\alpha = 20 \dots 25^\circ$  [7].

$$\sin \alpha = \frac{30944,95}{51528,58} = 0,6$$
$$\alpha = 36,9^\circ$$

Рассмотрим зависимости угла равнодействующей силы от частоты вращения, расстояния между осями боковых дебалансов и массы боковых дебалансов.



Рис. 3. Зависимость значения угла равнодействующей силы от частоты вращения

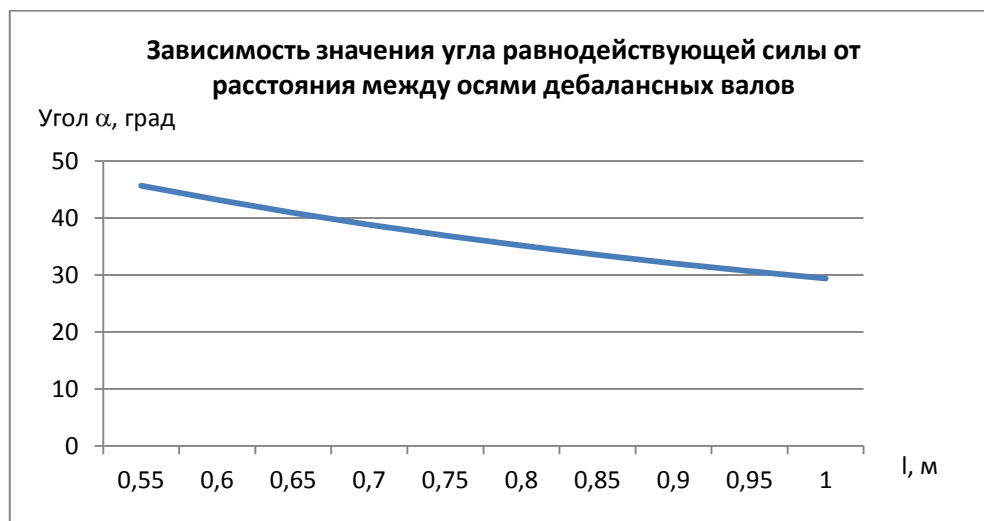


Рис. 4. Зависимость значения угла равнодействующей силы от расстояния между осями дебалансных валов



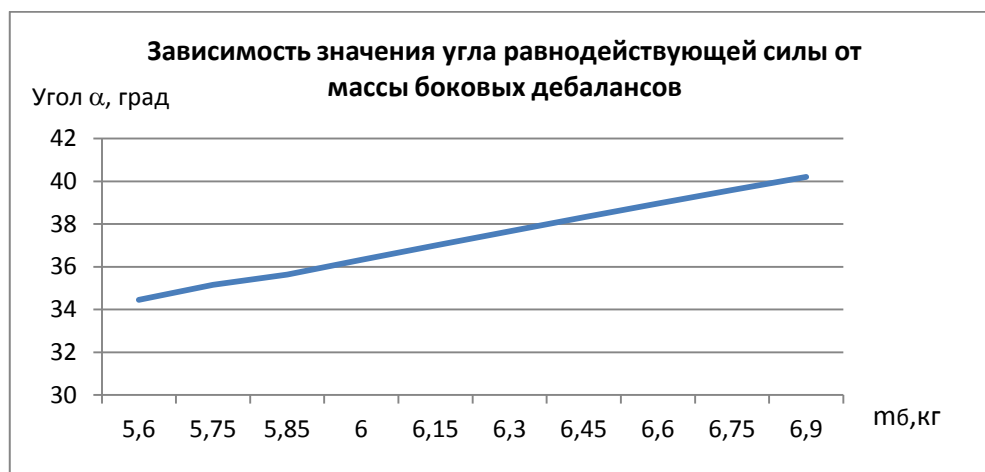


Рис. 5. Зависимость значения угла равнодействующей силы от массы дебалансов

Из полученных зависимостей можно сделать вывод, что наибольшее влияние на угол равнодействующей силы оказывает частота вращения. При увеличении частоты вращения и массы боковых дебалансов угол равнодействующей силы увеличивается, а при увеличении расстояния между ними – уменьшается.

### Заключение

Полученные расчетные формулы показывают зависимость радиуса и массы боковых дебалансов в зависимости от массы вальца, частоты вращения боковых дебалансных валов, вертикальной силы действующей на валец и расстояния между осями дебалансных валов.

Конструкция кулачкового вальца катка проявляет в себе положительные качества осцилляторных (совместное действие крутильных колебаний и статической нагрузки). Указанные качества способствуют повышению производительности кулачкового катка за счет уменьшения количества проходов, требуемых для достижения нормативной плотности.

### Библиографический список

1. Форсблад Л. Вибрационное уплотнение грунтов и оснований / Л. Форсблад; пер. с англ. И. В. Гагариной. М.: Транспорт, 1987. 188 с.
2. Дубков В.В., Медведева К.А. Повышение эффективности уплотнения дорожно-строительных материалов осцилляторно-вибрационным катком // Техника и технологии строительства. 2015. Т. 1. С. 49-53.
3. Пат. 2079610 РФ. МПК6 E 02 F 5/12, E 01 C 19/28. Самоходный вибрационный каток с возбудителем комбинированного действия / М.Р. Буренюк, О.М. Карпов, А.А. Цуканов, В.Н. Григорук; Московское высшее военное дорожное инженерное училище. № 94033300/03; заявл. 14.09.1994; опубл. 20.05.1997. Бюл. №14.
4. Пат. 121261 РФ. МПК E 01 C 19/28. Валец дорожного катка комбинированного действия /В.В. Дубков, В.С. Серебренников; СибАДИ. № 2012123883/03; заявл. 08.06.2012; опубл. 20.10.2012.
5. Костельов М.П. Новый способ уплотнения дорожно-строительных материалов // Автомобильные дороги. 1991. №6. С.13-15.
6. Костельов, М. П. Уплотнению асфальтобетона требуется обновленное поколение дорожных катков // Каталог-справочник «Дорожная техника и технология». 2003. С. 12–22.
7. ГОСТ 30416-2012. Лабораторные испытания. Общие положения. М.: Стандартиформ, 2018.

### IMPROVING THE EFFICIENCY OF SEALING NON-CONNECTIVE ROAD CONSTRUCTION MATERIALS

V.V. Dubkov, J.P. Ivanova

Siberian State Automobile and Highway University (Sibadi), Omsk, Russia

**Abstract.** *This article discusses the oscillatory mechanism of the roller, consisting of two unbalanced shafts. The dependence of the angle of the resultant force on the mass of its lateral unbalanced shafts, the distance between the axes of the unbalanced shafts and the rotational speed is determined. The design of the cam roller of the roller with an oscillatory vibration mechanism (the combined action of torsional vibrations and vertical static load) is considered and contributing to an increase in the performance of the cam roller by reducing the number of passes required to achieve the normative density.*

**Keywords:** *compaction of road-building materials, oscillatory, vibration rollers, unbalanced shafts, unbalance mass, unbalance radius, cam rollers.*

### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Дубков Валерий Витальевич** (Россия, г. Омск) – кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, д. 5, email: [dubkovvv.74@mail.ru](mailto:dubkovvv.74@mail.ru))

**Иванова Юлия Петровна** (Россия, г. Омск) – магистрант ФГБОУ ВО «СибАДИ», гр. ЭТКМ-19МА2 (644080, г. Омск, пр. Мира, д. 5, email: [ju\\_ivanova98@mail.ru](mailto:ju_ivanova98@mail.ru))

### INFORMATION ABOUT AUTHORS

**Dubkov Valery Vitalievich** (Omsk, Russian Federation) candidate of technical Sciences, associate Professor Siberian State Automobile and Highway University (SibADI) (644080, Mira, 5 prospect, Omsk, Russian Federation., e-mail: [dubkovvv.74@mail.ru](mailto:dubkovvv.74@mail.ru)).

**Ivanova Julia Petrovna** (Omsk, Russian Federation) – undergraduate Siberian State Automobile and Highway University (SibADI) (644080, Mira, 5 prospect, Omsk, Russian Federation., e-mail: [ju\\_ivanova98@mail.ru](mailto:ju_ivanova98@mail.ru)).

УДК 625.76

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПНЕВМОШИННОГО КАТКА С ОСЦИЛЛЯТОРНЫМ-ВИБРАЦИОННЫМ МЕХАНИЗМОМ

**В.В. Дубков, С.А. Сокирко**

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет  
(СибАДИ)», Омск, Россия*

**Аннотация.** В данной статье рассмотрен пневмошинный каток с осцилляторным вибрационным механизмом рассмотрены вопросы воздействия возмущающих сил на уплотняемый материал, создаваемых данными дебалансами осцилляторного механизма. Определены зависимости массы и радиуса дебалансных валов осцилляторного вибрационного механизма в зависимости от конструктивных параметров пневмошинного катка.

**Ключевые слова:** уплотнение дорожно-строительных материалов, осцилляторные, вибрационные катки, дебалансные валы, масса дебаланса, радиус дебаланса.

### **Введение**

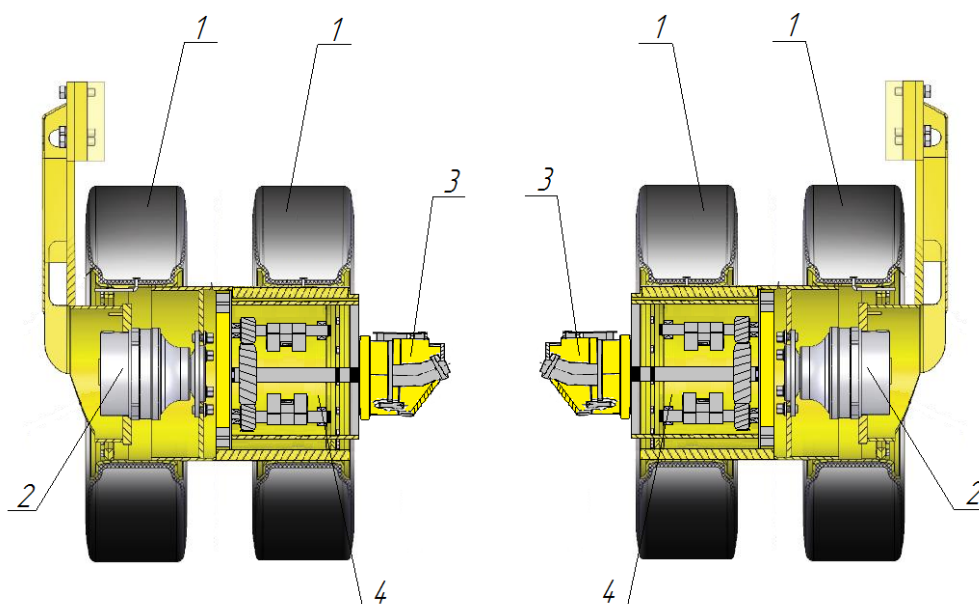
Одним из главных факторов надежности дорожного покрытия, в частности асфальтобетонного, является хорошее уплотнение материала, что является гарантией долговечности дороги. Для уплотнения применяются катки разного действия. Катки бывают статистического, вибрационного, вибрационно-статистического и осцилляторного действия.

У каждого из этих катков есть достоинства и недостатки при уплотнении дорожно-строительных материалов.

### **Расчет параметров осцилляторно-вибрационного катка.**

Рассмотрим пневмошинный каток в котором в ступицу колеса установлен осцилляторный вибрационный механизм (рис.1).





*Каток ДУ-98*

*1 - Пневмошина; 2 - Гидропривод; 3 - Гидромотор; 4 - Осцилляторный вибрационный редуктор*

*Рис.1 Рабочий орган пневмошинного катка с осцилляторным вибрационным механизмом  
Вибрационный механизм состоит из ведущего вала и двух ведомых вибрационных валов.  
Привод ведущего вала осуществляется от гидромотора (рис.1)*

Совместное воздействие на пневмошину двух возмущающих сил, возникающих при одновременном вращении двух валов с дебалансами, оказывает сминающее и сдвигающее воздействие на уплотняемый материал. Возникающие при этом вертикальные и сдвигающие деформации будут обеспечивать довольно высокую эффективность уплотнения при определенной частоте вращения вибрационных валов и их взаимном расположении [1, 2, 3].

Рассмотрим возмущающие силы, действующие на уплотняемый материал (рис.2).

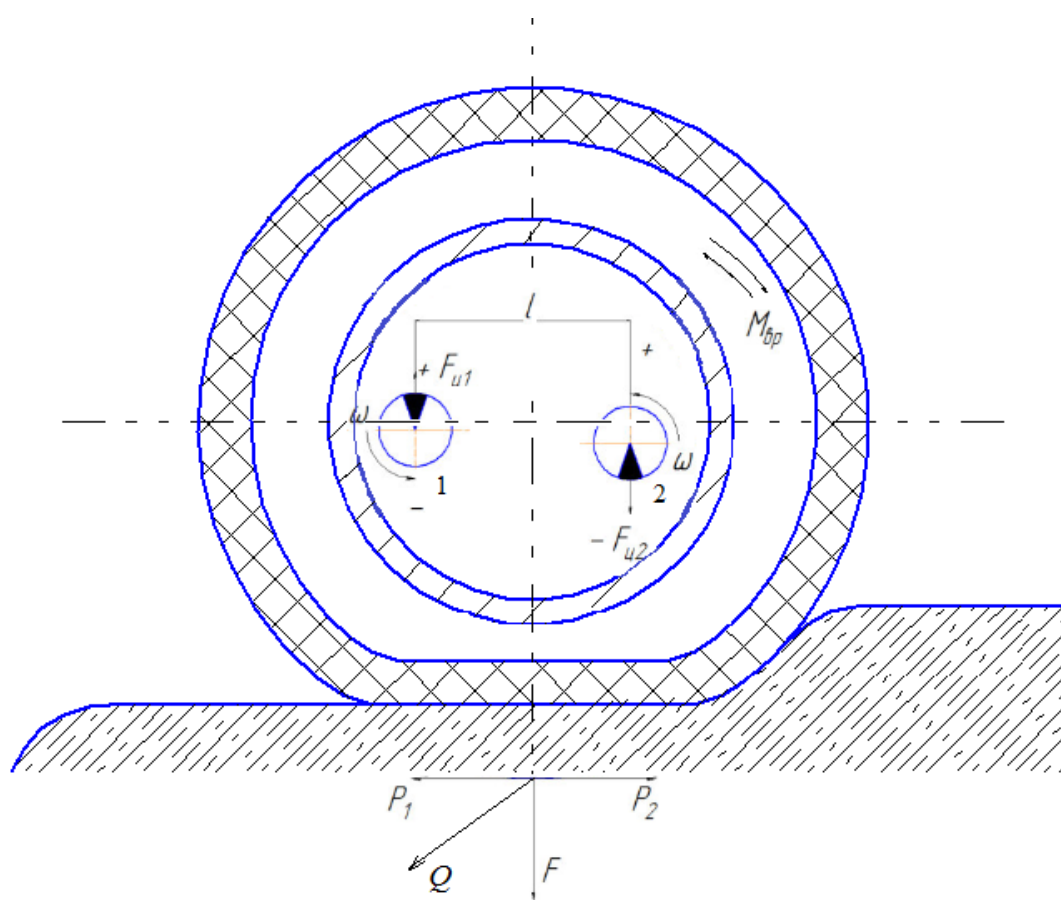


Рис. 2. Схема воздействия пневмошины с осцилляторным вибрационным механизмом на уплотняемый материал

Сила, которая создается дебалансами вибрационного механизма,  $Q$ , равна сумме горизонтальной силы  $P_1$  и вертикальной силы  $F$ , создаваемой статической нагрузкой от веса катка.

$$Q = P_1 + F, \quad (1)$$

Для наиболее эффективного уплотнения (с наименьшими затратами энергии) необходимо, чтобы результирующая сила  $Q$  была направлена к уплотняемому материалу под углом внутреннего трения материала.

Угол внутреннего трения – угол наклона прямолинейной части диаграммы сдвига асфальтобетона к оси нормальных давлений. Угол внутреннего трения является показателем сил трения в материале, возникающих при явлениях сдвига и оказывающих сопротивление сдвигу. На основании исследований Захаренко А.В. [4, 5, 6] были выявлены средние значения угла внутреннего трения для различных материалов. Таким образом, угол внутреннего трения для асфальтобетона по рекомендации [4] равен  $37...42^\circ$ . На рисунке 3 показан данный угол.

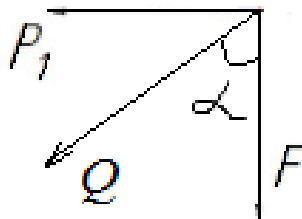


Рис. 3. Угол внутреннего трения

По правилам геометрии запишем следующие формулы, исходя из рисунка 3:

$$\sin \alpha = \frac{P_1}{Q} \text{ и } \cos \alpha = \frac{F}{Q}, \text{ откуда } \frac{P_1}{F} = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha},$$

Исходя из значений угла внутреннего трения, найдем соотношение сил  $P_1/F$

$$\frac{P_1}{F} = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = (0,75 \dots 0,90) \quad (2)$$

Из данного условия выразим вертикальную силу:  $F = P_1 / (0,75 \dots 0,90)$ .

Эффективность уплотнения материала шиной с осцилляторным вибрационным механизмом будет зависеть от сцепления шины с уплотняемым материалом. То есть, должно выполняться условие, связанное с возможностью преодоления шиной сопротивления материала сдвигу и с исключением или сведением к минимуму бесполезной его вращательной пробуксовки, которая нежелательна из-за снижения уплотняющей эффективности и возможной деформации уплотняемого асфальтобетонного покрытия. Это условие, которое выражается через моменты действующих сил на шину рассмотрено в работах М.П. Костельова [7, 8]. Данное условие выглядит следующим образом:

$$M_0 \cdot \sin \alpha \geq M_w \leq M_T, \quad (3)$$

где  $M_w$  – момент силы сопротивления материала сдвигу относительно оси шины, Н·м  
 $M_T$  – момент силы трения относительно оси шины, Н·м.

Момент силы сопротивления материала сдвигу относительно оси шины приравняем к моменту силы сцепления шины с уплотняемым материалом.

Момент силы сцепления шины с уплотняемым материалом можно найти по следующей формуле:

$$M_{cy} = T_{cy} \cdot R, \quad (4)$$

где  $T_{cy}$  – сила сцепления материала с рабочим органом катка, Н;  
 $R$  – радиус шины, м.

Силу сцепления шины с покрытием найдем по формуле:

$$T_{cy} = Q_{cy} \cdot \varphi_{cy}, \quad (5)$$

где  $Q_{cy}$  – сцепной вес катка, приходящийся на ведущие шины катка, кН;  
 $\varphi_{cy}$  – коэффициент сцепления шины с материалом уплотняемой поверхности, определяется экспериментальным путем.

Сцепной вес зависит от технических параметров катка и от вертикальной силы  $F$  и определяется выражением:

$$Q_{cy} = m_{в.в} \cdot g + F, \quad (6)$$

где  $m_{в.в}$  – масса катка, приходящаяся на ведущую шину катка, кг;  
 $g$  – ускорение свободного падения, равное  $9,81 \text{ м/с}^2$ .

Учитывая формулы (3-5), запишем окончательную формулу для определения момента силы сцепления вальца с поверхностью покрытия:

$$M_{cy} = (m_{в.в} \cdot g + F) \cdot \varphi_{cy} \cdot R, \quad (7)$$

Момент крутильных колебаний от двух дебалансных валов равен:

$$M_{сп} = P_0 \cdot l, \quad (8)$$

где  $l$  – расстояние между осями дебалансных валов, м.

$P_0$  – возмущающая сила, создаваемая дебалансными валами.

Возмущающая сила, создаваемая дебалансными валами, зависит от геометрических размеров и массы дебалансов и угловой скорости вращения дебалансных валов. Её определим по формуле:

$$P_0 = m_{\delta} \cdot r_{\delta} \cdot \omega^2, \quad (9)$$

где  $m_{\delta}$  – масса дебаланса, кг;

$r_{\delta}$  – радиус дебаланса, м;

$\omega$  – угловая скорость дебаланса, рад/с.

М.П. Костельов в статье [7] приводит значения частот крутильных колебаний, при которых идет наиболее эффективное уплотнение асфальтобетона. Данные частоты равны 60-80 Гц.

Угловая скорость связана с частотой колебаний через следующую зависимость:

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30}, \quad (10)$$

где  $n$  – частота вращения, об/мин.

Используя формулы (8-10) запишем формулу определения крутящего момента создаваемого дебалансными валами осцилляторного механизма:

$$M_{сп} = m_{\delta} \cdot r_{\delta} \cdot \omega^2 \cdot l, \quad (11)$$

Запишем условие (3) таким образом:

$$M_{сп} \sin \omega t \geq M_{cy}.$$

Далее приравняем правые части уравнений (7) и (11):

$$(m_{в.в} \cdot g + F) \cdot \varphi_{cy} \cdot R = m_{\delta} \cdot r_{\delta} \cdot \omega^2 \cdot l,$$

и теперь из полученного уравнения выразим радиус (12) и массу (13) боковых дебалансов катка:

$$r_{\delta} = \frac{(m_{в.в} \cdot g + F) \cdot \varphi_{cy} \cdot R}{m_{\delta} \cdot \omega^2 \cdot l}, \quad (12)$$

$$m_{\delta} = \frac{(m_{e.s} \cdot g + F) \cdot \varphi_{cy} \cdot R}{r_{\delta} \cdot \omega^2 \cdot l}, \quad (13)$$

Таким образом, данные расчетные формулы показывают зависимость радиуса и массы боковых дебалансов в зависимости от веса приходящегося на шины катка, частоты вращения боковых дебалансных валов, вертикальной статической силы действующей на шины и расстояния между осями дебалансных валов.

### Заключение

Полученные математические выражения (12) и (13) показывают зависимость массы и радиуса дебалансов осцилляторного вибрационного механизма от его конструктивных параметров и параметров пневмошинного катка.

### Библиографический список

1. Дубков В.В., Медведева К.А. Повышение эффективности уплотнения дорожно-строительных материалов осцилляторно-вибрационным катком // Техника и технологии строительства. 2015. Т. 1. С. 49-53.
2. Пат. 2079610 РФ, МПК<sup>6</sup> E 02 F 5/12, E 01 C 19/28. Самоходный вибрационный каток с возбудителем комбинированного действия / М. Р. Буренюк, О. М. Карпов, А. А. Цуканов, В. Н. Григорук; Московское высшее военное дорожное инженерное училище. - № 94033300/03 ; заявл. 14.09.1994 ; опубл. 20.05.1997, Бюл. №14. 4 с.
3. Пат. 121261 РФ, МПК E 01 C 19/28. Валец дорожного катка комбинированного действия / В. В. Дубков, В. С. Серебренников; СибАДИ. - № 2012123883/03 ; заявл. 08.06.2012 ; опубл. 20.10.2012, Бюл. № 29. 6 с.
4. Захаренко А. В. Теоретические и экспериментальные исследования процессов уплотнения катками грунтов и асфальтобетонных смесей: автореф. дис. ... д-ра техн. наук / А. В. Захаренко ; СибАДИ. Омск, 2005. 44 с.
5. Захаренко А.В. Определение коэффициента сцепления вальца дорожного катка с уплотняемым материалом // Строительные и дорожные машины. 2005. № 8. С. 30-31.
6. Захаренко А. В. Управление вектором силового воздействия вальца дорожного катка // Строительные и дорожные машины. 2005. № 4. С. 40-43.
7. Костельов М. П. Новый способ уплотнения дорожно-строительных материалов // Автомобильные дороги. 1991. № 6. С.13-15.
8. Костельов, М. П. Уплотнению асфальтобетона требуется обновленное поколение дорожных катков // Дорожная техника и технология: каталог-справочник. СПб.: Славутич, 2003. С. 12-22.

### DETERMINATION OF PARAMETERS OF PNEUMATIC BUS ROLLER WITH OSTSILLYATORNYM-VIBRATSIONNYM MECHANISM

V.V. Dubkov, S.A. Socirko

Siberian State Automobile and Highway University (Sibadi), Omsk, Russia

**Abstract.** In this article, the pneumatic tire roller with oscillating vibration mechanism is considered the issues of the action of perturbing forces on the compacted material created by these unbalances of oscillating mechanism. Relationships of mass and radius of unbalanced shafts of oscillating vibration mechanism are determined depending on design parameters of pneumatic tire roller.

**Keywords:** compaction of road-building materials, oscillating, vibrating rollers, unbalanced shafts, unbalance mass, unbalance radius.

### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Дубков Валерий Витальевич** (Россия, г. Омск) – кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, д.5., e-mail: [dubkovvv.74@mail.ru](mailto:dubkovvv.74@mail.ru)).

**Сокирко Сергей Андреевич** (Россия, г. Омск) – магистрант, группа ЭТКм18-МА2, ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, д.5., e-mail: [vip.sokirko@mail.ru](mailto:vip.sokirko@mail.ru)).

### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Dubkov Valery Vitalievich** (Omsk, Russian Federation) – candidate of technical Sciences, associate Professor Siberian State Automobile and Highway University (Sibadi) (644080, Mira, 5 prospect, Omsk, Russian Federation., e-mail: [dubkovvv.74@mail.ru](mailto:dubkovvv.74@mail.ru)).

**Sokirko Sergey Andreevich** (Russia, Omsk) – undergraduate, ETKm18-MA2 group, Siberian State Automobile and Highway University (Sibadi) (644080, Omsk, Mira ., 5 prospect, e-mail: [vip.sokirko@mail.ru](mailto:vip.sokirko@mail.ru)).



УДК 629.3.027.2:656.137

### ГИДРООБЪЕМНОЕ РУЛЕВОЕ УПРАВЛЕНИЕ С ЗАМКНУТОЙ ЦИРКУЛЯЦИЕЙ ПОТОКА РАБОЧЕЙ ЖИДКОСТИ

**Ш.К. Мукушев, О.С. Миклухина, Д.А. Гамалий, А.А. Байбисенова**

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ)», Омск, Россия*

**Аннотация.** Представлены общие сведения систем гидрообъемного рулевого управления. Приведены основные требования системы гидрообъемного рулевого управления, а так же показаны преимущества гидрообъемного рулевого управления перед гидромеханической системой. Показаны схемы гидрообъемного рулевого управления, запатентованные в СибАДИ. Рассмотрены основные параметры гидрообъемного рулевого управления. Предложено устройство, которое периодически позволит использовать энергию потока рабочей жидкости основного насоса рабочий гидросистемы.

**Ключевые слова:** гидрообъемное рулевое управление, насос, гидросистема, гидромашин, клапан подпитки, энергия потока рабочей жидкости.

#### Введение

Современное развитие машиностроения все большее внимание уделяет производству базовых машин на пневмоколесном ходу. Причина этого явления связана с тем, что применение на самоходных машинах в качестве движителя пневматических шин позволяет получить удачное сочетание качеств автономного быстроходного транспортного средства и высоких тягово-динамических возможностей, необходимых для выполнения технологических операций. Повышению качества управления способствует применение гидрообъемного рулевого управления (ГРУ), как наиболее перспективной системы рулевого управления для колесных ДСМ. Обладая высокими компоновочными свойствами, широким диапазоном варьирования выходной мощности, возможностью унификации, плавностью изменения передаточных отношений ГРУ нашло широкое применение в создании пневмоколесных машин.

Основным отличием ГРУ от гидромеханического привода является использование в ней вместо механической обратной связи между управляющим устройством и исполнительным гидроцилиндром специального управляющего узла – насоса-дозатора 5. Насос-дозатор 5 состоит из гидравлического распределителя 4 и дозирующей гидромашин, через которую рабочая жидкость поступает в гидроцилиндр 2.

Скорость вращения ротора гидромашин за счет механической обратной связи 6 с золотником распределителя всегда соответствует скорости вращения входного вала. Таким образом, система ГРУ представляет собой самостоятельный замкнутый контур, т.е. автономную следящую систему, включенную самостоятельному замкнутому контуру гидравлической следящей системы управления [1].

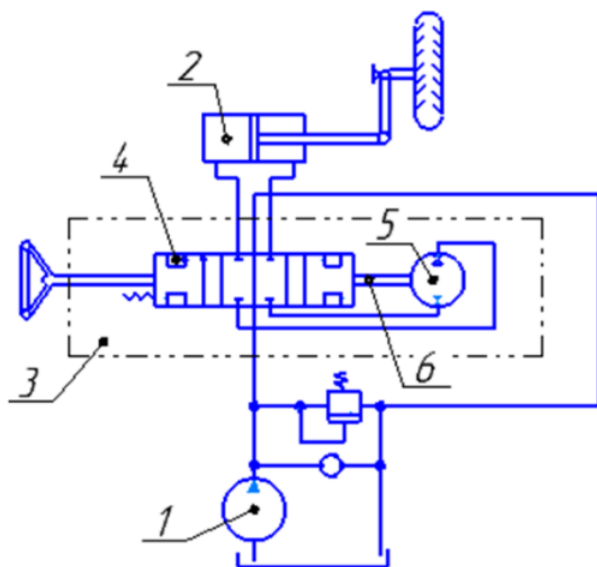


Рис. 1. Одноконтурная схема гидрообъемного рулевого управления

#### Виды систем гидрообъемного рулевого управления

Системы ГРУ в основном выполняются по одноконтурной или двухконтурной схеме [2].

В одноконтурных системах на рисунке 1 весь поток рабочей жидкости, поступающей в исполнительный гидродвигатель, проходит через один контур, включающий дозирующую гидромашину.

В двухконтурных системах рабочая жидкость поступает в гидродвигатель по двум контурам, включающим усилитель потока, в которых поддерживаются относительно постоянные соотношения потоков [3].

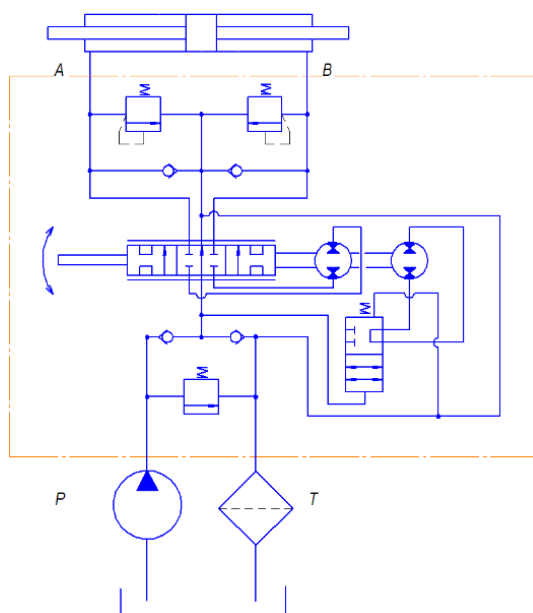


Рис. 2. Двухконтурная схема ГРУ с двумя насосами-дозаторами

Одноконтурные ГРУ наиболее просты по устройству, их целесообразно применять на более легких машинах, например, на колесных тракторах тяговых классов 0,6...2,0.

Основными параметрами ГРУ являются [3]: максимальное усилие  $F_{ц}$ , развиваемое исполнительным механизмом, наибольший рабочий ход  $L$  выходного звена, быстродействие, оцениваемое минимальным временем  $t_{\min}$ , за которое совершается полный ход выходного звена гидроцилиндра. В то же время для проведения расчетов и сравнительной оценки параметров ГРУ удобнее пользоваться обобщенным параметром, не зависящим от кинематики и конструкции рулевого привода и механизма поворота – энергоспособностью  $E = F_{ц} \cdot L$ , т.е. максимальную работу, которую способен совершить исполнительный механизм за полный ход. Потребная величина энергоспособности исполнительного гидроцилиндра в общем случае может быть определено по формуле:

$$E = M_{c\max} \cdot \alpha \cdot \frac{1}{\eta_n} \quad (1)$$

где  $M_{c\max}$  – максимальный момент сопротивления повороту управляемых колес;  $\alpha$  – полный угол поворота управляемых колес из одного крайнего положения в другое;  $\eta_n$  – КПД передачи от исполнительного гидроцилиндра до механизма поворота.

Выражая  $E$  через давление  $p$  и рабочий объем  $V$  гидроцилиндра, получим:

$$V = \frac{M_{c\max} \cdot \alpha}{p_{кл} \cdot \eta_n} \cdot k \quad (2)$$

где  $p_{кл}$  – максимальное рабочее давление в системе, определяемое настройкой предохранительного клапана;  $k = 1,1 \dots 1,3$  – коэффициент запаса.

Задаваясь числом оборотов рулевого колеса ( $n = 5$ ), можно определить основной конструктивный параметр ГРУ – рабочий объем (объем рабочей жидкости, подаваемой в гидроцилиндр за 1 оборот рулевого колеса)

$$q = \frac{V}{k_c \cdot n} \quad (3)$$

где  $k_c$  – коэффициент скольжения, учитывающий внутренние утечки рабочей жидкости, зависящий от ее давления и вязкости, а также от схемы ГРУ и качества изготовления узлов,  $k_c \approx 1$ .

Одним из важнейших требований, предъявляемых к рулевому управлению, является необходимость обеспечения возможности управления при неработающем насосе с помощью насоса-дозатора [4,5]. В связи с этим рабочий объем насоса-дозатора независимо от класса трактора нужно определять исходя из максимального усилия, прикладываемого водителем к рулевому колесу

$$q_d = 2\pi F_{рк} \cdot r_{рк} \frac{1}{p_d} \cdot \eta_m \quad (4)$$

где  $F_{рк}$  - максимальное усилие на рулевое колесо;  $r_{рк}$  - радиус рулевого колеса;  $p_d$  - давление, развиваемое насосом-дозатором и необходимое для поворота трактора;  $\eta_m$  - механический КПД насоса-дозатора.

Сопоставление результатов, полученных по формулам (3) и (4), позволит установить целесообразность применения одноконтурных или двухконтурных схем ГРУ для того или иного трактора.

В случае. Если  $q \leq q_d$  - применяется одноконтурная схема, если  $q > q_d$  - необходимо использовать двухконтурную схему с усилителем потока.

Важным условием обеспечения точности управления является высокий объемный КПД насоса-дозатора при относительно малой скорости вращения. Практика показывает, что для обеспечения надежности управления объемный КПД должен быть не менее 0,9 при скорости вращения 50 об/мин.

Систему рулевого управления можно представить как гидросистему с замкнутой циркуляцией потока рабочей жидкости. Для тракторов тяговых классов 0,6...2,0 системы рулевого управления, выполненные по одноконтурной схеме, можно рассматривать как автономную следящую систему замкнутого типа без питающего источника с рабочим объемом насоса-дозатора не более 80 ... 120 см<sup>3</sup>/об.

Исходя из вышеизложенного, предлагаются схемы ГРУ запатентованные в СибАДИ.

Изобретение [6], представленное на рисунке 2, относится к транспортным средствам, а именно к гидрообъемным системам рулевого управления транспортного средства. Сущность изобретения: гидрообъемное рулевое управление включает трехпозиционный восьмилинейный распределитель 1 следящего действия, насос - мотор 2, двухпозиционный пятилинейный распределитель 3. В указанном распределителе 3 в четвертой и пятой линиях установлены обратные клапаны 5, 6 и дроссели 7, 8. В левой позиции распределителя 3 четвертая и пятая линии соединены между собой и с первой линией, вторая и третья линии не соединены между собой, а в правой позиции четвертая и пятая линии соединены между собой, но не соединены с первой линией, а вторая линия соединена с третьей линией, которая соединена со сливной гидролинией 9. Во всасывающей гидролинии насоса установлен обратный клапан 10, а сливная гидролиния 9 системы рулевого управления соединена со входом питающего насоса и составляет вместе с ним систему с замкнутой циркуляцией потока рабочей жидкости.

Таким образом, предлагаемая система ГРУ отличается экономичностью, так как в качестве источника питания можно установить гидронасос меньшей производительности меньшей производительности, выполняющий функцию подпиточного насоса.

В результате модернизации предлагаемой схемы был получен патент на полезную модель № 182 004.

Изобретение [7], представленное на рисунке 3, относится к транспортным средствам, а именно к гидрообъемным системам рулевого управления транспортного средства. Сущность изобретения: гидрообъемное рулевое управление включает трехпозиционный восьмилинейный распределитель 1 следящего действия, управляемый через рулевое колесо 2, насос - мотор 3, кинематически связанный с трехпозиционным восьмилинейным распределителем 1, двухпозиционный пятилинейный распределитель 4.

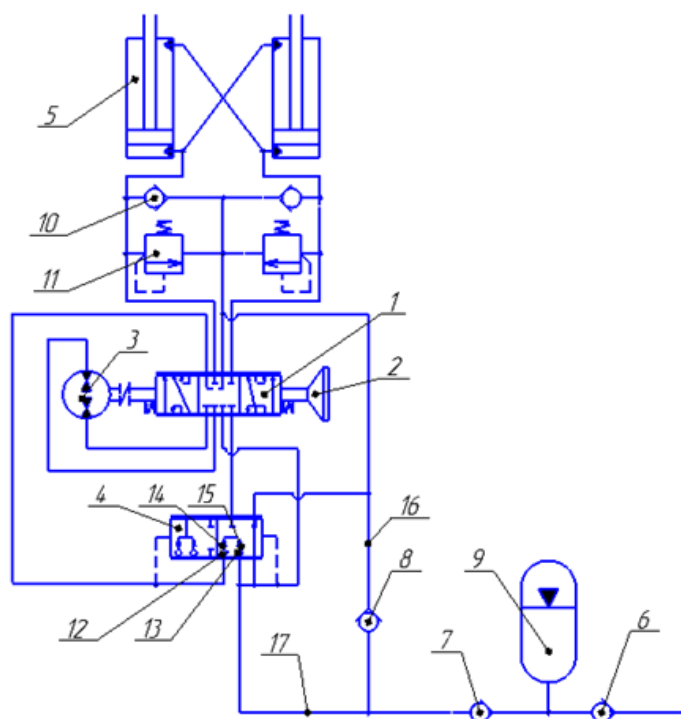


Рис. 3. Гидрообъемное рулевое управление по патенту № 182004

В указанном распределителе 4 во второй и третьей линиях установлены обратные клапаны 12, 13 и дроссели 14, 15. В левой позиции распределителя 4 вторая и третья линии соединены между собой и с пятой линией, первая и четвертая линии не соединены между собой, а в правой позиции вторая и третья линии соединены между собой, но не соединены с пятой линией, а первая линия соединена с четвертой линией, которая соединена со сливной гидролинией 16. В сливной гидролинии 16 установлен обратный клапан 8, а на всасывающей гидролинии 17 установлен гидропневмоаккумулятор 9, который подключен к гидросистеме рабочего оборудования через обратный клапан 6, подпитывающий гидросистему рулевого управления через обратный клапан 7. На гидролиниях исполнительных гидроцилиндров 5 установлены противовакуумный клапана 10 и противоударный клапана 11.

Применение гидропневмоаккумулятора в качестве подпитывающего устройства в гидросистеме с замкнутой циркуляцией потока рабочей жидкости усложняет конструкцию, снижает его надежность. В связи с этим предлагается установить в замкнутую гидролинию специальный клапан подпитки, который позволяет использовать в системе подпитки энергию потока рабочей жидкости гидронасоса рабочего оборудования.

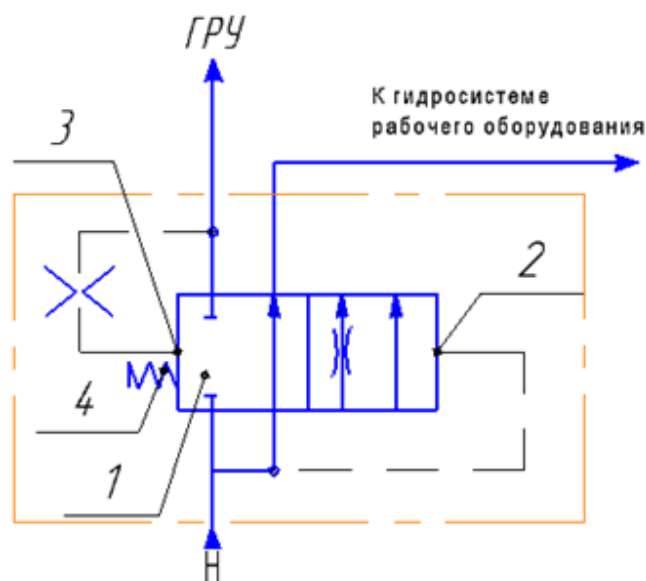


Рис. 4. Клапан подпитки

Клапан подпитки, изображенный на рисунке 4, представляет собой двухпозиционный четырехлинейный гидроуправляемый распределитель 1 который устанавливается в напорную гидролинию рабочей гидросистемы. Правая управляющая полость 2 распределителя соединена с напорной гидролинией насоса Н, а левая 3 – с всасывающей гидролинией ГРУ. Кроме того, в левой управляющей полости 3 устанавливается пружина 4, жесткость которой рассчитывается таким образом, что бы удерживать данный распределитель 1 в представленной позиции. В случае необходимости подпитки гидросистемы замкнутой циркуляцией рабочей жидкостью давление в левой полости управления снижается и золотник распределителя перемещается влево, тем самым совершает подпитку жидкости в замкнутую систему.

Таким образом представленный клапан позволяет исключить из системы ГРУ как подпиточного насоса, так и гидропневмоаккумулятора.

#### Заключение

В связи с необходимостью оснащения парка колесных дорожно-строительных машин унифицированными конструкциями гидрообъемного рулевого управления предполагается наиболее целесообразно применять для тракторов тяговых классов 0,6 – 2.0 одноконтурные схемы, которые представляют собой гидросистему с замкнутой циркуляцией потока рабочей жидкости. Это позволит исключить из системы источник питания и использовать в качестве подпитывающего устройства клапан, который периодически позволяет использовать энергию потока рабочей жидкости основного насоса рабочей гидросистемы.

#### Библиографический список

1. Любимов Б.А., Червяков Е.Н., Судаков Ю.И. Объемные гидроприводы рулевого управления колесных самоходных сельскохозяйственных машин. "Тракторы, самоходные шасси и двигатели, агрегаты и узлы"// Обзорная информ. ЦНИИТЭИтракторсельхозмаш. М., 1980. 40 с.
2. Мукушев Ш.К. Совершенствование объемного гидропривода рулевого управления дорожно-строительных машин: автореф. дис... канд. техн. наук : 27.04.07 /; науч. рук. проф. В.С. Щербаков; СибАДИ. Омск, 2007. 17 с.
3. Любимов Б.А., Червяков Е.Н. Обоснование схем и основных параметров унифицированных объемных гидроприводов рулевого управления колесных тракторов // Тр. НАТИ – М. 1975. вып. 242.
4. ГОСТ 27254-87 (ИСО 5010-84). Машины землеройные. Системы рулевого управления колесных машин. М.: Изд-во стандартов, 1987. 19 с.
5. ОСТ 23150-80. Тракторы колесные. Объемный гидропривод рулевого управления. Технические требования. М.: Типография НАТИ, 1981. 8 с.
6. Полез. модель 171215 РФ : МПК7 В62D 5/06: ГИДРООБЪЕМНОЕ РУЛЕВОЕ УПРАВЛЕНИЕ / Ш.К. Мукушев, Д.Г. Карпенко, А.Ю. Зайков, И.С. Иванов; СибАДИ. - № 2017100763; заявл. 10.01.2017; опубл. 24.05.2017, Бюл. № 15.



7. Полез. модель 182004 РФ: МПК7 В62D 5/07: ГИДРООБЪЕМНОЕ РУЛЕВОЕ УПРАВЛЕНИЕ / Ш.К. Мукушев, В.В. Филиппи ; СибАДИ. № 201714186; заявл. 30.11.2017; опубл. 31.07.2018, Бюл. № 22.

### HYDROSTATIC STEERING SYSTEMS FOR LIGHTWEIGHT WHEELED TRACTORS

**Sh.K. Mukushev, O.S. Miklukhina, D. A. Gamaliy, A.A. Baybisenova**  
*Siberian State Automobile and Highway University (Sibadi), Omsk, Russia*

**Abstract.** *The general assembly of the hydraulic steering is presented. The main requirements for the steering system are hydraulic steering or hydraulic mechanical system with hydraulic steering. Diagram of a hydraulic steering controller locked in SibADI. The main parameters are regulated by a hydraulic steering controller. It is assumed that the periodicity allows the energy consumption of the working fluid to work on the main pump of the working hydraulic system.*

**Keywords:** *Machine for flameless pipe cutting, hydraulic drive, feed, cutting speed, cutter drive.*

### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Мукушев Шадат Курмашович** – кандидат технических наук, доцент (644080, г. Омск, 644080, пр. Мира 5, email: [mshadat\\_56@mail.ru](mailto:mshadat_56@mail.ru)).

**Миклухина Ольга Сергеевна** – студентка 1 курса группы НТКм-19МА2. СибАДИ. Специальность 23.04.02 – Наземные транспортно-технологические комплексы (644080, г. Омск, 644080, пр. Мира 5, email: [79059447065@yandex.ru](mailto:79059447065@yandex.ru)).

**Гамалий Дмитрий Алексеевич** – студент 5 курса группы НТС-15Т2 СибАДИ. Специальность 23.05.01 – Наземные транспортно-технологические средства. (644080, г. Омск, 644080, пр. Мира 5, email: [89081087805@mail.ru](mailto:89081087805@mail.ru)).

**Байбисенова Асия Армановна** – студентка 5 курса группы НТС-15Т2 СибАДИ. Специальность 23.05.01 – Наземные транспортно-технологические средства. Адрес: г. Омск, (644080, Проспект Мира 5, email: [89994705749@mail.ru](mailto:89994705749@mail.ru)).

### INFORMATION ABOUT AUTHORS

**Mukushev Shadat Kurmashovich** – candidate of technical sciences, associate professor (644080, Prospect Mira 5, email: [mshadat\\_56@mail.ru](mailto:mshadat_56@mail.ru)).

**Miklukhina Olga Sergeevna** – 1st year student of the NTKm-19MA2 group. SibADI. Specialty 04/23/02 - Ground transportation and technological complexes (644080, Prospect Mira 5, email: [79059447065@yandex.ru](mailto:79059447065@yandex.ru)).

**Gamaliy Dmitry Alekseevich** – 5th year student of the NTS-15T2 SibADI group. Specialty 05/23/01 - Ground transportation and technological means (644080, Prospect Mira 5, email: [89081087805@mail.ru](mailto:89081087805@mail.ru)).

**Baybisenova Asiya Armanovna** – 5th year student of the NTS-15T2 SibADI group. Specialty 05/23/01 - Ground transportation and technological means. (644080, Prospect Mira 5, email: [89994705749@mail.ru](mailto:89994705749@mail.ru)).

УДК 621.791.94.035

## МАШИНА ДЛЯ БЕЗОГНЕВОЙ РЕЗКИ ТРУБ НЕФТЕГАЗОПРОВОДА

Ш.К. Мукушев, О.С. Миклухина, Д.А. Гамалий, А.А. Байбисенова

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ)», Омск, Россия

**Аннотация.** Представлены основные сведения о безогневой резки труб, а также были приведены различные виды машин, используемых с помощью пневмо-, гидро- и электроприводом, применяемых как в России, так и в зарубежных странах. Рассмотрена конструкция машины для безогневой резки труб с помощью гидромотора в приводе вращения инструмента и параметры самой машины. Также приведены параметры использования металлорежущего оборудования и факторы, влияющие на производительность машины для безогневой резки труб.

**Ключевые слова:** машина для безогневой резки труб, гидропривод, подача, скорость резания, привод фрезы.

### Введение

Для проведения ремонта магистральных трубопроводов необходимы качественное обслуживание, обеспечение безопасности при работе и идеальный результат. В настоящее время в нефте- и газодобывающей отрасли при ремонте трубопровода для вырезки дефектного участка применяется безогневой метод с применением машин для резки труб (далее МРТ). Механическая резка осуществляется с помощью специальных машин, оснащённых фрезой или резаками [1].

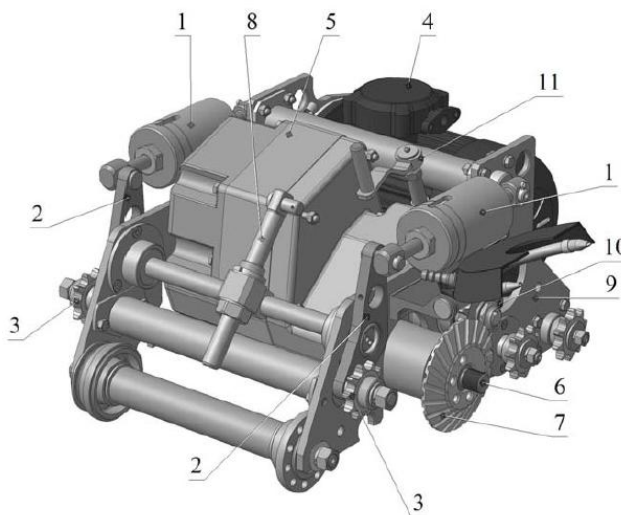


Рис. 4. Машина безогневой резки труб "Волжанка 3М":  
1 – амортизатор, 2 – рычаги, 3 – натяжная звездочка, 4 – вал электродвигателя,  
5 – ведущий вал редуктора, 6 – выходной вал редуктора, 7 – фреза,  
8 – винтовой механизм врезания, 9 – тележка,  
10 – приводная звездочка, 11 – механизм включения

Машина для безогневой резки труб – это наиболее безопасный способ замены части трубопровода, когда при проведении работ невозможно применение открытого пламени. Это касается функционирующих газопроводов и нефтепроводов. С помощью этой машины можно разрезать магистральную трубу на отдельные сегменты без демонтажа трубопровода прямо на месте установки. Для разрезания труб на месте прокладки трубопровода используют ручные или труборезы с гидро- электро- или пневмоприводом. Машины с гидроприводом применяются для резки труб с помощью гидравлического цилиндра, установки на гидравлическом приводе применяют для разрезания трубопроводов при огнеопасных и взрывоопасных работах по

ремонт нефти и газопроводов. Устройства с пневмоприводом, предназначены для работы как в полевых условиях, так и в производственных цехах. Труборезы, имеющие электрический привод, не используют для проведения работ во взрывоопасных местах. Их главное достоинство — это высокая надежность при хорошей производительности и небольших затратах [2].

### Обзор конструкций машин безогневой резки труб

В России широкое распространение получила машина «Волжанка-3М», выпускаемая в ЦБПО АО «Транснефть-Приволга», представленная на рисунке 1. Машина устанавливается на трубе и закрепляется с помощью цепей (на рисунке 1 это не показано), охватывающих трубу. Надежное закрепление машины осуществляется с помощью натяжных устройств, включающих в себя амортизаторы 1, рычаги 2 с натяжной звездочкой 3. Машина осуществляет работу следующим образом. Вращение от вала электродвигателя 4 через ременную передачу передается на ведущий вал редуктора 5. На выходном валу 6 этого редуктора установлена фреза 7. Врезание режущего инструмента производится винтовым механизмом врезания 8 путем поворота редуктора на цапфах, установленных в корпусе тележки 9. Перемещение тележки 9 по трубе производится приводом подачи, который приводится в движение от выходного вала редуктора 5 привода вращения инструмента. Вращение от этого вала передается на приводную звездочку 10. Звездочка 10, находясь в зацеплении с неподвижной цепью, охватывающей разрезаемую трубу, приводит в движение тележку 9 и вместе с ней режущий инструмент 7. Включение подачи (перемещение машины по трубе) осуществляется механизмом включения 11. Рез осуществляется за счет перемещения машины по поверхности трубы.

На рисунке 2 представлена машина для безогневой резки труб большого диаметра «Волжанка» (МРТ 219..530, МРТ 530...1220, МРТ 219...820), выпускаемые ОАО «Приволжскнефтепровод», содержащая тележку с установленным на ней режущим инструментом с приводом его вращения, винтовой механизм врезания и механизм подачи режущего инструмента (перемещение тележки по трубе), выполненный в виде редуктора с приводными звездочками и охватывающих разрезаемую трубу цепей. Привод вращения режущего инструмента содержит редуктор и коническую зубчатую передачу. Механизм подачи имеет редуктор, состоящий из двух червячных и зубчатой передач, и муфту включения рычажного типа. Закрепление цепи на трубе осуществляется за счет сил трения, обеспечиваемых натяжным устройством. Машины могут комплектоваться пневмо-, гидро- или электродвигателем взрывозащищенного исполнения. Машины МРТ имеют высокую надежность и хорошую сходимость реза (при резке труб диаметром 1220 мм — не более 3 мм), более низкую стоимость по сравнению с аналогичными машинами, выпускаемыми в России и за рубежом.

Существенным недостатком машин МРТ «Волжанка» является значительная масса (130 кг), и ограниченный диапазон разрезаемых труб (219...820 и 530...1220 мм соответственно) с толщиной стенки до 20 мм.



Рис. 5. Машина «Волжанка» (МРТ 219...820)

Высокими эксплуатационными характеристиками обладают труборезы фирмы Файн, выпускаемые в Германии, представленные на рисунке 3 — это высокая надежность, точность резания, широкий диапазон разрезаемых труб (250...3000 мм) с толщиной стенки до 45 мм [3], защита редуктора от перегрузки, но самым существенным недостатком этих машин является их

высокая стоимость (более чем в два раза, чем машины МРТ), большой габарит по длине, что потребует значительно большего объема земляных работ при разрезке труб небольшого диаметра при выполнении ремонтных работ.



Рис. 3. Машина фирмы Файн

На рисунке 4 представлена машина гидравлическая для безогневой резки труб, выпускаемая ОАО «Омскгидропривод», ОАО «Транссибнефть», ОАО «Сибтранснефтепродукт» г. Омск обеспечивает ограниченный диапазон разрезаемых труб (352...1420 мм) с толщиной стенки до 20 мм, небольшую массу (до 50 кг), но снабжается только гидроприводом, что требует комплектования машины гидростанцией, масса которой составляет 120 кг. Машина малоприспособна для работы в суровых климатических условиях, например, в районах Крайнего Севера и Сибири в зимних условиях.



Рис. 6. Машина гидравлическая

Более совершенной и экономичной по сравнению с вышерассмотренными конструкциями является машина для безогневой резки труб МРТ 325-1420 «Волжанка-2». Эта машина, изображенная на рисунке 5 отличается от машины МРТ «Волжанка» тем, что снабжается легким компактным надежным планетарным редуктором, что позволяет снизить массу машины до 110 кг, блочная конструкция привода повышает ремонтпригодность [4, 5]. Машина обеспечивает широкий диапазон разрезаемых труб (325...1420 мм), имеет более низкую стоимость.



Рис. 7. Машина «Волжанка-2» (МРТ 325-1420)

**Машина для безогневой резки труб.** Предлагаемая конструкция для резки труб, представленная на рисунках 6, 7 содержит тележку с установленным на ней режущим инструментом с приводом его вращения, механизмом врезания и механизмом подачи инструмента. Привод перечисленных механизмов осуществляется с помощью гидромоторов. Приводная звездочка привода подачи закреплена на выходном валу гидромотора срезным штифтом, выполняющим роль предохранительного устройства при перегрузке привода.

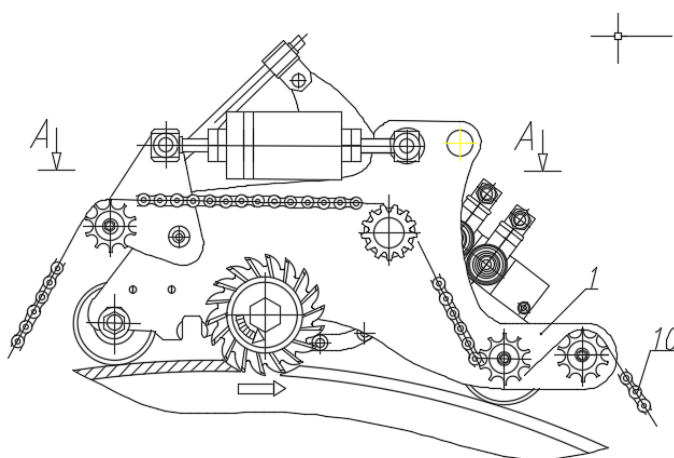
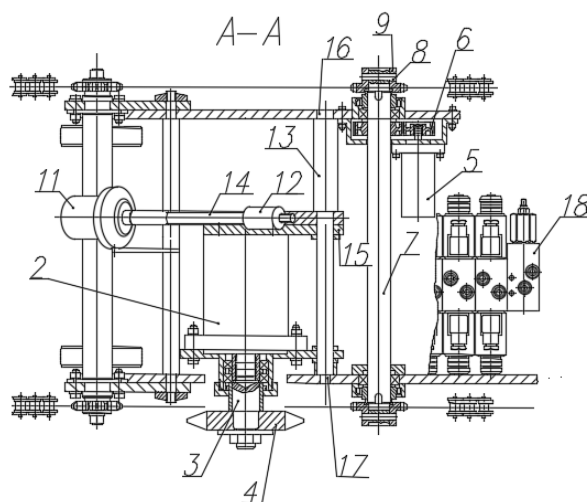


Рис. 8. Конструкция для резки труб





*Рис. 9. Конструкция для резки труб: 2, 5 – гидромотор, 3 – шпиндель, 4 – режущий инструмент, 6 – редуктор, 7 – вал, 8 – срезной штифт, 9 – приводная звездочки, 11 – механизм врезания инструмента, 12 – гайка, 13 – поперечина тележки, 14 – винт, 15 – корпус привода, 16, 17 – втулка, 18 – распределительный блок*

Применение гидромотора в приводе вращения инструмента позволяет максимально повысить КПД привода, снизить шум при его работе и, как следствие, позволяет осуществлять резку за один проход труб с большей толщиной стенки.

Машина содержит тележку 1, привод режущего инструмента, состоящий из гидромотора 2, шпинделя 3 с установленным на нем режущим инструментом 4.

Привод передвижения тележки включает гидромотор 5, который через одноступенчатый редуктор 6 передает крутящий момент на вал 7, на котором установлена с помощью срезного штифта 8 приводная звездочка 9, находящаяся в зацеплении с неподвижной цепью 10. Механизм врезания инструмента 11 содержит гайку 12, опирающуюся на поперечину тележки 13 и винт 14, шарнирно соединенный с корпусом привода 15. Корпус установлен в тележке на втулках 16, 17 с возможностью поворота на них.

Конструкция машины работает следующим образом.

Вращение режущего инструмента осуществляется с помощью гидромотора 2, которая управляется через распределительный блок 18.

Врезание режущего инструмента производится с помощью винтового механизма путем вращения винта 14, поворот которой вызывает перемещение гайки 12, и соответственно поворот гидромотора с режущим инструментом 4 на втулках 16, 17.

Подача инструмента (перемещение тележки 1 по трубе) производится приводом подачи, который приводится в движение от гидромотора 5 через редуктор 6.

Звездочка 9, которая находится в зацеплении с неподвижной цепью 10, охватывающей разрезаемую трубу, приводит в движение тележку 1, а вместе с ней режущий инструмент 4. Включение механизма подачи осуществляется с помощью распределительного блока 18.

При аварийных перегрузках в приводе подачи происходит разрушение срезного штифта 8 и вращение на приводную звездочку 9 не передается, подача останавливается.

Подача охлаждающей жидкости на режущий инструмент осуществляется шлангом из бака. Для резки труб с большой точностью схождения реза предусмотрены направляющие, а на машине установлены, на стороне противоположной режущему инструменту, колеса с желобами для движения по направляющей, которая крепится на трубе с противоположной стороны от фрезы.

Пульт управления предназначен для управления работой и выполнен во взрывозащищенном исполнении кнопочного типа.

Конструкция данной машины поясняется рисунком 6, где изображен общий вид машины, а на рисунке 7 – разрез по сечению А-А.



В результате модернизации машина оснащена независимыми приводами врезания режущего инструмента, подачи режущего инструмента и перемещения тележки, уменьшена энергоёмкость машины, улучшены массо-габаритные показатели.

Данная машина для безогневой резки труб с гидравлическим приводом предназначена для резки труб диаметром 325-1420 мм с помощью специального лезвийного инструмента – фреза дисковая двух угловая 140x25 (число зубьев 11). При работе машина обеспечивает вырезку поврежденных участков трубопроводов и линейной арматуры при истечении нефти без избыточного давления.

### Исследовательская часть

Эффективность использования металлорежущего оборудования зависит от рационального проведения процессов обработки металлов резанием, которое достигается в том случае, если:

а) режущая часть инструмента имеет оптимальные геометрические параметры и качественную заточку лезвий;

б) обработка ведётся с технически и экономически обоснованными подачами  $s$  и скоростями резания  $V$ ;

в) применение гидропривода в системе подачи и привода фрезы позволяют реализовать обоснованные значения подач  $s$  и скорости резания  $V$  [6,7].

Таким образом, для повышения технико-экономических показателей МРТ при резке труб с разной толщиной стенки (от 8 мм до 30 мм) необходимо обеспечить рациональные режимы резания. Как известно из теории резания, производительность фрезерования определяется объемом снятого слоя металла и находится из (1) выражения:

$$Q = B \cdot t \cdot s_z \cdot z \cdot n \quad (1)$$

где  $B$  – ширина фрезерования;  $t$  – глубина фрезерования;  $s_z$  – подача на зуб;  $z$  – число зубьев фрезы;  $n$  – частота вращения фрезы.

Ширина фрезерования  $B$  определяется геометрическими параметрами применяемого инструмента, которые обусловлены его прочностью.

Глубина фрезерования  $t$  зависит от толщины стенки трубы, если резка осуществляется за один проход, то глубина фрезерования равна толщине стенки трубы.

Частота вращения режущего инструмента не должна превышать 60 об/мин [8].

Таким образом, параметры  $B$ ,  $t$  и  $n$  остаются постоянными на протяжении всего процесса резания конкретного трубопровода, в то время как величина подачи может меняться, следовательно, увеличение производительности работы МРТ можно обеспечить подбором рациональной подачи  $s_z$ .

Ещё одним фактором, влияющим на производительность МРТ и её технико-эксплуатационных характеристик, является стойкость инструмента. Следовательно, для продления ресурса работы инструмента в момент его критического износа необходимо скорректировать подачу, уменьшив её до определённого значения, обеспечивая тем самым безостановочный рез трубы. Так как при критическом износе инструмента резко увеличивается сила резания, возрастает нагруженность машины, если не предпринять мер по её стабилизации, может произойти внезапная поломка инструмента [9]. Это в свою очередь приведёт к возникновению ударных нагрузок на машину, которые вызывают разрушение элементов машины и её остановку.

### Заключение

Таким образом, машина для безогневой резки труб является безопасным методом при проведении ремонта и обслуживания нефтегазопровода. Конструкция машины позволяет обеспечить регулировку режимов резания, предохраняет элементы машины от поломок и перегрузок. Применение гидропривода позволяет повысить качество работы машины, возможность плавного регулирования скорости резания, тем самым, повышая надёжность и ресурс работы режущего инструмента.

### Библиографический список

1. Хазиев, Т.Р. Исследование нагруженности отрезной машины при резке труб большого диаметра / Т.Р. Хазиев // Новые материалы и технологии НМТ-2010 Сб. докладов Всероссийской научно-технической конференции т.3. Москва, «МАТИ» – Российский государственный технологический университет имени К.Э. Циолковского.
2. Анохин В. Технология безогневой резки [Электронный ресурс] / В. Анохин // Режим доступа: (<https://wikimetall.ru/metalloobrabotka/bezognevaya-rezka.html>)
3. Газнефтеоборудование // Каталог оборудования. 2016. URL: [http://gazneftspb.ru/category\\_truborezi\\_FEIN.html](http://gazneftspb.ru/category_truborezi_FEIN.html) (дата обращения 12.03.2018).
4. Грешняев, В.А. Машина для безогневой резки труб МРТ 325 – 1420 «Волжанка – 2» / В.А. Грешняев. Приложение к журналу «Трубопроводный транспорт нефти». –2001.– №6. С.3 – 4.
5. Газовик Пайп // Оборудование для монтажа трубопровода. 2016 URL: <http://gazovik-pipe.ru/index.php?id=104> (дата обращения 15.03.2016).
6. Воронцов, А.Л. Разработка новой теории резания / А.Л. Воронцов, Н.М. Султан-заде, А.Ю. Албагачиев. Вестник машиностроения. Вып. 2010. С. 184186
7. Расчет режимов резания // Учебное пособие. 2009. URL: [http://stanokgid.ru/wpcontent/uploads/2015/12/raschet\\_rejimov\\_rezaniya\\_posobie\\_2009.pdf](http://stanokgid.ru/wpcontent/uploads/2015/12/raschet_rejimov_rezaniya_posobie_2009.pdf) (дата обращения 15.05.18).
8. РД 153-39.4-130-2002. Регламент по вырезке и врезке катушек соединительных деталей, заглушек, запорной и регулирующей арматуры и подключению участков магистральных нефтепроводов. М.: Нефть и газ, 2002. 286 с.
9. Ящерицын, П. И. Учебник для машиностроител. спец. вузов / П. И. Ящерицын, М. Л. Еременко, Н. И. Жигалко. 2-е изд., доп. и перераб. М.: Выш. школа, 1981. 560 с.

### MACHINE FOR FIRE-FREE CUTTING OF OIL AND GAS PIPES

**Sh.K. Mukushev, O.S. Miklukhina, D. A. Gamaliy, A.A. Baybisenova**  
Siberian State Automobile and Highway University (Sibadi), Omsk, Russia

**Abstract.** The basic information about flameless pipe cutting is presented, and various types of machines used with the help of pneumatic, hydraulic and electric drives are used, both in Russia and in foreign countries. The design of the machine for flameless cutting of pipes using a hydraulic motor in the drive for rotating the tool and the parameters of the machine itself are given. The parameters of the use of metal cutting equipment and factors affecting the performance of the machine for flameless cutting of pipes are also given.

**Keywords:** Machine for flameless pipe cutting, hydraulic drive, hydraulic cylinder, pneumatic, hydraulic or electric drive, feed, cutting speed, cutter drive, machine parameters and productivity .

### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Мукушев Шадат Курмашович** – кандидат технических наук (г. Омск, 644080, Проспект Мира 5, email: [mshadat\\_56@mail.ru](mailto:mshadat_56@mail.ru)).

**Миклухина Ольга Сергеевна** – студентка 1 курса группы НТКм-19МА2. СиБАДИ. Специальность 23.04.02 – Наземные транспортно-технологические комплексы (Омск, 644080, Проспект Мира 5, email: [79059447065@yandex.ru](mailto:79059447065@yandex.ru)).

**Гамалий Дмитрий Алексеевич** – студент 5 курса группы НТС-15Т2 СиБАДИ. Специальность 23.05.01 – Наземные транспортно-технологические средства (г. Омск, 644080, Проспект Мира 5, email: [89081087805@mail.ru](mailto:89081087805@mail.ru)).

**Байбисенова Асия Армановна** – студентка 5 курса группы НТС-15Т2 СиБАДИ. Специальность 23.05.01 – Наземные транспортно-технологические средства (644080, Проспект Мира 5, email: [89994705749@mail.ru](mailto:89994705749@mail.ru)).

### INFORMATION ABOUT AUTHORS

**Mukushev Shadat Kurmashovich** – candidate of technical sciences, associate professor (Omsk, 644080, Prospect Mira 5, email: mshadat\_56@mail.ru).

**Miklukhina Olga Sergeevna** – 1st year student of the NTKm-19MA2 group. SibADI. Specialty 04/23/02 - Ground transportation and technological complexes (Omsk, 644080, Prospect Mira 5, email: 79059447065@yandex.ru).

**Gamaliy Dmitry Alekseevich** – 5th year student of the NTS-15T2 SibADI group. Specialty 05/23/01 - Ground transportation and technological means (Omsk, 644080, Prospect Mira 5, email: 89081087805@mail.ru).

**Baybisenova Asiya Armanovna** – 5th year student of the NTS-15T2 SibADI group. Specialty 05/23/01 - Ground transportation and technological means. (Omsk, 644080, Prospect Mira 5, email: 89994705749@mail.ru).

УДК 621.316.9; 726.01

## МОЛНИЕЗАЩИТА КУЛЬТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ И ПАМЯТНИКОВ АРХИТЕКТУРЫ

**М.В. Захаренко<sup>1</sup>, В.Н. Шипилин<sup>1</sup>, Е.В. Чекмарева<sup>2,3</sup>, Т.В. Чекмарева<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Омский государственный технический университет», Омск, Россия;

<sup>2</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ)», Омск, Россия;

<sup>3</sup>Бюджетное профессиональное образовательное учреждение Омской области «Омский строительный колледж».

**Аннотация.** В статье изложены опасные последствия атмосферного электрического разряда, рассмотрены пассивные и активные способы молниезащиты. Описаны основные три способа молниезащиты историко-культурных сооружений от прямого удара молнии. Приведен пример системы молниезащиты деревянных культовых сооружений и памятников архитектуры в Кижях. Описано эстетичное решение защиты от молнии монумента – статуи Христа-Искупителя в Рио-де-Жанейро. Представлены: разработка проекта воссоздания деревянной церкви Сергия Радонежского в городе Омске и концептуальное предложение по системе молниезащиты к проекту. Статья адресована архитектурному сообществу, её целью является ознакомление настоящих и будущих архитекторов с приёмами эффективной и эстетичной молниезащиты.

**Ключевые слова:** молниезащита, молниеприемники, заземление, токоотводы, памятники архитектуры, культовые сооружения

### Введение

Россия это многонациональная страна, в которой конституцией гарантирована свобода вероисповедания. Число культовых сооружений страны, в большинстве своем являющихся одновременно и памятниками архитектуры, исчисляется тысячами. Множество культовых сооружений были разрушены по идеологическим соображениям после Великой Октябрьской Социалистической революции. Борьба с религией в СССР, в 1930-х годах, ознаменовалось массовым уничтожением культовых зданий и сооружений, игравших роль общегородских доминант. В последующие десятилетия мировая тенденция о «катаклизмическом» преобразовании городов, где все «новое» априори превосходнее «старого», была с восторгом воспринята советскими архитекторами [1]. Стремление заменить «старое» «новым» приводило к тотальному сносу памятников архитектуры. Во время Великой Отечественной войны на территориях оккупированных фашистской Германией также было уничтожено много культовых сооружений и других историко-культурных памятников страны. На современном этапе архитекторы стремятся максимально сохранить архитектурные и историко-культурные памятники России.

Пожары ежегодно уничтожают безвозвратно многие памятники архитектуры, особенно это грозит постройкам из дерева. Молния часто, являясь первопричиной пожаров, вызывает мгновенное воспламенение постройки. Получается, что единственный её удар может уничтожить уникальный архитектурный памятник. Защита от молнии памятников архитектуры является главной задачей в комплексе мероприятий по сохранению историко-культурного наследия. Молниезащита – это комплекс технических решений и специализированных приспособлений, обеспечивающих безопасность, как самого здания, так и находящихся в нём или рядом с ним людей, а также сохранность их имущества [2,3].

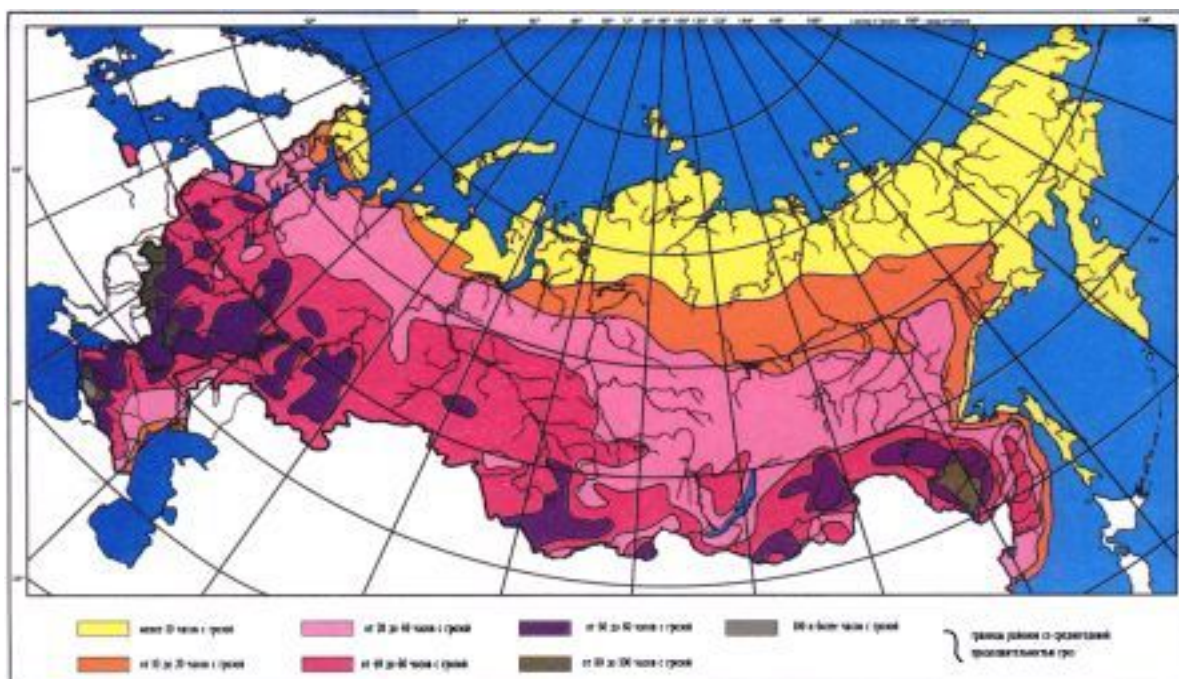


Рисунок 1 – Карта грозовой активности России

Вопрос защиты от молнии зданий и сооружений актуален во всём мире. Карта грозовой активности России (рис.1) наглядно демонстрирует, что две трети территории нашей страны относятся к зонам высокой активности гроз. Ударам молний чаще всего подвергаются строения и монументы, значительно возвышающиеся над окружающей застройкой или природным пространством. Ранее в стране, вплоть до революции 1917 года, запрещалось возводить здания и монументы выше культовых сооружений. Культовые сооружения и по сей день в большинстве городов, особенно провинциальных, являются высотными доминантами. А значит, что они подвергаются повышенной опасности уничтожения огнём. Эффективные приёмы защиты высотных зданий и сооружений от молнии уже давно найдены, но не всегда их конструктивные решения выглядят эстетически привлекательно. Не эстетичность технических решений, нарушающих стиль и впечатление об аутентичности конструкций и материалов, – основная проблема при устройстве комплексной системы защиты от молнии для культовых сооружений, монументов и памятников архитектуры. Для подобных объектов эстетичность технических решений очень актуальна и стоит на первом месте при выборе системы молниезащиты, при несомненной её надёжности. Элементы системы защиты от молнии не должны бросаться в глаза, обезображивая исторические фасады (рисунки 3 и 4) и поверхности монументов (рисунки 4).



## Примеры молниезащиты культовых сооружений и памятников архитектуры

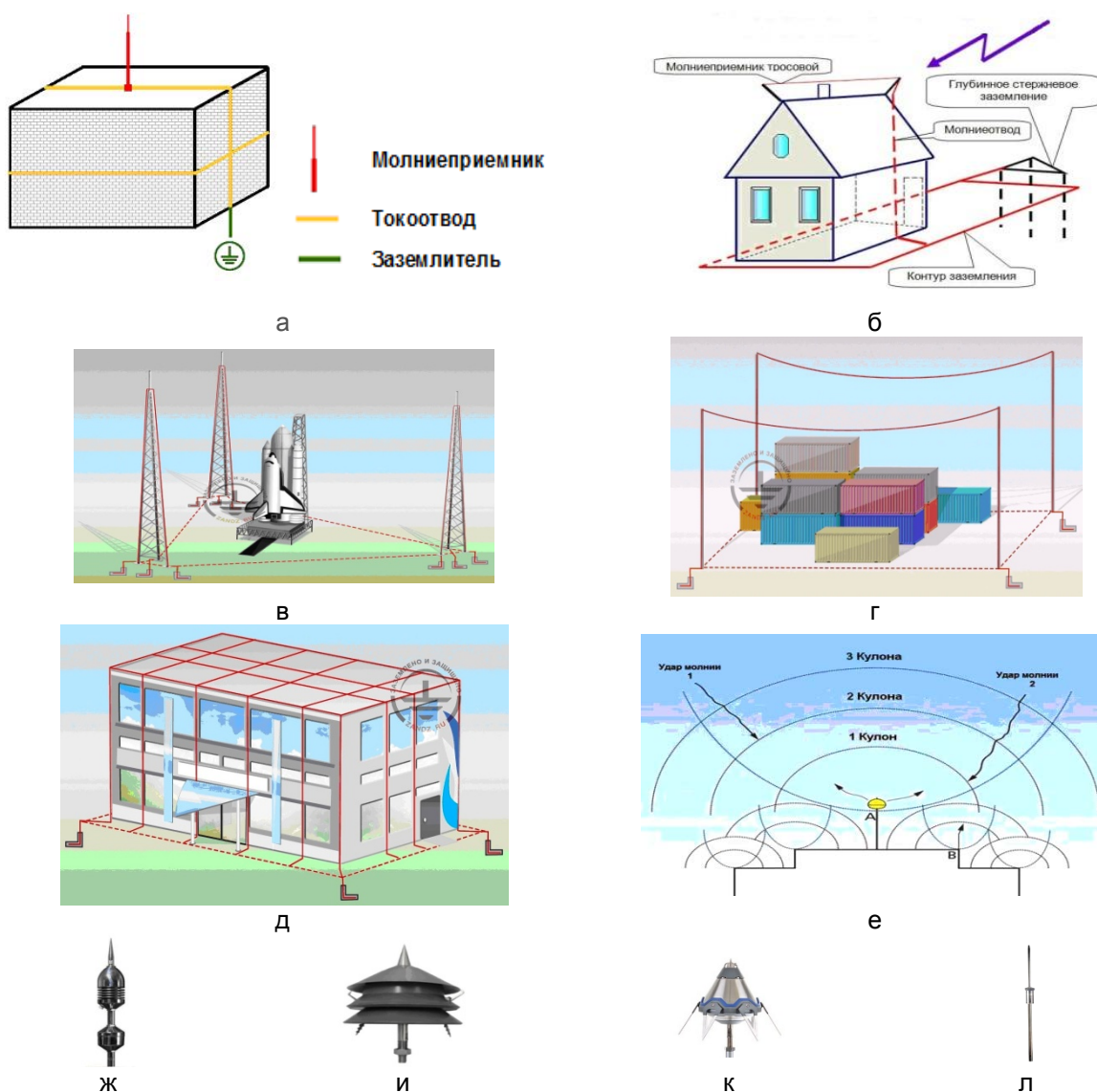


Рисунок 2 – Схемы, способы и приборы молниезащиты: а – схема системы молниезащиты; б – тросовый молниеприемник, расположенный на защищаемом объекте; в – стержневые молниеприемники – мачты, установленные на вышках; г – тросовый молниеприемник, расположенный около защищаемого объекта; д – молниеприемная сетка, установленная на крыше здания; е – схема принципа работы активной молниезащиты; ж – активный молниеприемник Schirtec – S-DA; и – активный молниеприемник Galmar GALACTIVE 1; к – активный молниеприемник Prevectron 3 от Indelec; л – активный молниеприемник Pulsar 30 от ABB.

Культовые сооружения и памятники архитектуры – это III категория молниезащиты, зона Б по типу защиты при использовании стержневых и тросовых молниеотводов, согласно нормативным документам [4,5,6]. Первый способ для зданий с неметаллической кровлей – молниезащита выполняется отдельно стоящими стержневыми или тросовыми молниеотводами, от каждого из которых идут не менее двух токоотводов (рис. 2г). Второй способ рекомендует защиту молниеприемной сеткой и токоотводы, в качестве которых могут выступать металлические конструкции зданий и сооружений (рис.2д). Третий способ – это отдельностоящие молниеотводы, расстояние от которых по воздуху и в земле до защищаемого объекта и вводимых в него подземных коммуникаций, не нормируется (рис. 2в). В настоящее время существуют традиционная пассивная и современная активная системы молниезащиты.



Схема принципа работы активной молниезащиты и активные молнеприемники системы производства различных фирм представлены на рисунке 2 (е, ж, и, к, л) [7,8].

Основными элементами системы молниезащиты являются: молнеприемники, токоотводы, заземление, а также внутренняя молниезащита (рис. 2а). Молнеприемники не нужны на культовых зданиях, увенчанных металлическими элементами, которые могут служить молнеприемниками, если присоединить к ним токоотводы. Для архитектурных памятников, не имеющих венчающих металлических элементов, рекомендуется использовать стержневые молнеотводы, а не предписанную молнезащитную сетку для III категории (опыт молнезащиты дворца в Коломенском). Молнеотводы легче декорировать и совмещать с конструктивными элементами архитектурного памятника. Высота стержней для максимального ограничения числа ударов молнии, возбуждающих опасные перенапряжения, и по эстетическим соображениям должна быть предельно ограничена.

Ярким примером комплексной молниезащиты культовых сооружений является историко-культурный заповедник в Кижях. Все церкви и храмы построены по технологии «без единого гвоздя», то есть все элементы выполнены из дерева. Колокола храмов единственные металлические части культовых сооружений. Деревянные сооружения относятся к пятой степени огнестойкости и находятся в группе повышенного риска возникновения пожара из-за удара молнии.

Комплекс молниезащиты уникального музея под открытым небом в Кижях прошел в своем развитии четыре модернизации. Последняя, самая совершенная, система защита от молнии Кижского погоста состоит из традиционных элементов: молнеприемника, двух токоотводов и заземления. В отличие от предыдущих систем стальные составляющие системы были заменены на медные, которые имеют более высокую проводимость тока и менее подвержены ржавчине. Степень защиты от молнии объектов Кижского музея-заповедника стала значительно выше, благодаря установке молнеотводов на всех главах храмов, начиная с нижних и центральных глав до высшей точки храмов (рис. 3).

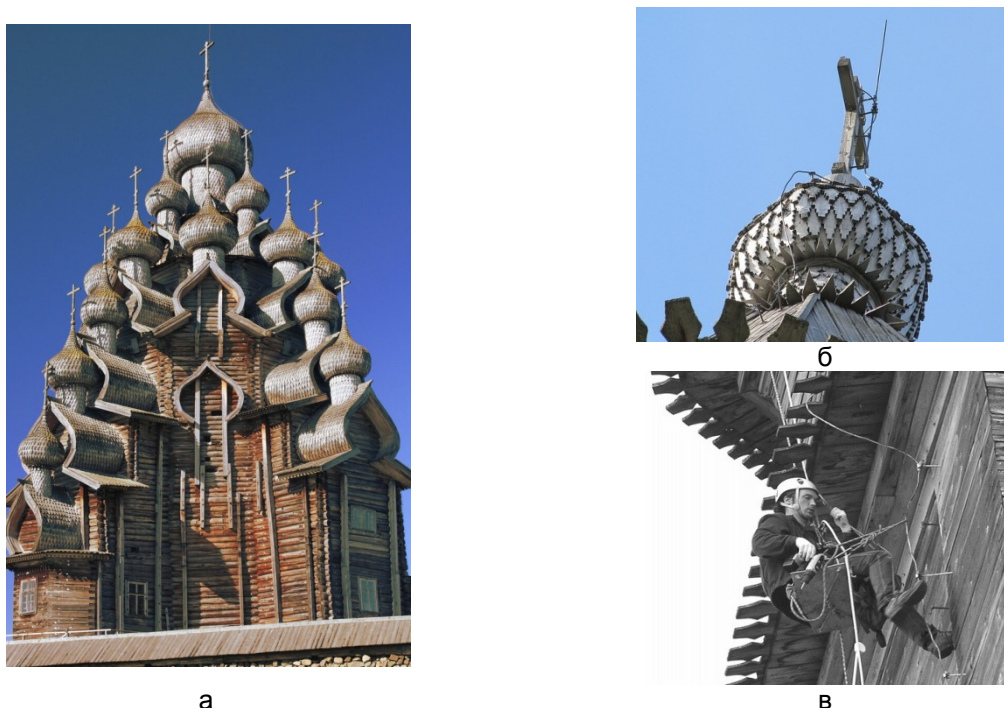
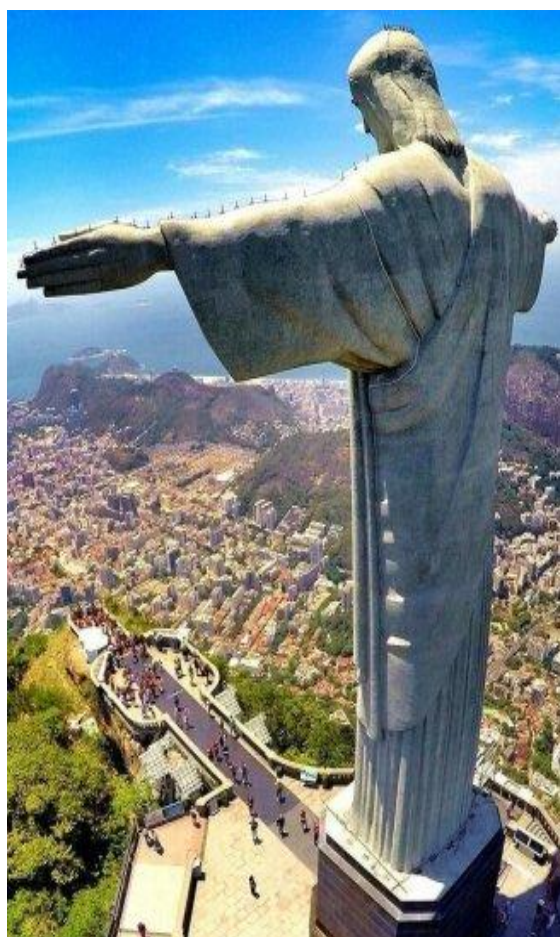


Рисунок 3 – Молниезащита деревянных культовых сооружений: а – храм Преображения Господня в Кижях; б – молнеприемник на деревянном кресте храма; в – монтаж токоотводов по фасаду храма

Наиболее приемлемым решением, с эстетической точки зрения, можно считать организацию системы молниезащиты для статуи Христа-Искупителя в Рио-де-Жанейро. Статуя Иисуса Христа, выполненная в стиле ар-деко, воздвигнута на высоте 709 метров над уровнем моря, на вершине горы Корковаду. Статуя Христа – гордость национального парка Тижук,

символ города Рио-де-Жанейро и визитная карточка всей Бразилии. Она входит в пятерку самых высоких современных монументов. Из-за своего географического положения – на пике горы статуя систематически подвергается ударам молнии, не менее четырех раз в год, фактически она стала громоотводом для всего Рио-де-Жанейро. Монумент Христа-Искупителя высотой 38 метров, размахом рук 28 метров и весом 635 тонн без постамента, изготовлен из железобетона и декорирован мыльным камнем. Железобетон, а именно входящая в его состав металлическая арматура, выступает в системе как токоотвод. Мыльный камень – стеатит является хорошим диэлектриком – изолятором, гасящим сильные мгновенные разряды молнии. Система молниезащиты организована со спины статуи. Многочисленные короткие стержневые молниеприемники, соединённые токоотводами, расположены на теменной части головы статуи в виде окружности и вдоль раскинутых рук Христа, начиная от основания шеи до средних пальцев рук. От теменной окружности, прячась в затылочных прядях волос, спускаются два токоотвода, затем незаметно на спине маскируются в вертикальных складках иудейского хитона Христа и спускаются к постаменту, где организовано заземление (рис.4). Частые удары молнии ни разу не нанесли серьезных повреждений статуе, благодаря надежной системе молниезащиты и физико-химическим свойствам материалов, из которых изготовлена статуя. Последствия ударов молнии – незначительные повреждения декоративного слоя статуи, периодически реставрируются стеатитом из специального запаса католической епархии.



а



б



в



г

Рисунок 4 – Молниезащита статуи Христа-Искупителя в Рио-де-Жанейро: а – общий вид системы молниезащиты со спины статуи; б – короткие стержневые молниеприемники на голове статуи; в – молниеприемники, соединенные токоотводами, вдоль плеч статуи; г – молниеприемники вдоль рук, вплоть до среднего пальца статуи





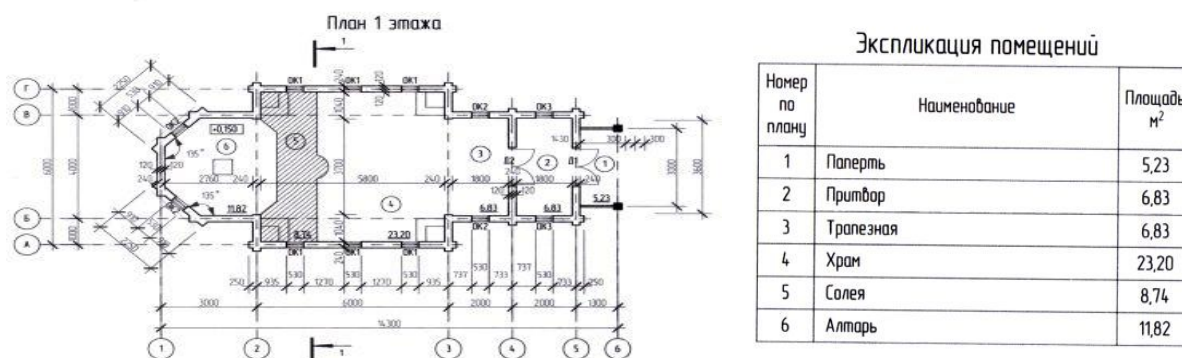


Рисунок 5 – Проект восстановления церкви Сергия Радонежского в городе Омске: а – 3-D визуализация; б – разрез церкви с схемой молниезащитой и сечение бревна стены с внутренней прокладкой токоотвода; в – схема комплексной молниезащиты на макете церкви; г – план 1 этажа и экспликация помещений

Подставив фактические значения в формулу, получили ожидаемое количество  $N$  поражений молнией в год, для запроектированной воссоздаваемой церкви Сергия Радонежского в городе Омске, равное  $N = 0,04$ . При значении  $N$  больше нуля необходимо проектировать систему молниезащиты церкви.

Так как церковь Сергия Радонежского была построена в лучших традициях русского деревянного зодчества, то все её конструкции и архитектурные детали были выполнены из дерева. Воссоздание церкви, по разработанному проекту, предполагает использование при возведении культового сооружения аутентичных конструкций и материалов. При проектировании системы молниезащиты к проекту можно было воспользоваться уже успешно реализованным техническим решением в Кижях. Авторы считают, что решение монтировать токоотводы крепёжными устройствами на нормативном расстоянии – 10 см от внешней поверхности храмов Кижского погоста, не соответствует высоким эстетическим требованиям, предъявляемым к облику архитектурных памятников (рис.2в).

Авторское концептуальное решение системы защиты от молнии церкви Сергия Радонежского предусматривает, что весь комплекс молниезащиты будет располагаться со стороны дворового фасада церкви, в осях Г-А (рис. 5в), где прирублена алтарная часть к основному объёму церкви. Молниеприёмник установлен традиционно в самой высокой точке здания – на кресте и прикреплён к нему со стороны дворового фасада. Два токоотвода, кабеля диаметром 35 мм, протянуты во внутреннем пространстве церкви от креста и маковки через купол, шею, восьмигранную скатную крышу (синяя линия на рис. 5в), по полу чердака (рис.5б). Внутри чердачного помещения токоотводы смонтированы традиционным способом, на крепежных устройствах к стропилам на нормативном расстоянии 10 см от стропильных конструкций. Далее токоотводы протянуты в бревнах стен солеи, по оси 2 (рис.5б,г), расположенных по обе стороны от смежной алтарной части церкви. В бревнах стен прорезана выемка, глубиной 80 мм и шириной 45 мм, где заложена стеклопластиковая труба диаметром 40 мм с кабелем диаметром 35 мм токоотводом внутри. Каждая вырезанная часть бревна-вкладыша в порядке следования бревен – венцов нумеруется. Обрезанные части вкладышей последовательно, согласно нумерации приклеиваются на длинные рейки. Рейки с приклеенными вкладышами вставляются в прорезанные выемки стен, где проложены токоотводы, делая прокладку токоотводов невидимой, а значит эстетичной, визуально не нарушающей аутентичность внутренней поверхности стен церкви. Токоотводы на уровне пола помещения солеи соединяются с кабелем заземления (рис.5в). Заземление проложено под землей вокруг алтарной части здания, где проектом не предусмотрено людских потоков.

### Заключение

Расчет ожидаемого количества  $N$  поражений молнией воссоздаваемой в Омске церкви Сергия Радонежского показал, что проектирование системы молниезащиты для церкви обязательно. Результаты расчета и анализ системы молниезащиты на примерах культовых сооружений русского деревянного зодчества и памятников архитектуры в Кижях, и статуи Христа-Искупителя в Рио-де-Жанейро легли в основу разработки авторского концептуального

решения системы защиты от молнии церкви Сергия Радонежского в городе Омске. Эффективное и надежное проектное решение системы молниезащиты церкви Сергия Радонежского соответствует также высоким эстетическим требованиям, предъявляемым к памятникам архитектуры.

### Библиографический список

1. Мильчик М.И. Исторический город и современная архитектура. Л.: Знание, 1990. 32 с.: ил.
2. Александров Г.Н. Молния и молниезащита. Изд-во: М.: Наука, 2008. 274 с.
3. Базелян Э.М., Райзер Ю.П. Физика молнии и молниезащиты. М.: Физматлит, 2001. 320 с.
4. РД 34.21.122-87. Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений. Введ. 1987-10-12. М.: ГНИЭИ им. Кржижановского, 1987. 38 с.
5. СО 153-34.21.122-2003. Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций. Введ. 2003-03-06. М.: ЦПТИ ОРГРЭС, 2004. 31 с.
6. СТО Газпром 2.1.11-170-2007. Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и коммуникаций ОАО «Газпром». Введ. 2008-03-25. М.: ООО «ВНИИГАЗ», 2008. 54 с.
7. Рахимов Д.Р., Кадах В.А., Морсин И.А. Анализ различных способов молниезащиты индивидуальных загородных строений / В книге: Радиоэлектроника, электротехника и энергетика // Двадцать третья международная научно-техническая конференция студентов и аспирантов (2-3 марта 2017 г., Москва: НИУ МЭИ). 2017. С. 432.
8. Турутин С.Ю., Антипин Д.Е. Молниезащита. В сборнике: Введение в энергетiku. Сборник материалов I Всероссийской молодежной научно-практической конференции, 17-19 декабря 2014 г., Кемерово [Электронный ресурс]. // ФГБОУ ВПО «Кузбас. гос. Техн. ун-т им. Т.Ф. Горбачева»; ред. кол.: В.П. Тациенко (отв. редактор) [и др.]. Кемерово, 2014. С. 70-78.

### LIGHTNING PROTECTION OF RELIGIOUS BUILDINGS AND MONUMENTS

M.V. Zaxarenko<sup>1</sup>, V. N. Shipilin<sup>1</sup>, E.V. Chekmareva<sup>2,3</sup>, T.V. Chekmareva<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Omsk State Technical University, Omsk, Russia;

<sup>2</sup>Siberian State Automobile and Highway University (Sibadi), Omsk, Russia;

<sup>3</sup>Omsk construction College, Omsk, Russia

**Abstract.** The article describes the dangerous consequences of atmospheric electric discharge, considered passive and active methods of lightning protection. The main three methods of lightning protection of historical and cultural buildings from a direct lightning strike are described. An example of lightning protection system of wooden religious buildings and monuments in Kizhi is given. The article describes the aesthetic solution of lightning protection of the monument-the statue of Christ the Redeemer in Rio de Janeiro. Presented: development of the project of reconstruction of the wooden Church of St. Sergius of Radonezh in Omsk and a conceptual proposal for the lightning protection system to the project. The article is addressed to the architectural community, its purpose is to familiarize present and future architects with the methods of effective and aesthetic lightning protection.

**Keywords:** lightning protection, lightning receivers, grounding, current collectors, architectural monuments, religious buildings.

### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Захаренко Михаил Валерьевич** (Россия, Омск) – магистрант группы ЭЭМ-183, ФГБОУ ВО «ОмГТУ» (644050, г. Омск, проспект Мира 11, e-mail: zaxorenko09-09@mail.ru).

**Шипилин Владислав Николаевич** (Россия, Омск) – магистрант группы ЭЭМ-183, ФГБОУ ВО «ОмГТУ» (644050, г. Омск, проспект Мира 11, e-mail: shipilin.vladislav@yandex.ru).

**Чекмарева Елена Владимировна** (Россия, Омск) – магистрант группы См-18МА1, «Института магистратуры и аспирантуры» ФГБОУ ВО «СИБАДИ» (644080, г. Омск, проспект Мира, 5) – преподаватель архитектурных дисциплин, БПОУ ОО «Омский строительный колледж» (644116 г. Омск, 30-я Северная, д. 71; e-mail: chek\_ev@mail.ru).

**Чекмарева Татьяна Владимировна** (Россия, Омск) – магистрант группы См-18МА1, «Института магистратуры и аспирантуры» ФГБОУ ВО «СИБАДИ» (644080, г. Омск, проспект Мира, 5, e-mail: chek\_tv@mail.ru).

### INFORMATION ABOUT AUTHORS

**Zakharenko Mikhail Valeryevich** (Russia, Omsk) – master's student of group EEm-183, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Omsk State Technical University» (644050, Omsk, prospect Mira 11, e-mail: zaxorenko09-09@mail.ru)

**Shipilin Vladislav Nikolaevich** (Russia, Omsk) – master's student of group EEm-183, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Omsk State Technical University» (644050, Omsk, prospect Mira 11, e-mail: shipilin.vladislav@yandex.ru)

**Chekmareva Elena Vladimirovna** (Russia, Omsk) – master's student of group Sm-18MA1, «Institute of master's and postgraduate» Siberian State Automobile and Highway University (644080, Omsk, Mira avenue, 5); – teacher of architectural disciplines, Budget professional educational institution of Omsk region «Omsk construction College» (644116 Omsk, 30-I North, d. 71; e-mail: chek\_ev@mail.ru).

**Chekmareva Tatiana Vladimirovna** (Russia, Omsk) – master's student of group Sm-18MA1, «Institute of master's and postgraduate» Siberian State Automobile and Highway University (644080, Omsk, Mira avenue, 5, e-mail: chek\_tv@mail.ru).

**Научный руководитель** Чудинов А.Н. кандидат технических наук,  
доцент кафедры «Электрическая техника» ФГБОУ ВО «ОмГТУ»

УДК 692

## РАСЧЕТНО-КОНСТРУКТИВНОЕ РЕШЕНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА ГОСТИНИЦЫ С РАМНО-МЕТАЛЛИЧЕСКИМ КАРКАСОМ

Я.Д. Котова, С.М. Аксенова

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ)»*

**Аннотация.** В статье рассматривается конструктивное решение строительства гостиницы в городе Омске. Актуальность строительства гостиницы диктуется непрерывным ростом потребностей в гостиничном обеспечении, связанном с особенностями общественного развития города. Необходимостью ускоренного и широкого обмена научной информацией и передовым опытом путем организации совещаний, конференций, съездов, а так же повышением мобильности населения в связи с ростом его культурного уровня и материальной обеспеченности, развитием туризма и экскурсий, развитием международных связей и международного туризма.

**Ключевые слова:** строительство, общественные здания, проектирование, конструкторское решение.

### Введение

Сегодня в стране активно развивается как просто туризм, так и деловое сообщение, бизнес-туризм. В город Омск приезжают гости из разных государств, которые нуждаются в качественном размещении. Следовательно, строительство новых гостиниц, предлагающих разные цены и разные условия, актуально в настоящее время [1, 2, 3, 4].

### Основная часть.

Гостиница представляет собой Г-образное здание в плане, условно разделенное на 4 блока переменной этажности: 4-6 надземных этажей. Также имеется подземная парковка, запроектированная в два уровня [5, 6, 7].

Проектом предлагается, что гостиница будет расположена в Центральном АО г. Омска между: с северной стороны – ул. Победы, с восточной стороны – существующее административное здание «МРСК Сибири», с южной стороны – Набережная Тухачевского, с западной стороны – существующее здание музея Достоевского, в соответствии с соблюдением правил [8].

В конструктивном решении здание-гостиница представляет собой Г-образное здание в плане размером в осях 61,0х96,0 м. Общее количество этажей в разных частях гостиницы составляет 6-8 этажей. Высоты этажей различны в зависимости от функционального назначения: 3,3 м – высота этажа подземной парковки на отм. –7,200; 3,9 м – высота этажа подземной парковки на отм. –3,900; 3,3 м – высота первого этажа; 4,05 м – высота первого этажа в части ресторана; 3,0 м – высота 2–5 этажей; 3,9 м – высота шестого этажа [5, 6, 7, 9].

Здание разделено на 2 температурных блока (температурный шов расположен в осях Ж-И).

Пространственная жесткость и устойчивость здания обеспечивается конструкцией металлического рамного каркаса и ядрами жесткости, выполненными из монолитного железобетона толщиной 250 мм, играющими роль лестничных клеток, объединенных горизонтальными дисками перекрытий, и передающих усилия на плитный фундамент.

Строительная система здания – металлический рамный каркас.

Конструктивная система здания – каркасно-ствольная, основанная на разделении между каркасом и ядрами жесткости восприятия вертикальных и горизонтальных нагрузок и воздействий. Конструктивная система здания представляет собой совокупность взаимосвязанных несущих конструктивных элементов, обеспечивающих его прочность и устойчивость. Несущая конструктивная система здания состоит из фундамента, опирающихся на него вертикальных несущих элементов (колонн и подпорных стен подвала) и объединяющих их в единую пространственную схему горизонтальных элементов (балок и плит перекрытия и покрытия) [9].



## ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА

Характеристика основных строительных конструкций и материалов представлена в форме таблицы 1.

Таблица 1 – Характеристика основных строительных конструкций и материалов

№ п/п	Наименование конструкций и элементов зданий	Характеристика конструкции и материалов
1	Фундамент	Монолитная плита толщиной 750 (900) мм (арматура рабочая А400 ГОСТ 34028-2016, бетон В25) по подготовке из бетона В7,5 толщиной 100 мм
2	Подпорные стены подвала	Монолитные железобетонные толщиной 400 мм, бетон В30, армирование отдельными стержнями арматурой А400 ГОСТ 34028-2016; утеплитель «Пеноплекс» толщиной 50 мм
3	Гидроизоляция ниже отм. 0,000	Окрасочная – битумнополимерным составом за два раза; оклеечная – Техноэласт ЭПП в 2 слоя, защита гидроизоляции – мембрана Planter Geo
4	Наружные стены	Кирпич марки КР-р-по 250x120x65/1НФ/100/2.0/35/ГОСТ530-2012 толщиной 250 мм; утеплитель из жестких негорючих минераловатных плит на базальтовой основе толщиной 150 мм, $\rho_0 = 90 \text{ кг/м}^3$ , $\lambda = 0,038 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$ ; навесной вентилируемый фасад толщиной 160 мм с облицовкой керамогранитом
5	Внутренние стены	Кирпич марки КР-р-пу 250x120x65/1НФ/100/2.0/35/ГОСТ530-2012 толщиной 250 мм
6	Перегородки	Между апартаментами и стены сан.узлов – кирпич марки КР-р-пу 250x120x65/1НФ/100/2.0/35 /ГОСТ530-2012 толщиной 120 мм; внутри апартаментов – гипсовые пазогребневые плиты толщиной 100 мм
7	Каркас	Рамный металлический из горячекатаного профиля. Колонны – двутавр 30К2...40К2 ГОСТ Р 57837-2017, сталь С255 ГОСТ 27772-2015; балки главные и второстепенные – двутавр 25Ш1...35Ш2 ГОСТ Р 57837-2017, под наружные стены – двутавр 25К2 ГОСТ Р 57837-2017, сталь С255 ГОСТ 27772-2015, сопряжение балок – в одном уровне; по контуру кровли – швеллер 22П ГОСТ 8240-97, сталь С245 ГОСТ 27772-2015
8	Перекрытия и покрытия	Сборные железобетонные многопустотные предварительно напряжённые плиты стенового безопалубочного формования толщиной 220 мм по с. ИЖ 568-03 с устройством монолитных участков из керамзитобетона $\delta = 1600 \text{ кг/м}^3$ . Опираие на главные и второстепенные балки на вспомогательный пояс
9	Кровля	Покрытие эксплуатируемой кровли – тротуарная плитка морозостойкая, покрытие неэксплуатируемой кровли – 2 слоя водоизоляционного ковра, пароизоляция – «Линокрот ТПП», утеплитель и уклонообразующий слой – «Технорурф» толщиной до 570 мм
10	Лестницы	Сборные марши по с. 1.151.1-7 в.1, площадки монолитные железобетонные толщиной 180 мм, бетон В30, арматура А400 ГОСТ 34028-2016
11	Лестничная клетка	Монолитная железобетонная толщиной 250 мм, бетон В30, арматура А400 ГОСТ 34028-2016
12	Лифты	Шахты лифтов – монолитные толщиной 200 мм, бетон В30. Лифты – пассажирские «Могилёвского завода» ПБА0610КТ (1 лифт до первого этажа) г/п 630 кг и ПБА1016ШТ (4 лифта на все этажи) г/п 1000 кг.

Для проектирования балочной клетки и колонн здания рассматривается рамный металлический каркас здания, включающий в себя двутавровые поэтажные колонны и двутавровые главные и второстепенные балки. Далее будут рассчитаны наиболее нагруженные балка и колонна фрагмента каркаса в осях 8-11/А-Ж. [10, 11]. Приняты следующие исходные данные: 1. Район строительства – г. Омск. 2. Назначение здания – гостиница. 3. Снеговой район

## ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА

– III 4. Ветровой район – II 5. Размеры балочной клетки:  $L_1 = 6,1$  м,  $L_2 = 6,8$  м,  $L_3 = 5,4$  м (см. рисунок1). 6. Высоты этажей: 3,3 м – подземная парковка на отм.  $-7,200$ ; 3,9 м – подземная парковка на отм.  $-3,900$ ; 3,3 м – первый этаж; 4,05 м – первый этаж в части ресторана; 3,0 м – 2-5 этажи; 3,9 м – шестой этаж. 7. Колонны и балки – двутавры горячекатаные с параллельными гранями полок по ГОСТ Р 57837-2017 [10, 12, 13]. При проектировании в г. Омске сейсмику не учитываем.

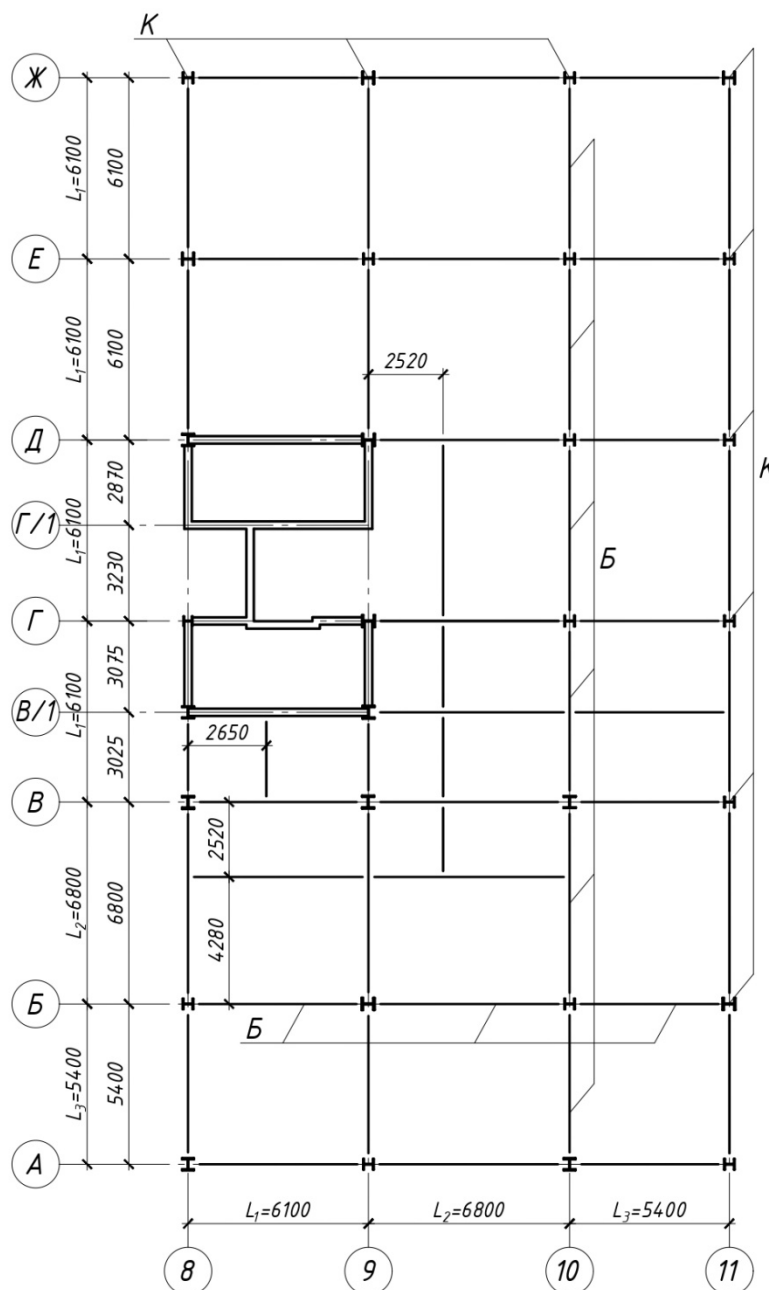


Рис. 1. Планировочная схема балочной клетки типового этажа в осях 8-11/А-Ж:  
Б – балка; К – колонна

На рассматриваемый каркас действуют следующие нагрузки (сбор нагрузок): 1. Постоянные: вес балок; вес колонн; вес внутренних стен; вес наружных стен; вес покрытия (железобетонная плита, утеплитель, уклонообразующий слой, кровельные слои); вес перекрытия (парковка – монолитное железобетонное перекрытие, цементно-песчаная стяжка, гидроизоляция, бетон

## ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА

В30; 1-6 этажи – железобетонная плита, цементно-песчаная стяжка, напольная плитка); вес перегородок; эксплуатационные нагрузки; 2. Временные: снег; ветер.

Для расчета принимаем балки и колонны по [10, 12, 13], профиля и собственный вес которых представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Собственный вес балок и колонн

Балка				Колонна			
Профиль	Собственный вес, кгс/м	$\gamma_f$	q, кгс/м	Профиль	Собственный вес, кгс/м	$\gamma_f$	q, кгс/м
25 К2	72,4	1,05	76,02	30 К2	94	1,05	98,7
25 Ш1	44,2		46,41	30 К3	105,8		111,1
30 Ш2	68,6		72,03	35 К2	136,5		143,3
35 Ш2	79,7		83,69	40 К1	146,7		154,0
				40 К2	171,7		180,2
							180,2

Сбор постоянных нагрузок от веса внутренних и наружных стен, перекрытия, покрытия, перегородок и сбор постоянных эксплуатационных нагрузок представлен в таблице 3.

Нормативное значение снеговой нагрузки на горизонтальную проекцию покрытия следует определять по формуле

Нормативная снеговая нагрузка вычисляется по формуле:

$$S_0 = 0,7c_e c_t \mu S_g, \quad (1)$$

где  $c_e = 1$  – коэффициент, учитывающий снос снега с покрытий зданий под действием ветра или иных факторов;

$c_t = 1$  – термический коэффициент;

$\mu = 1$  – коэффициент перехода от веса снегового покрова земли к снеговой нагрузке на покрытие;

$S_g = 184 \text{ кгс/м}^2$  – вес снегового покрова на  $1 \text{ м}^2$  горизонтальной поверхности земли;

$$S_0 = 0,7 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 184 = 128,8 \text{ кгс/м}^2.$$

Расчетная снеговая нагрузка  $S$ , кгс/м<sup>2</sup>, определяется по формуле

$$S = S_0 \cdot \gamma_f, \quad (2)$$

где  $\gamma_f = 1,4$  – коэффициент надежности по снеговой нагрузке;

$$S = 128,8 \cdot 1,4 = 180,3 \text{ кгс/м}^2.$$

Ветровая нагрузка определена в соответствии [12].

Особенности вычисления ветровой нагрузки:

– определяется только средняя составляющая ветровой нагрузки  $\omega_m$ , кгс/м<sup>2</sup> (пульсационная составляющая будет учтена при расчете в ПК «Лира-САПР»);

– тип местности – В;

– ветровая нагрузка выше нижней отметки парапета (отм. +18.900) представляется в виде сосредоточенной  $W_a$  и  $W_m$ , кгс, приложенной к верхнему узлу колонны.

Расчет ветровой нагрузки представлен в таблице 4.

## ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА

Таблица 3 – Сбор постоянных нагрузок

Нагрузка	δ, м	ρ, кг/м <sup>3</sup>	q <sub>н</sub> , кгс/м <sup>2</sup>	h <sub>эт</sub> , м				q <sub>н</sub> , кгс/м				γ <sub>i</sub>	q, кгс/м <sup>2</sup>	q, кгс/м			
				1	1р	2-5	6	1	1р	2-5	6			1	1-р	2-5	6
Внутренняя стена																	
Кирпичная кладка	0,25	1500		3,3	4,05	3	3,9	1237,5	1518,75	1125	1462,5	1,1		1361,25	1670,63	1237,5	1608,75
Наружная стена																	
Кирпичная кладка	0,25	1600		3,3	4,05	3	3,9	1320	1620	1200	1560	1,1		1452	1782	1320	1716
Утеплитель	0,15	90						44,55	54,68	40,5	52,65	1,2		53,46	65,61	48,6	63,18
Вентилируемый фасад			30					99	121,5	90	117	1,2		118,8	145,8	108	140,4
Σ <sub>ст</sub> =														1624,26	1993,41	1476,6	1919,58
Покрытие																	
Ж/б плита			300									1,1	330				
Утеплитель, уклонообразующий слой	0,57	130	74,1									1,2	88,92				
Кровельные слои			12									1,2	14,4				
Σ <sub>пок</sub> =													433,32				
Перекрытие																	
Парковка: монолитное ж/б перекрытие	0,22	2400	528									1,1	580,8				
Ц/п стяжка	0,12	1400	168									1,3	218,4				
Гидроизоляция			5									1,2	6				
Бетон В30	0,03	2400	72									1,1	79,2				
Σ <sup>н</sup> <sub>парк</sub> =			773										884,4				
1-6 эт.: ж/б плита			300									1,1	330				
Ц/п стяжка	0,06	1400	84									1,3	109,2				
Напольная плитка			20									1,2	24				
			Σ <sup>н</sup> <sub>эт</sub> = 404										Σ <sup>н</sup> <sub>эт</sub> = 463,2				
Перегородки			100									1,1	110				
Эксплуатационные нагрузки																	
Парковка			350									1,2	420				
1 эт.			300									1,2	360				
2-6 эт.			150									1,3	195				
													Σ <sub>парк</sub> = 1304,4				
													Σ <sub>1 эт.</sub> = 933,2				
													Σ <sub>2-6 эт.</sub> = 768,2				

Таблица 4 – Расчет ветровой нагрузки

Высота Z, м	Нормативное ветровое давление $\omega_0$ , кгс/м <sup>2</sup>	Коэффициент $k_z$	Аэродинамический коэффициент $C_{ei}$	Нормативная средняя ветровая нагрузка $\omega_m^h$ , кгс/м <sup>2</sup>	$\gamma_f$	Расчетная средняя ветровая нагрузка $\omega_m$ , кгс/м <sup>2</sup>	Грузовая ширина В, м	Расчетная погонная ветровая нагрузка $\omega$ , кгс/м	Грузовая ширина В, м	Расчетная погонная ветровая нагрузка $\omega$ , кгс/м	Грузовая ширина В, м	Расчетная погонная ветровая нагрузка $\omega$ , кгс/м	
5	30	0,493	0,8	11,83	1,4	16,57	6,1	6,45	2,7	101,05	2,7	44,73	
12,7		0,715	0,8	17,16		24,02				146,55		154,96	64,87
18,9		0,838	0,8	20,11		28,16				171,76		181,61	76,02
20,3		0,863	0,8	20,71		29,00				176,88		187,03	78,29
5		0,493	-0,5	-7,40		-10,35				-63,15		-66,78	-27,95
12,7		0,715	-0,5	-10,73		-15,02				-91,60		-96,85	-40,54
18,9		0,838	-0,5	-12,57		-17,60				-107,35		-113,51	-47,52
20,3		0,863	-0,5	-12,95		-18,12				-110,55		-116,89	-48,93
							$W_a$ , кгс			1664,41		291,65	
							$W_n$ , кгс			-1040,26		-182,28	

Так же произвели расчет каркаса. Расчет каркаса выполнен в ПК «Ли́ра-САПР» с приложением нагрузок по четырем видам загрузений: постоянная нагрузка; снеговая нагрузка; средний ветер; пульсация.

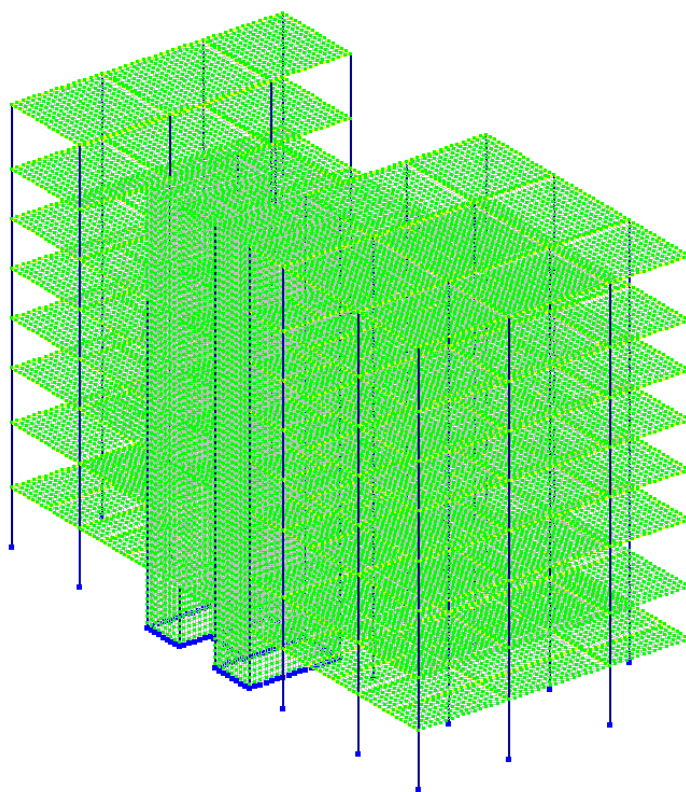


Рисунок 2 – Расчетная схема каркаса

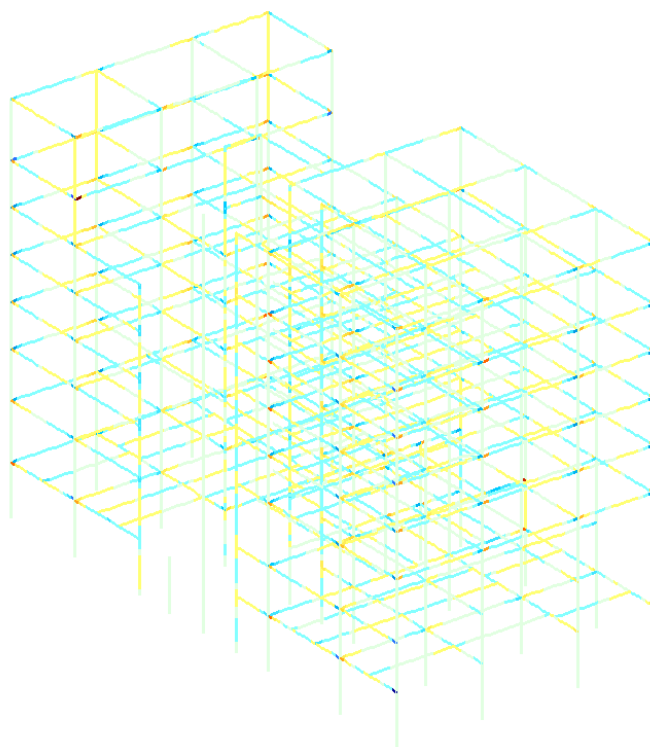


Рисунок 3 – Мозаика изгибающего момента  $M_x$

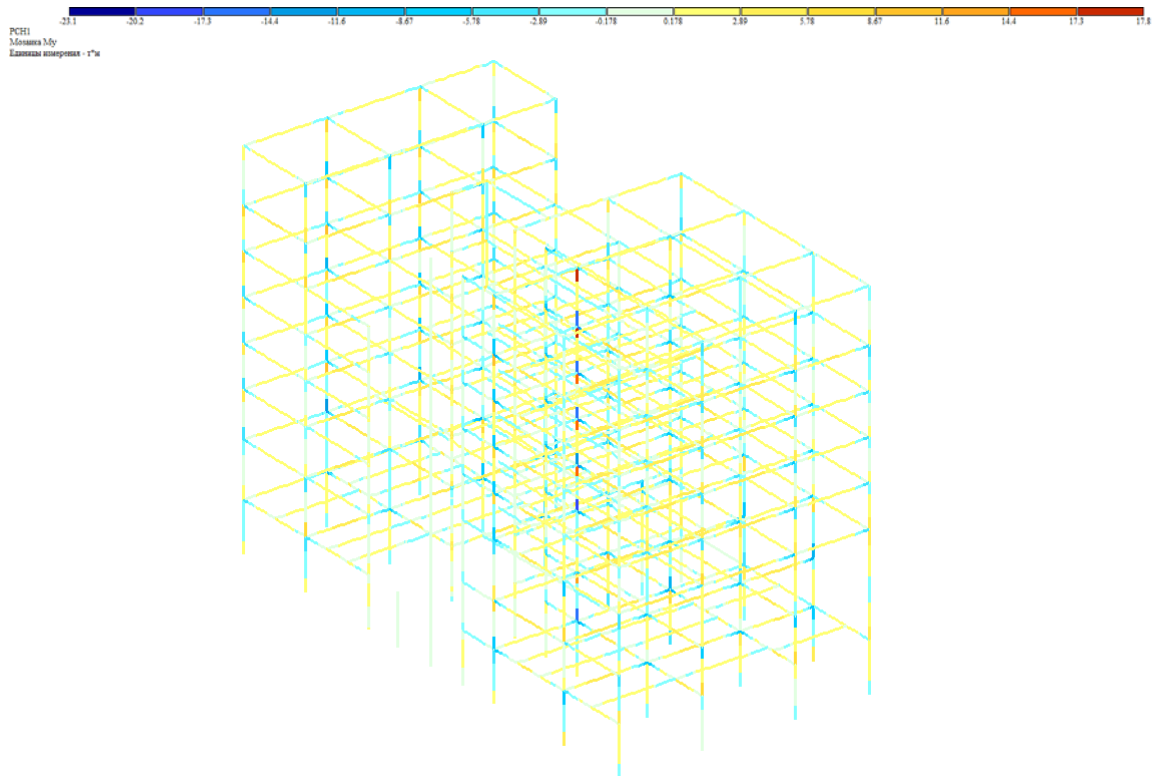


Рисунок 4 – Мозаика изгибающего момента  $M_y$

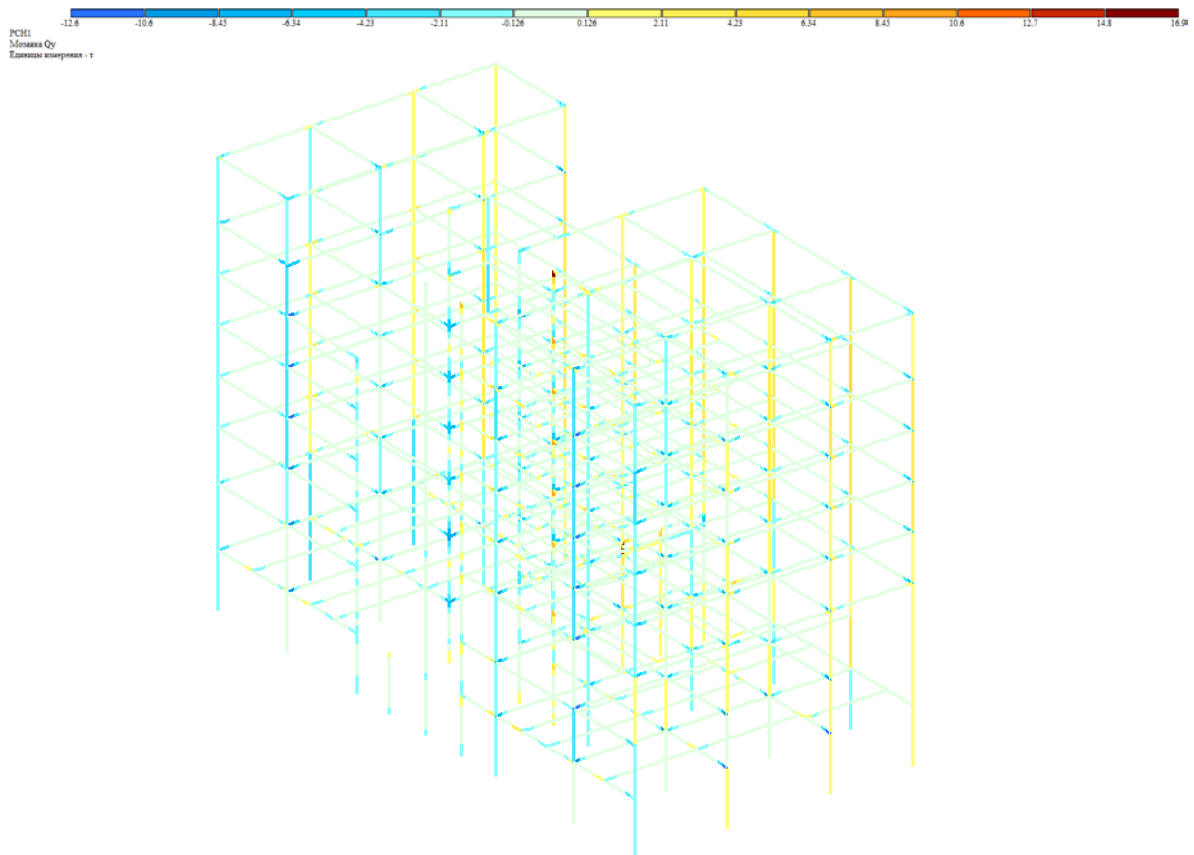


Рисунок 5 – Мозаика поперечной силы  $Q_y$



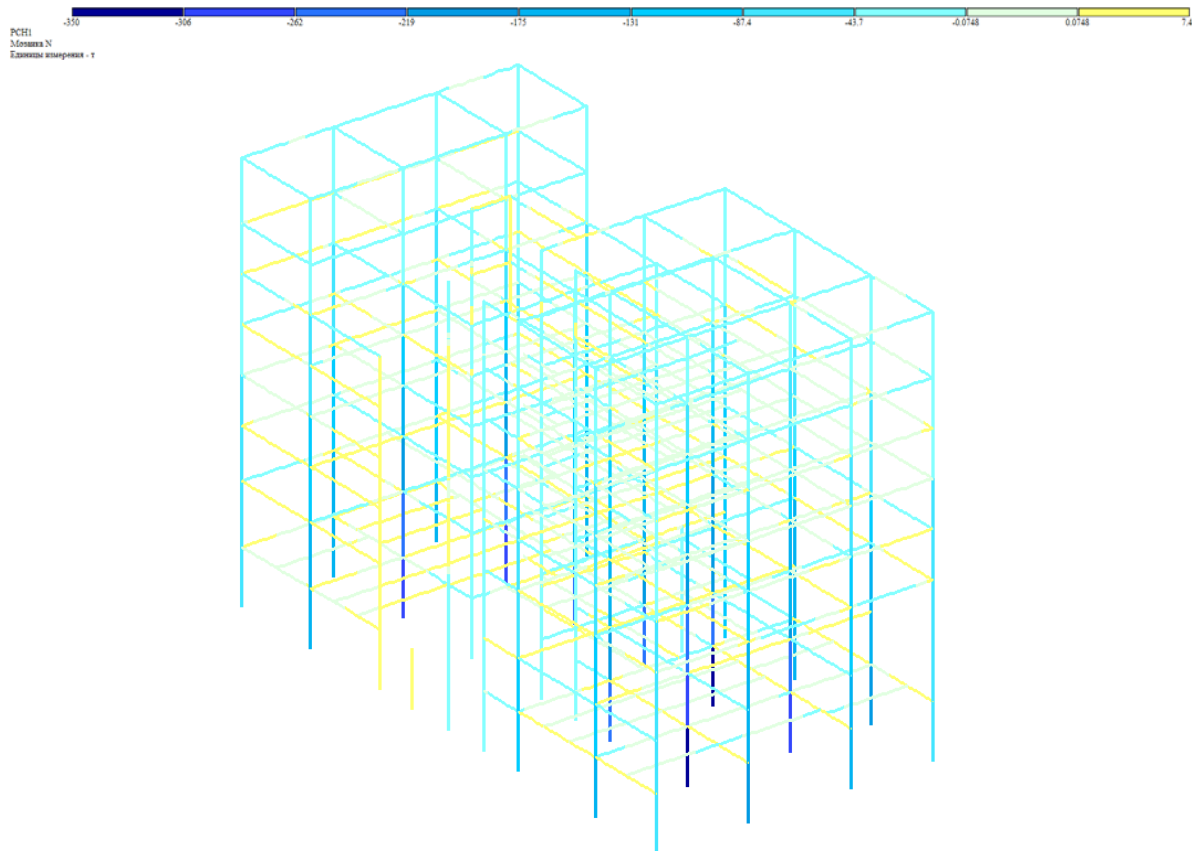


Рисунок 6 – Мозаика продольной силы  $N$

Наиболее нагруженными являются балка перекрытия шестого этажа в осях 9/Б-В и колонна второго этажа в осях 9/В.

Балка:  $M_{max} = 2310000$  кгс·см – максимальный изгибающий момент.

Колонна:  $M_x = 1,64$  кгс·см – максимальный изгибающий момент относительно оси  $x$ ;  $M_y = 1900000$  кгс·см – максимальный изгибающий момент относительно оси  $y$ ;  $Q_y = 1050$  кгс – максимальная поперечная сила относительно оси  $y$ ;  $N = 125000$  кгс – максимальная продольная сила;

Основные характеристики профилей балки и колонны приведены в таблице 5 в соответствии с [11, 12, 13].

Таблица 5 – Основные характеристики балки перекрытия и колонны

Профиль	Размеры профиля, мм				$A_{сеч}, \text{см}^2$	Масса 1м, кг	Справочные величины для осей							
	$h$	$b$	$S$	$t$			$I_x, \text{см}^4$	$W_x, \text{см}^3$	$S_x, \text{см}^3$	$i_x, \text{см}$	$I_y, \text{см}^4$	$W_y, \text{см}^3$	$i_y, \text{см}$	
35 Ш2	340	250	9	14	101,51	79,7	21678	1275,2	706,1	14,61	3650,5	292	6	
40 К2	400	400	13	21	218,69	171,7	66623	3331,2	1936,3	17,45	22412	1120,6	10,12	

Проверка прочности принятого сечения по нормальным напряжениям осуществляется по формуле:

$$\frac{M_{max}}{W_x} \leq R_y \gamma_c, \quad (3)$$

где  $M_{max} = 2310000$  кгс·см – максимальный расчетный изгибающий момент;

$W_x = 1275,2 \text{ см}^3$  – момент сопротивления относительно оси  $x$  (см. табл. 5);

$R_y = 2400 \text{ кгс/см}^2$  – расчетное сопротивление стали С255 растяжению, сжатию, изгибу (фасонный прокат, толщина полки  $t = 14 \text{ мм}$ ;

$\gamma_c = 1$  – коэффициент условия работы;

$$\frac{2310000}{1275,2} \leq 2400 \cdot 1,$$

$$1811,5 \text{ кгс/см}^2 < 2400 \text{ кгс/см}^2.$$

Условие прочности по нормальным напряжениям выполнено. Запас прочности составляет 24,5%.

Проверка жесткости принятого сечения осуществляется по формуле

$$\frac{f_{max}}{l_0} \leq \left[ \frac{f}{l} \right], \quad (4)$$

где  $\frac{f_{max}}{l_0}$  – максимальный относительный прогиб балки;

$\left[ \frac{f}{l} \right] = \frac{1}{200}$  – допустимый относительный прогиб балки.

Максимальный прогиб балки определяется по формуле

$$f_{max} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q^H \cdot l_0^4}{E \cdot I_x}, \quad (5)$$

где  $q^H$  – нормативная погонная нагрузка, кгс/см. Для расчетной балки представляет собой сумму нормативных нагрузок от веса перекрытия – 404 кгс/м<sup>2</sup>, перегородок – 100 кгс/м<sup>2</sup> и эксплуатационной нагрузки – 150 кгс/м<sup>2</sup> (при этом грузовая площадь  $B = 6,45 \text{ м}$ ), от собственного веса балки – 79,7 кгс/м и от веса внутренней стены здания – 1462,5 кгс/м (см. табл. 3)

$$q^H = \frac{(404 + 100 + 150) \cdot 6,45 + 79,7 + 1462,5}{100} = 57,6 \text{ кгс/см};$$

$l_0$  – расчетная длина балки, см, принимается равной расстоянию в свету между колоннами (по табл. 2.5 высота колонны  $h = 40 \text{ см}$ )

$$l_0 = L_2 - 2 \cdot \frac{h}{2}, \quad (6)$$

$$l_0 = 680 - 2 \cdot \frac{40}{2} = 640 \text{ см};$$

$E = 2100000 \text{ кг/см}^2$  – модуль упругости стали;

$I_x = 21678 \text{ см}^4$  – момент инерции относительно оси  $x$  (см. табл. 5);

$$f_{max} = \frac{5}{384} \cdot \frac{57,6 \cdot 640^4}{2100000 \cdot 21648} = 2,76 \text{ см},$$

$$\frac{f_{max}}{l_0} = \frac{2,76}{640} = \frac{1}{232},$$

$$\frac{1}{232} < \frac{1}{200}.$$

Условие жесткости выполнено. Запас жесткости составляет 14%.  
Проводим проверку принятого сечения колонны: Расчет на прочность:  
перед расчетом проверяются условия

$$\tau < 0,5R_s, \quad (7)$$

где  $\tau$  – касательные напряжения, кгс/см<sup>2</sup>, определяемые по формуле

$$\tau = \frac{Q_y S_x}{I_x t_w}, \quad (8)$$

где  $Q_y = 1050$  кгс – поперечная сила относительно оси  $y$ ;  
 $S_x = 1936,3$  см<sup>3</sup> – статический момент полусечения относительно оси  $x$  (см. табл. 5);  
 $I_x = 66623$  см<sup>4</sup> – момент инерции относительно оси  $x$  (см. табл. 5);  
 $t_w = S = 1,3$  см – толщина стенки (см. табл. 5);

$$\tau = \frac{1050 \cdot 1936,3}{66623 \cdot 1,3} = 23,5 \text{ кгс/см}^2;$$

$R_s$  – расчетное сопротивление стали сдвигу, кгс/см<sup>2</sup>, определяемое по формуле:

$$R_s = 0,58 \frac{R_{yn}}{\gamma_m}, \quad (9)$$

где  $R_{yn} = 2350$  кгс/см<sup>2</sup> – нормативное сопротивление стали С255 растяжению, сжатию, изгибу (фасонный прокат, толщина полки  $t = 21$  мм);

$\gamma_m = 1,025$  – коэффициент надежности по материалу;

$$R_s = 0,58 \cdot \frac{2350}{1,025} = 1330 \text{ кгс/см}^2,$$

$$23,5 \text{ кгс/см}^2 < 0,5 \cdot 1330 = 665 \text{ кгс/см}^2;$$

$$\sigma = \frac{N}{A_n} > 0,1R_y, \quad (10)$$

где  $N = 125000$  кгс – продольная сила;

$A_n = A_{сеч} = 218,69$  см<sup>2</sup> – площадь сечения (см. табл.5);

$R_y = 2300$  кгс/см<sup>2</sup> – расчетное сопротивление стали С255 растяжению, сжатию, изгибу (фасонный прокат, толщина полки  $t = 21$  мм);

$$\frac{125000}{218,69} > 0,1 \cdot 2300,$$

$$571,6 \text{ кгс/см}^2 > 230 \text{ кгс/см}^2.$$

Условия выполняются, следовательно, расчет должен быть выполнен по формуле

$$\left( \frac{N}{A_n R_y \gamma_c} \right)^n + \frac{M_x}{c_x W_x R_y \gamma_c} + \frac{M_y}{c_y W_y R_y \gamma_c} \leq 1, \quad (11)$$

где  $M_x = 1,64$  кгс·см, – изгибающий момент относительно оси  $x$

$M_y = 1900000$  кгс·см – изгибающий момент относительно оси  $y$

$c_x, c_y, n$  – коэффициенты, зависящие от соотношения площадей сечения полки  $A_f$  и стенки  $A_w$  и принимаемые согласно

$$\frac{A_f}{A_w} = \frac{b \cdot t}{(h - 2t) \cdot s}, \quad (12)$$

$$\frac{A_f}{A_w} = \frac{400 \cdot 21}{(400 - 2 \cdot 21) \cdot 13} = 1,8,$$

$$c_x = 1,046, c_y = 1,47, n = 1,5;$$

$W_x = 3331,2 \text{ см}^3$  – момент сопротивления относительно оси  $x$  (см. табл. 5);

$W_y = 1120,6 \text{ см}^3$  – момент сопротивления относительно оси  $y$  (см. табл. 5);

$\gamma_c = 1$  – коэффициент условия работы

$$\left( \frac{125000}{218,69 \cdot 2300 \cdot 1} \right)^{1,5} + \frac{1,64}{1,046 \cdot 3331,2 \cdot 2300 \cdot 1} + \frac{1900000}{1,47 \cdot 1120,6 \cdot 2300 \cdot 1} \leq 1,$$

$$0,63 < 1.$$

Условие прочности выполнено. Запас прочности составляет 37,5%.

Проверка предельной гибкости. Гибкость элемента  $\lambda$ , как правило, не должна превышать предельного значения  $\lambda_u$

$$\lambda \leq \lambda_u, \quad (13)$$

$$\lambda = \frac{l_{ef}}{i}, \quad (14)$$

где  $l_{ef} = 300 \text{ см}$  – расчетная длина колонны, принимается равной высоте второго этажа;

$i_x = 17,45 \text{ см}$  – радиус инерции относительно оси  $x$  (см. табл. 5);

$i_y = 10,12 \text{ см}$  – радиус инерции относительно оси  $y$  (см. табл. 5);

57

---

$$\lambda_x = \frac{300}{17,45} = 17,2,$$

$$\lambda_y = \frac{300}{10,12} = 29,6.$$

Для основных колонн

$$\lambda_u = 180 - 60\alpha, \quad (15)$$

где  $\alpha$  – коэффициент, принимаемый не менее 0,5, определяемый по формуле

$$\alpha = \frac{N}{\varphi A R_y \gamma_c}, \quad (16)$$

где  $\varphi$  – коэффициент устойчивости при центральном сжатии, определяемый по [11,12] в зависимости от условной гибкости стержня  $\bar{\lambda}$ , определяемой по формуле

$$\bar{\lambda} = \lambda \sqrt{\frac{R_y}{E}}, \quad (17)$$

$$\bar{\lambda}_x = 17,2 \cdot \sqrt{\frac{2300}{2100000}} = 0,57,$$

$$\bar{\lambda}_y = 29,6 \cdot \sqrt{\frac{2300}{2100000}} = 0,98.$$

Для сечения типа *b*  $\varphi_x = 0,988$ ,  $\varphi_y = 0,949$ .

$$\alpha_x = \frac{125000}{0,988 \cdot 218,69 \cdot 2300 \cdot 2} = 0,25,$$

$$\alpha_y = \frac{125000}{0,949 \cdot 218,69 \cdot 2300 \cdot 2} = 0,26.$$

Так как  $\alpha_{x(y)} < 0,5$ , то принимаем  $\alpha = 0,5$ .

$$\lambda_u = 180 - 60 \cdot 0,5 = 150,$$

Так как  $17,2 < 150$ ,  $29,6 < 150$ , следовательно, условие предельной гибкости выполняется. Запасы составляют 88,5% и 80% соответственно.

Расчет на устойчивость рассматриваемой колонны производится по [10, 11, 12, 13]:

1. Расчет на устойчивость внецентренно-сжатых (сжато-изгибаемых) элементов постоянного сечения в плоскости действия момента, совпадающей с плоскостью симметрии, следует выполнять по формуле:

$$\frac{N}{\varphi_e AR_y \gamma_c} \leq 1, \quad (18)$$

где  $\varphi_e$  – коэффициент устойчивости при сжатии с изгибом, определяемый по [10, 11, 12, 13] в зависимости от условной гибкости стержня  $\bar{\lambda}$ , и приведенного относительного эксцентриситета  $m_{ef}$ , определяемого по формуле:

$$m_{ef} = \eta m, \quad (19)$$

где  $\eta$  – коэффициент влияния формы сечения;

$m$  – относительный эксцентриситет, определяемый по формуле

$$m = \frac{eA}{W_c}, \quad (20)$$

где  $e$  – эксцентриситет, см, определяемый по формуле

$$e = \frac{M}{N}; \quad (21)$$

$W_c$  – момент сопротивления сечения, вычисленный для наиболее сжатого волокна, см<sup>3</sup> (см. табл. 5);

$$e_x = \frac{1,64}{125000} = 0,000013 \text{ см},$$

$$e_x = \frac{1900000}{125000} = 15,2 \text{ см},$$

$$m_x = \frac{0,000013 \cdot 218,69}{3331,2} \approx 0,$$

$$m_y = \frac{15,2 \cdot 218,69}{1120,6} = 2,97.$$

Так как  $m_x < 0,1$  далее проводим расчет только относительно оси у.

Для сечения типа 5,  $0 \leq \bar{\lambda} \leq 5$ ,  $0,1 \leq m \leq 5$  и  $A_f/A_w \geq 1$  коэффициент  $\eta$  вычисляется по формуле

$$\eta = (1,9 - 0,1m) - 0,02(6 - m)\bar{\lambda}, \quad (22)$$

$$\eta_y = (1,9 - 0,1 \cdot 2,97) - 0,02(6 - 2,97) \cdot 0,98 = 1,54,$$

$$m_{ef,y} = 1,54 \cdot 2,97 = 4,58,$$

$$\varphi_{ey} = 0,28,$$

$$\frac{125000}{0,28 \cdot 218,69 \cdot 2300 \cdot 1} \leq 1,$$

$$0,89 < 1.$$

Условие устойчивости выполняется. Запас устойчивости составляет 11%.

2. Расчет на устойчивость внецентренно-сжатых (сжато-изгибаемых) стержней сплошного постоянного сечения из плоскости действия момента при изгибе их в плоскости наибольшей жесткости ( $I_x > I_y$ ), совпадающей с плоскостью симметрии, следует выполнять по формуле:

$$\frac{N}{c\varphi_y AR_y \gamma_c} \leq 1, \quad (23)$$

где  $c$  – коэффициент, определяемый согласно требованиям [12]. Так как  $m_x < 5$ , то  $c$  следует определять по формуле [12]

$$c = \frac{\beta}{1 + \alpha m_x} \leq 1, \quad (24)$$

где  $\alpha$ ,  $\beta$  – коэффициенты, определяемые по [10-12]. Для сечения типа 1,  $m_x \leq 1$ ,  $\bar{\lambda}_y \leq 3,14$   $\alpha = 0,7$ ,  $\beta = 1$ ;

$$c = \frac{1}{1 + 0,7 \cdot 0} = 1,$$

$$\frac{125000}{1 \cdot 0,949 \cdot 218,69 \cdot 2300 \cdot 1} \leq 1,$$

$$0,26 < 1.$$

Условие устойчивости выполняется. Запас устойчивости составляет 74%.

3. Расчет на устойчивость стержней сплошного постоянного сечения, подверженных сжатию и изгибу в двух главных плоскостях, при совпадении плоскости наибольшей жесткости ( $I_x > I_y$ ) с плоскостью симметрии следует выполнять по формуле [10, 11, 12, 13]

$$\frac{N}{\varphi_{exy} AR_y \gamma_c} \leq 1, \quad (25)$$

где  $\varphi_{exy}$  – коэффициент устойчивости при сжатии с изгибом в двух плоскостях, определяемый по формуле



$$\varphi_{exy} = \varphi_{ey}(0,6\sqrt[3]{c} + 0,4\sqrt[4]{c}), \quad (26)$$

$$\varphi_{exy} = 0,28 \cdot (0,6\sqrt[3]{1} + 0,4\sqrt[4]{1}) = 0,28,$$

$$\frac{125000}{0,28 \cdot 218,69 \cdot 2300 \cdot 1} \leq 1,$$

$$0,89 < 1.$$

Условие устойчивости выполняется. Запас устойчивости составляет 11%.

В **заклучении** можно сказать, что развитие гостиничного сектора во многом определяется доступностью, что особенно важно для многих категорий населения. Поэтому выбор темы для выпускной квалификационной работы выпал на строительство гостиницы, расположенной на территории «Старой крепости» в исторической части г. Омска. Развитие деловой активности города туристами, бизнес-туристами, в том числе и иностранными гражданами, расширяет горизонты развития сферы гостиничного бизнеса и усиливает экономику региона.

### Библиографический список

1. Вильчик Н.П. Архитектура зданий: учебник / Н.П. Вильчик. 2-е изд., перераб. и доп. М.: ИНФРА-М, 2017. 319 с.
2. Казаков Ю.Н. Технология возведения зданий: учебник / Ю.Н. Казаков, А. М. Мороз, В.П. Захаров. СПб: Лань, 2018. 256 с.
3. Сборщиков С.Б. Технология возведения зданий и сооружений: учебник / С.Б. Сборщиков, А.В. Алексанин. М: Стройинформиздат, 2015. 318 с.
4. Экономика строительства: учебник / под общей ред. И.С. Степанова. 3-е изд., доп. и перераб. М: Юрайт-Издат, 2018. 620 с.
5. СП 257.1325800.2016. Здания гостиниц. Правила проектирования. М.: Минстрой России, 2017. 69 с.
6. ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. М.: Стандартинформ, 2013. 12 с.
7. СП 59.13330.2016. Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения. М.: Минстрой России, 2016. 47 с.
8. СП 48.13330.2011. Организация строительства. Актуализированная редакция СНиП 12-01-2004. М.: Минрегион России, 2011. 21 с.
9. СП 257.1325800.2016. Здания гостиниц. Правила проектирования. М.: Минстрой России, 2017. 69 с.
10. СП 70.13330.2012. Несущие и ограждающие конструкции. М.: Госстрой России. 2012. 205 с.
11. СП 16.13330.2011. Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II.23-81\*. М.: Минстрой России, 2011. 178 с.
12. СП 20.13330.2011. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85\*. М.: Минрегион России, 2011. 80 с.
13. СП 53-102-2004. Общие правила проектирования стальных конструкций. М.: ЦНИИСК. 2004. 138 с.

### SETTLEMENT AND CONSTRUCTIVE SOLUTION OF CONSTRUCTION HOTELS WITH FRAME-METAL FRAME

Y. D. Kotova, S. M. Aksenova

Siberian State Automobile and Highway University (Sibadi), Omsk, Russia

**Abstract.** The article discusses the constructive solution of the construction of a hotel in the city of Omsk. The relevance of the construction of the hotel is dictated by the continuous growth of needs for hotel provision, associated with the peculiarities of social development of the city. The need for accelerated and broad exchange of scientific information and best practices through the organization of meetings, conferences, congresses, as well as increased mobility of the population due to the growth of its cultural level and material security, the development of tourism and excursions, the development of international relations and international tourism.

**Keywords:** construction, public buildings, design, design solution.

## ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА

---

### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Котова Яна Дмитриевна** (Россия, Омск) – студентка группы ПГСб-15ПЗ кафедры «Организация и технология строительства» ФГБОУ ВО «СибАДИ», (644090, Омск, ул. Петра Некрасова, 10, кааб. 4.303., E-mail: aks-svet@mail.ru).

**Аксёнова Светлана Михайловна** (Россия, Омск) – канд. техн. наук, доцент кафедры «Организация и технология строительства» ФГБОУ ВО «СибАДИ», ( 644090, Омск, ул. Петра Некрасова, 10, кааб. 4.303., E-mail: aks-svet@mail.ru).

### INFORMATION ABOUT AUTHORS

**Kotova Yana Dmitry** (Russia, Omsk) – student of the group PSGb-15P3 of the Department "Organization and Technology of Construction" Siberian State Automobile and Highway University (SibADI) (644090, Omsk, Petra Necrasova Str., 10, kaab. 4.303, E-mail: aks-svet@mail.ru).

**Aksyonova Svetlana Mikhail** (Russia, Omsk) – candidate of technical Sciences, associate Professor Siberian State Automobile and Highway University (SibADI) (644090, Omsk, Petra Necrasova Str., kaab. 4.303. E-mail: aks-svet@mail.ru).

УДК 692

## СТРОИТЕЛЬСТВО ГОСТИНИЦЫ

Я.Д. Котова, С.М. Аксенова

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ)»

**Аннотация.** В статье рассматривается вопрос строительства гостиницы в городе Омске в стесненных условиях. Актуальность строительства гостиницы диктуется непрерывным ростом потребностей в гостиничном обеспечении, связанном с особенностями общественного развития города. Необходимостью ускоренного и широкого обмена научной информацией и передовым опытом путем организации совещаний, конференций, съездов, а так же повышением мобильности населения в связи с ростом его культурного уровня и материальной обеспеченности, развитием туризма и экскурсий, развитием международных связей и международного туризма.

**Ключевые слова:** строительство, общественные здания, проектирование.

### Введение

В связи с усилением деловой активности Омска город все чаще и чаще посещают бизнес-туристы, в том числе и иностранные граждане, что расширяет горизонты развития сферы гостиничного бизнеса [1, 2, 3, 4].

В связи с этим возникает вопрос об актуальности строительства гостиниц в г. Омске [4]. Поэтому выбор темы для выпускной квалификационной работы выпал на строительство гостиницы, расположенной на территории «Старой крепости» в исторической части г. Омска. Гостиница представляет собой Г-образное здание в плане, условно разделенное на 4 блока переменной этажности: 4-6 надземных этажей. Также имеется подземная парковка, запроектированная в два уровня. Габариты здания в осях – 61,0х96,0 м.

### Основная часть.

Целью работы будут являться составление и расчет основных разделов, необходимых для строительства и проектирования гостиницы, а именно: архитектурно-планировочного, расчетно-конструктивного, организационно-технологического и экономического разделов.

Были приняты следующие исходные данные для проектируемого здания расположенного в Центральном АО г. Омска [5, 6, 7, 8, 9, 10]: расчетная температура наружного воздуха, равна средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92, где  $t_n = -37^\circ\text{C}$ ; расчетная температура внутреннего воздуха –  $t_b = 21^\circ\text{C}$ ; расчетная относительная влажность внутреннего воздуха –  $\varphi_b = 55\%$ ; влажностный режим помещений – нормальный; зона влажности – сухая; условия эксплуатации ограждающих конструкций – А [7].

Проектом предлагается, что гостиница будет расположена в Центральном АО г. Омска между: с северной стороны – ул. Победы, с восточной стороны – существующее административное здание «МРСК Сибири», с южной стороны – Набережная Тухачевского, с западной стороны – существующее здание музея Достоевского.

Благоустройство территории гостиницы предусматривает подъезд к проектируемому зданию с ул. Победы. Вдоль продольной стороны здания предусмотрен проезд для пожарных машин с твердым покрытием шириной 6 м.

В проекте заложен тротуар шириной 2,25 м для обеспечения пешеходной связи от проектируемого здания к существующим асфальтированным пешеходным тротуарам на Набережной Тухачевского. Покрытие тротуаров – тротуарная плитка. Также предусмотрено устройство пандус-съездов для передвижения маломобильных групп населения в местах пересечения проездов и тротуаров [11].

Встроенная площадка мусоросборника находится на первом этаже здания со служебной стороны пищеблока.

На территории предусмотрено наружное освещение, размещаются скамейки и урны, вазоны для цветов.

## ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА

Озеленение представлено газоном а также посадкой кустарников.

Запроектированы встроенные парковки для гостиницы и ресторана в количестве 170 машиномест.

Таблица 1.1 – Техничко-экономические показатели генплана

Поз.	Наименование		Ед. изм.	Кол.
1	Площадь участка		м <sup>2</sup>	7249
2	Площадь застройки здания		м <sup>2</sup>	4247
2.1	в том числе	площадь гостиницы	м <sup>2</sup>	3473,4
3	Площадь покрытия		м <sup>2</sup>	3332,2
4	Площадь озеленения		м <sup>2</sup>	413,4
5	Площадь трансформаторной подстанции		м <sup>2</sup>	30

Таблица 1.2 – Техничко-экономические показатели

Поз.	Наименование		Ед. изм.	Кол.
1	Площадь застройки		м <sup>2</sup>	4247
2	Общая площадь		м <sup>2</sup>	24062
2.1	в том числе	лоджий, эксплуатируемой кровли	м <sup>2</sup>	1350
3	Полезная площадь		м <sup>2</sup>	21223
4	Расчетная площадь		м <sup>2</sup>	19576
5	Строительный объем здания		м <sup>3</sup>	83720
5.1	в том числе	выше отм. 0,000	м <sup>3</sup>	55400
5.2		ниже отм. 0,000	м <sup>3</sup>	28320

*Конструктивное решение* [12] проектируемого здания представляет собой: каркас здания – металлический рамный. Пространственная устойчивость здания обеспечивается в продольном и поперечном направлении рамами каркаса и четырьмя лестничными клетками, выполняющими функции ядер жесткости, изготовленными из монолитного железобетона толщиной 250 мм.

*Фундамент* – монолитная плита толщиной 750 (900) мм из бетона В25 на упругом основании, по подготовке из бетона В7,5 толщиной 100 мм.

*Перекрытия* выполнены из сборных железобетонных многпустотных предварительно напряжённых плит стенового безопалубочного формования толщиной 220 мм. В местах пропуска инженерных коммуникаций и прочих необходимых местах устроены монолитные участки, выполненные из монолитного керамзитобетона плотностью 1600 кг/м<sup>3</sup>.

*Наружные стены* несущие трехслойные. Выполнены из полнотелого керамического кирпича на цементно-песчаном растворе толщиной 250 мм, утеплитель – жесткая негорючая минераловатная плита на базальтовой основе, отделка – навесной вентилируемый фасад с облицовкой керамогранитом.

*Внутренние стены* кирпичные толщиной 250 мм, перегородки кирпичные толщиной 120 мм и из гипсовых пазогребневых плит толщиной 100 мм (гардеробные при апартаментах).

Стены шахт лифтов монолитные железобетонные толщиной 200 мм.

Лестничные марши сборные по серии 1.151.1-7.1, площадки монолитные железобетонные.

Оконные блоки из алюминиевого профиля с тройным остеклением (двухкамерный стеклопакет).

Двери наружные – стальные и алюминиевые дверные блоки.

*Кровля* плоская совмещенная эксплуатируемая на террасах с внутренним организованным водостоком. На перепадах высот кровли запроектированы вертикальные пожарные лестницы-стремянки.

*Водоснабжение и канализация.* В здании предусмотрены системы хозяйственно-питьевого, горячего, противопожарного водоснабжения. Принята раздельная система хозяйственно-питьевого и противопожарного водопровода. Также предусмотрены хозяйственно-бытовая и производственная канализации. Подключение объекта предусмотрено на южной границе земельного участка.

*Внутренние сети* хозяйственно-питьевого водопровода с закольцованными вводами и тупиковыми ответвлениями к потребителям.

Минимальная нормативная температура горячей воды в точках водоразбора 60°C. Горячее водоснабжение здания предусматривается по закрытой схеме через теплообменники с циркуляцией в сети в зимний период.

Для учета общего расхода холодной воды подаваемой на хозяйственно-питьевые нужды и на приготовление горячей воды на вводе водопровода и на ответвлении от магистральной сети водопровода предусмотрены счетчики воды.

Для внутреннего пожаротушения в здании предусмотрены система противопожарного водопровода с пожарными кранами, система автоматического пожаротушения. Внутренняя система противопожарного водопровода кольцевая. Пожарные шкафы предусмотрены с размещением двух огнетушителей.

*Теплоснабжение.* Система отопления апартаментов принята горизонтальная двухтрубная, коллекторная лучевая с тупиковым движением теплоносителя с поквартирным учетом тепла. В качестве средств измерения тепловой энергии приняты поквартирные счетчики тепла ELF.

Общий учет тепловой энергии на здание в целом осуществляется на узле управления в тепловом пункте.

Теплоснабжение здания предусматривается от автоматизированного узла управления, расположенного в помещении теплового пункта, который находится на техническом этаже. Теплоноситель в системе отопления – вода (подающая вода отопления – 90°C, обратная вода отопления – 70°C).

*Электроснабжение.* Источник электроснабжения гостиницы – трансформаторная подстанция. От нее прокладываются кабельные линии 0,4 кВ до вводно-распределительного устройства гостиницы.

Наружное освещение территории объекта – прожекторы, располагаемые на фасаде здания. Запитываются от блока управления освещением гостиницы.

*Вентиляция.* Для создания требуемых параметров микроклимата в помещениях апартаментов запроектирована приточно-вытяжная вентиляция. Все воздуховоды приточно-вытяжных систем расположены под потолком.

Схема направления движения воздуха в апартаментах запроектирована так, чтобы отработанный воздух удалялся непосредственно из зоны его наибольшего загрязнения, т.е. из сан.узлов, посредством вытяжной вентиляции.

Вытяжка осуществляется через вентиляционные каналы в строительных конструкциях, в которых установлены канальные вентиляторы.

Приток наружного воздуха – неорганизованный, через приточные устройства, установленные в наружных стенах жилых комнат.

На этажах также предусмотрена противодымная вентиляция для предотвращения порождающего воздействия при возникновении пожара.

*Слаботочные сети.* В соответствии с пожарной безопасностью проектом предусмотрена защита здания адресными дымовыми, ручными адресными и тепловыми пожарными извещателями. Также здание снабжено системами речевого (громкоговорители), светового (табло указателей путей эвакуации) оповещения [13].

Проектом предусмотрено оборудование здания локально-вычислительной сетью, системами телефонной связи, коллективного приема телевидения, охранного телевидения.

Теплотехническое обоснование для выбора наружной ограждающей конструкции состоит из определения толщины утеплителя наружной кирпичной стены с вентилируемой воздушной прослойкой для г. Омска.

Определение нормируемого значения сопротивления теплопередаче наружной стены:

Градуco-сутки отопительного периода ГСОП, °C·сут/год, рассчитываются по формуле

$$\text{ГСОП} = (t_{\text{в}} - t_{\text{от}}) \cdot z_{\text{от}}, \quad (1.1)$$

где  $t_{\text{в}} = 21^{\circ}\text{C}$  – расчетная температура внутреннего воздуха;

$t_{\text{от}} = -8,1^{\circ}\text{C}$  – средняя температура наружного воздуха отопительного периода со средней суточной температурой наружного воздуха не более 8°C;

$z_{\text{от}} = 216$  сут – продолжительность отопительного периода;

$$\text{ГСОП} = (21 - (-8,1)) \cdot 216 = 6285,6 \text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{сут/год}.$$

## ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА

Определяем величину требуемого сопротивления теплопередаче  $R_0^{\text{ТР}}$ ,  $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ , наружной стены для гостиницы

$$R_0^{\text{ТР}} = a \text{ ГСОП} + b, \quad (1.2)$$

где  $a$ ,  $b$  – коэффициенты, принимаемые:  $a = 0,00035$ ,  $b = 1,4$ ;

$$R_0^{\text{ТР}} = 0,00035 \cdot 6285,6 + 1,4 = 3,60 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}.$$

Нормируемое значение приведенного сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции  $R_0^{\text{НОРМ}}$ ,  $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ , следует определять по формуле:

$$R_0^{\text{НОРМ}} = R_0^{\text{ТР}} \cdot m_p, \quad (1.3)$$

где  $m_p$  – коэффициент, учитывающий особенности региона строительства. В расчете по формуле (1.3) принимается равным 1.

Тогда нормируемое значение приведенного сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции принимаем равным требуемому значению сопротивления теплопередаче наружных стен

$$R_0^{\text{НОРМ}} = R_0^{\text{ТР}} = 3,6 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}.$$

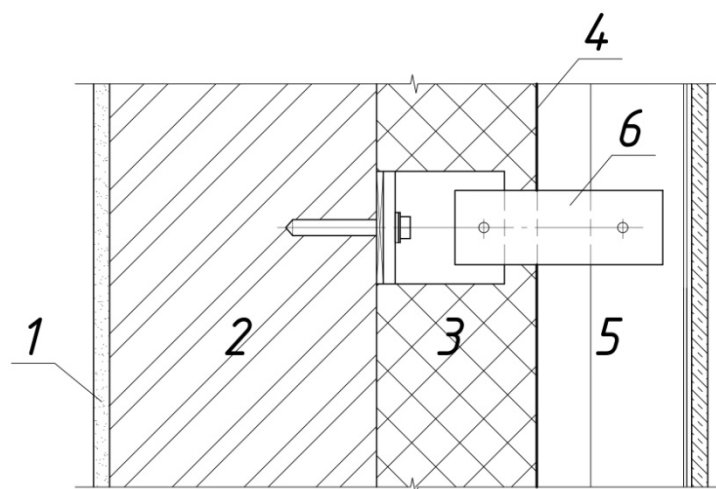


Рис. 1. Конструктивное решение наружной стены:

1 – известково-песчаный раствор,  $\rho_0 = 1600 \text{ кг}/\text{м}^3$ ,  $\delta_1 = 0,015 \text{ м}$ ,  $\lambda_{1A} = 0,7 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$ ; 2 – кирпичная кладка из полнотелого керамического кирпича на цементно-песчаном растворе,  $\rho_0 = 1600 \text{ кг}/\text{м}^3$ ,  $\delta_2 = 0,25 \text{ м}$ ,  $\lambda_{2A} = 0,61 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$ ; 3 – жесткая негорючая минераловатная плита на базальтовой основе,  $\rho_0 = 90 \text{ кг}/\text{м}^3$ ,  $\lambda_{3м.А} = 0,038 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$ ; 4 – гидро-ветрозащитная мембрана; 5 – навесная система вентилируемого фасада с облицовкой плитками керамогранита,  $\delta_5 = 0,16 \text{ м}$ ;  
6 – стальные кронштейны

Расчетные характеристики строительных материалов конструкции стены приняты по [12].

Слои конструкции, расположенные между воздушной прослойкой, вентилируемой наружным воздухом, и наружной поверхностью ограждающей конструкции, при расчете не учитываются [8, 9, 10].

Для определения толщины утеплителя наружной стены согласно [8, 9, 10] приведенное сопротивление теплопередаче отдельных ограждающих конструкций должно быть не меньше нормируемых значений (позлементные требования), т.е.  $R_0^{\text{нп}} \geq R_0^{\text{НОРМ}}$ .

Для теплотехнически однородных ограждающих конструкций приведенное сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции  $R_0^{\text{нп}}$ ,  $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ , следует определять по формуле



$$R_o^{np} = \left( \frac{1}{\alpha_b} + R_k + \frac{1}{\alpha_n} \right) \cdot r, \quad (1.4)$$

где  $\alpha_b = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°С})$  – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций;

$\alpha_n$  – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции для условий холодного периода,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°С})$ . На поверхности конструкции, обращенной в сторону вентилируемой наружным воздухом прослойки, следует принимать  $\alpha_n = 10,8 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°С})$ ;

$R_k$  – термическое сопротивление конструкции,  $\text{м}^2 \cdot \text{°С}/\text{Вт}$ , определяемое с учетом [8-10] по формуле

$$R_k = \frac{\delta_1}{\lambda_{1A}} + \frac{\delta_2}{\lambda_{2A}} + \frac{\delta_{yt}}{\lambda_{yt.A}}; \quad (1.5)$$

где  $\delta_1, \delta_2, \delta_{yt}$  – толщина слоя, м (см. рис. 1.1);

$\lambda_{1A}, \lambda_{2A}, \lambda_{yt.A}$  – расчетный коэффициент теплопроводности материала слоя,  $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{°С})$  (см. рис. 1.);

$r$  – коэффициент теплотехнической однородности. Для кирпичной конструкции с плитным эффективным утеплителем, с вентилируемой воздушной прослойкой и облицовочным слоем на подконструкции, прикрепленной к стене тремя (на  $1 \text{ м}^2$  стены) стальными кронштейнами (вентилируемый фасад здания)  $r = 0,8$ .

Сведя вышеизложенные формулы в одну получим

$$R_o^{np} = \left( \frac{1}{\alpha_b} + \frac{\delta_1}{\lambda_{1A}} + \frac{\delta_2}{\lambda_{2A}} + \frac{\delta_{yt}}{\lambda_{yt.A}} + \frac{1}{\alpha_n} \right) \cdot r \quad (1.6)$$

Выражая из формулы (1.6) толщину утеплителя  $\delta_{yt}$  и принимая вместо  $R_o^{np} - R_o^{норм}$  получим

$$\delta_{yt} = \left( \frac{R_o^{норм}}{r} - \frac{1}{\alpha_b} - \frac{\delta_1}{\lambda_{1A}} - \frac{\delta_2}{\lambda_{2A}} - \frac{1}{\alpha_n} \right) \cdot \lambda_{yt.A}, \quad (1.7)$$

$$\delta_{yt} = \left( \frac{3,6}{0,8} - \frac{1}{8,7} - \frac{0,015}{0,7} - \frac{0,25}{0,61} - \frac{1}{10,8} \right) \cdot 0,038 = 0,147 \text{ м.}$$

Округляем полученное значение в большую сторону с точностью до 0,01 м:  $\delta_{yt} = 0,15 \text{ м}$ . Выполняем проверочный расчет по формуле (1.6)

$$R_o^{np} = \left( \frac{1}{8,7} + \frac{0,015}{0,7} + \frac{0,25}{0,61} + \frac{0,15}{0,038} + \frac{1}{10,8} \right) \cdot 0,8 = 3,67 \text{ м}^2 \cdot \text{°С}/\text{Вт};$$

$$R_o^{np} = 3,67 \text{ м}^2 \cdot \text{°С}/\text{Вт} > R_o^{норм} = 3,6 \text{ м}^2 \cdot \text{°С}/\text{Вт}.$$

Из представленных расчетов делаем вывод о том что, толщина утеплителя из жестких негорючих минераловатных плит на базальтовой основе ( $\rho_o = 90 \text{ кг}/\text{м}^3$ ,  $\lambda = 0,038 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°С})$ ) в кирпичной стене с вентилируемой воздушной прослойкой составляет 150 мм в проектируемом здании гостиницы. При этом приведенное сопротивление теплопередаче наружной стены составляет  $R_o^{np} = 3,67 \text{ м}^2 \cdot \text{°С}/\text{Вт}$ , что больше нормируемого сопротивления теплопередаче ( $R_o^{норм} = 3,6 \text{ м}^2 \cdot \text{°С}/\text{Вт}$ ) на  $0,07 \text{ м}^2 \cdot \text{°С}/\text{Вт}$ .

В **заключении** можно сказать, что развитие гостиничного сектора во многом определяет доступность туристического бизнеса в регионе, что особенно актуально для многих категорий населения, таких как люди сограниченными возможностями, пенсионеры, молодежь, малообеспеченные семьи. Индустрия гостеприимства и туристический бизнес тесно связаны между собой.

## Библиографический список

1. Вильчик Н.П. Архитектура зданий: учебник / Н.П. Вильчик. 2-е изд., перераб. и доп. М.: ИНФРА-М, 2017. 319 с.
2. Казаков Ю.Н. Технология возведения зданий: учебник / Ю.Н. Казаков, А. М. Мороз, В.П. Захаров. СПб: Лань, 2018. 256 с.
3. Сборщиков С.Б. Технология возведения зданий и сооружений: учебник / С.Б. Сборщиков, А.В. Алексанин. М: Стройинформиздат, 2015. 318 с.
4. Экономика строительства: учебник / под общей ред. И.С. Степанова. 3-е изд., доп. и перераб. М: Юрайт-Издат, 2018. 620 с.
5. СП 257.1325800.2016. Здания гостиниц. Правила проектирования. М.: Минстрой России, 2017. 69 с.
6. ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. М.: Стандартинформ, 2013. 12 с.
7. СП 131.13330.2012. Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99. М.: Минстрой России, 2015. 119 с.
8. СТО 00044807-001-2006. Теплозащитные свойства ограждающих конструкций зданий. М.: РОИС, 2006. 63 с.
9. СП 23-101-2004. Проектирование тепловой защиты зданий. М.: ФГУП ЦПП, 2004. 139 с.
10. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003. М.: Минрегион России, 2012. 139 с.
11. СП 59.13330.2016. Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения. М.: Минстрой России, 2016. 47 с.
12. СП 70.13330.2012. Несущие и ограждающие конструкции. М.: Госстрой России. 2012. 205 с.
13. СП 2.13130.2012. Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты. М.: МЧС России, 2012. 27 с.

## CONSTRUCTION OF A HOTEL IN OMSK

Y. D. Kotova, S. M. Aksenova

Siberian State Automobile and Highway University (SibADI)

**Abstract.** *The article deals with the construction of a hotel in the city of Omsk in cramped conditions. The relevance of the construction of the hotel is dictated by the continuous growth of needs for hotel provision, associated with the peculiarities of social development of the city. The need for accelerated and broad exchange of scientific information and best practices through the organization of meetings, conferences, congresses, as well as increased mobility of the population due to the growth of its cultural level and material security, the development of tourism and excursions, the development of international relations and international tourism.*

**Keywords:** *construction, public buildings, design.*

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Котова Яна Дмитриевна** (Россия, Омск) – студентка группы ПГСб-15ПЗ кафедры «Организация и технология строительства» ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644090, Омск, ул. Петра Некрасова, 10, кааб. 4.303., E-mail: aks-svet@mail.ru).

**Аксёнова Светлана Михайловна** (Россия, Омск) – канд. техн. наук, доцент кафедры «Организация и технология строительства» ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644090, Омск, ул. Петра Некрасова, 10, кааб. 4.303., E-mail: aks-svet@mail.ru).

## INFORMATION ABOUT AUTHORS

**Kotova Yana Dmitry** (Russia, Omsk) – student of the group PSGb-15P3 of the Department "Organization and Technology of Construction" Siberian State Automobile and Highway University (SibADI) (644090, Omsk, Petra Necrasova Str., 10, kaab. 4.303, e-mail: aks-svet@mail.ru).

**Aksyonova Svetlana Mikhail** (Russia, Omsk) – candidate of technical Sciences, associate Professor Siberian State Automobile and Highway University (SibADI) (644090, Omsk, Petra Necrasova Str., kaab. 4.303, e-mail: aks-svet@mail.ru).

УДК 712.7

## ЭСКИЗНЫЕ ПРОЕКТНЫЕ ПРЕДЛОЖЕНИЯ ГОРОДСКИХ ЧАСОВ ДЛЯ НОВОКУЗНЕЦКА

Е.В. Чекмарева<sup>1,2</sup>, Т.В. Чекмарева<sup>1</sup>, М.В. Захаренко<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ)», Омск, Россия;

<sup>2</sup>Бюджетное профессиональное образовательное учреждение Омской области «Омский строительный колледж»;

<sup>3</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Омский государственный технический университет», Омск, Россия.

**Аннотация.** В статье представлены пять эскизных проектов малых архитектурных форм – городских часов для Новокузнецка, посвященных 400-летию юбилею города. Городские часы не просто прибор учета времени, это объект, способный стать не только излюбленным местом встречи горожан, но символом города, его визитной карточкой. К каждому проекту дано краткое описание: концепция, привязка к местности, объемно-планировочное, конструктивное и цветовое решение, иллюстрации. Проекты выполнены в характерном брутальном стиле Новокузнецка из местных материалов. Для всех проектов предусматривается декоративная подсветка в темное время суток.

**Ключевые слова:** городские часы, малые архитектурные формы, эскизные проектные предложения, концепция, объемно-планировочное решение, привязка к местности.

### Введение

С философской точки зрения, часы символизируют – бесконечность во времени – вечность. Философы рассматривают часы как некую модель Космоса, неизмеримую и в то же время ограниченную. Размеренное тиканье часиков и громкий бой курантов – это разные мелодии времени. С общечеловеческой точки зрения, часы – это неотъемлемая часть человеческой цивилизации её культуры, технического и эстетического развития. Первые неказистые и грубые часы Древнего Мира, измеряющие время с точностью до нескольких минут в сутки, и современные астрономические часы, позволяющие измерять время с точностью до тысячных и миллионных долей секунды. Этот грандиозный путь развития методов измерения времени прошло человечество.

Городские часы, как малая архитектурная форма [1], не просто прибор учёта времени, а объект, играющий немаловажную роль в городском пространстве. Городские часы могут быть: местом встречи горожан, символом города и даже целой страны или эпохи, как, например, Кремлёвские куранты в Москве или Биг-Бен в Лондоне. Наконец, городские часы, как малая архитектурная форма, могут служить композиционной доминантой городского ансамбля. Элементы благоустройства должны помогать выявлению замысла пространственной композиции, соединять отдельные сооружения в единый гармоничный комплекс, подчеркивать его масштаб [2]. Часы, как самостоятельный композиционно и художественно законченный объект, являясь символом, могут стать прототипом сувенирной продукции для гостей города и страны.

Эскизные проекты городских часов, посвященные 400-летию города Новокузнецка, были разработаны командой Омского строительного колледжа на третьих архитектурных мастерских, проходящих в городе Новокузнецке в рамках четвёртого ежегодного межрегионального молодёжного конкурса архитектурно-дизайнерских проектов среди ССУзов России. На суд профессионального жюри команда представила пять эскизных проектов городских часов. Проекты омской команды, были отмечены профессиональным жюри, как, проекты, выполненные на высоком профессиональном уровне. Также жюри отметило, что проекты отличаются оригинальностью дизайнерского и конструктивного решения. Омичи получили диплом второй степени, а по оценкам студенческого жюри омская команда признана лучшей.

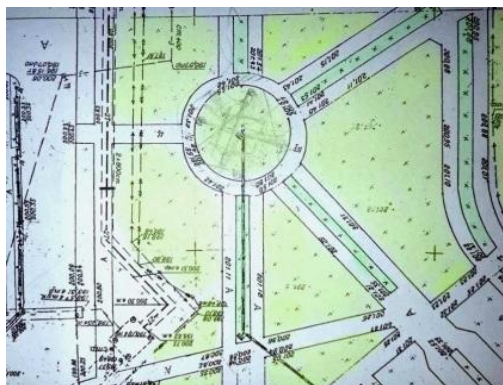
## ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА

Местом для установки, проектируемых городских часов, организаторы конкурса предложили свой родной город – Новокузнецк.

Новокузнецк – город в Кемеровской области России, административный центр Новокузнецкого района. Население города составляет 549,5 тысяч человек. Новокузнецк один из старейших городов Сибири. Город входит в число значимых промышленных центров России и имеет специализацию – металлургическое производство чёрных и цветных металлов, добыча угля, промышленное и гражданское строительство. В городе работают два комбината полного металлургического цикла, алюминиевый и ферросплавный заводы, выпускающие более 60% промышленной продукции, производимой в городе. Это повлияло на выбор материалов для малых архитектурных форм в пользу металла, железобетона и бетона, которые соответствуют брутальному стилю архитектуры промышленного города и являются традиционными в данной местности. Использование местных материалов позволит значительно снизить стоимость объекта строительства. Новокузнецк входит в число городов с неблагоприятной экологической ситуацией, особенно сильно загрязнен воздух. По данным министерства природных ресурсов и экологии России город находится на 7 месте в стране по образованию отходов.

По результатам предпроектного анализа [3, 4], наиболее выгодное место для расположения малых архитектурных форм – городских часов в Новокузнецке является сквер имени маршала Жукова в центральном административном округе города (рис. 1), находящийся между улицей Кирова и проспектом Свердлова. Это связано с тем, что в окрестностях сквера располагаются:

- Площадь Общественных Мероприятий – главная площадь города;
- ЗАГС Центрального административного округа;
- Администрация города Новокузнецка;
- торгово-развлекательный центр «Глобус»;
- торгово-развлекательный центр «Континент» а так же другие торгово-офисные комплексы.



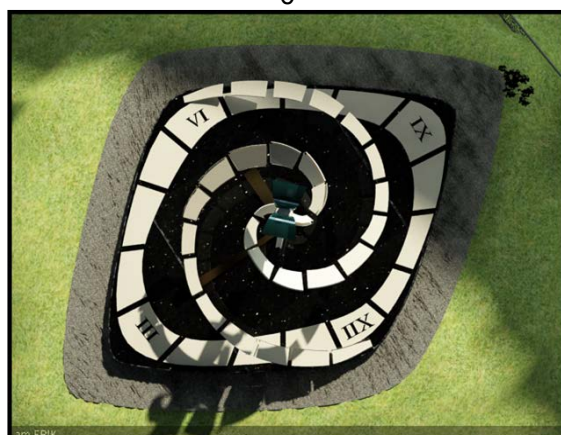
а



б



в



г

Рисунок 1 – Проект №1 «ДНК информационно-временная связь сквозь времени пространство»: а – схема планировочной организации земельного участка; б – 3D-визуализация проекта; в – макет проекта; г – вид сверху (3D-визуализация проекта).



Помимо сквера имени маршала Жукова предлагается размещать малые архитектурные формы в местах отдыха горожан, вблизи торгово-развлекательных и административных центров, и в других значимых местах города. Предлагается организация парка, сквера или бульвара «Философия времени» с размещением всех вариантов городских часов. Организация такого парка актуальна. Город является одним из крупных металлургических центров страны и входит в десятку самых загрязненных городов России. Особое значение для таких городов имеет организация рекреационных – санитарных зон, зеленых экранов и зон, препятствующих загрязнению атмосферного воздуха и земли, а также защищающих горожан от шумового воздействия [3].

### **Эскизные проекты городских часов**

В качестве городских часов, посвященных 400-летию юбилею города, были предложены следующие эскизные проекты малых архитектурных форм:

Проект №1 – «ДНК информационно-временная связь сквозь времени пространство».

**Концепция:** спирали символизируют ДНК человека – макромолекула, которая не только обеспечивает хранение всей накопленной информации, передачу из поколения в поколение и реализацию генетической программы развития, роста и функционирования организма, но и служит проводником, одна часть которого передает накопленную информацию от человека в космос, а другая - принимает. ДНК- это символ отношения человека и времени, конечности к бесконечности: жизнь человека конечна, но передавая свое ДНК детям, жизнь не имеет конца.

**Генеральный план:** городские часы предлагается расположить на месте клумбы, у главного входа сквера имени Жукова. В настоящее время здесь располагается шестирожковый фонарь, с подведенной высокоточной электрической сетью, на центральной аллее сквера ( рис. 1а).

**Объемно-планировочное решение:** плита – циферблат ромбовидной формы со скругленными углами, имеющая часовую и минутную стрелки, служит основанием композиции, в центре циферблата возвышается столб, на котором крепятся механические или электронно-механические часы меньшего размера, повторяющие форму ниже лежащих. Противоположные углы основания и вершину верхних часов соединяют две спирали с закрепленными на них пластинами. Такие часы позволяют наблюдать время не только проходящим мимо пешеходам, но и жителям близ расположенных многоэтажных домов.

**Конструктивное решение:** плита-основание композиции решено сделать железобетонным. Металлические пластины спиралей крепятся на металлокаркас. Конструкция верхних часов – металлическая. Фундаменты ленточные или сплошные, глубина заложения – 0,5 метра [5, 6, 7].

**Цветовое решение:** циферблаты часов решены в черном или темно-сером цвете, деления – белыми, точка отсчета и пластины спирали - цвета металлик (рис. 1б, в, г).

В темное время суток предлагается декоративная подсветка композиции.

Проект №2 – «Новокузнецкий временной портал».

**Концепция:** портал – это символ деления времени на прошлое и будущее, грань между ними. Проходя через малую архитектурную форму человек переходит из прошлого в будущее, только на мгновение задерживаясь в настоящем (рис. 2).

**Генеральный план:** городские часы предлагается расположить на месте клумбы у центрального входа сквера имени Жукова, где в настоящее время располагается шестирожковый фонарь с подведенной высокоточной электрической сетью. Под аркой запроектирована дорожка для удобства движения пешеходов от остановки общественного транспорта к торгово-развлекательному центру «Глобус», соединяющая две части бульвара (рис. 2а, б). Возможно размещение на одной из аллей парка, высота конструкции не мешает передвижению пешеходов.

**Объемно-планировочное решение:** металлическая арка округлой формы, к наивысшей точке которой подвешиваются механические или электронно-механические часы в виде диска

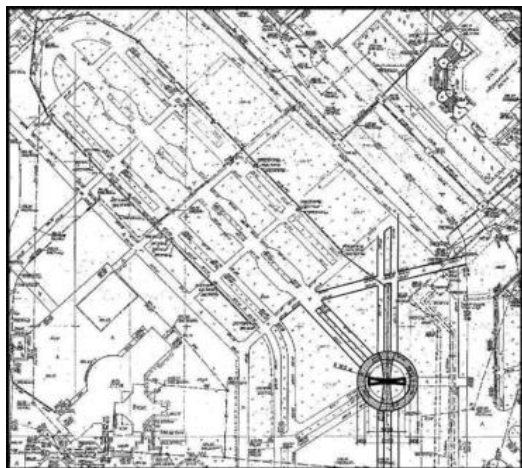
**Конструктивное решение:** арка малой формы запроектирована из металлокаркаса. Корпус часов – металлический. Циферблаты часов решены из матового белого стекла, чтобы в темное время суток они освещались внутренней подсветкой. Фундаменты сплошные, глубина заложения – 0,5 метра [5, 6, 7].

**Цветовое решение:** малая архитектурная форма решена в белом или светло-сером цвете.

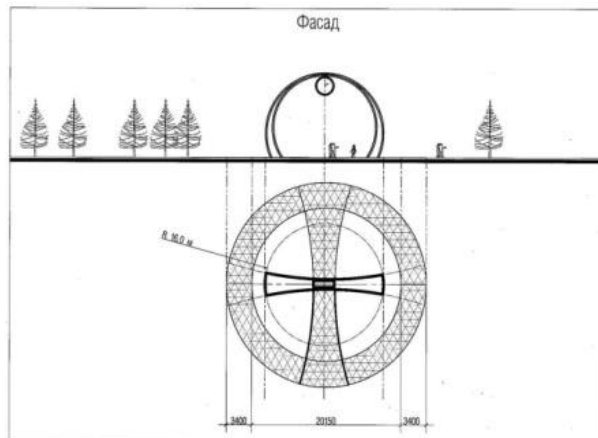
В темное время суток предлагается декоративная подсветка композиции. Несущую конструкцию предлагается оснастить осветительными приборами. Определено наилучшее

## ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА

направление света, обеспечено оптимальное распределение светотени. Для освещения малой архитектурной формы используются лампы ДРШ (дуговая ртутная шаровая ультрафиолетовая лампа сверхвысокого давления).



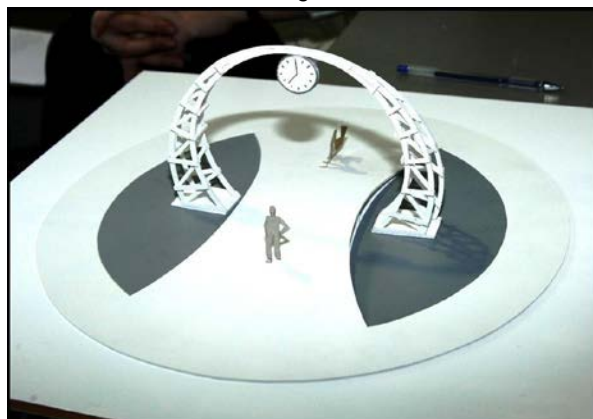
а



б



в



г

Рисунок 2 – Проект №2 «Новокузнецкий временной портал»: а – схема планировочной организации земельного участка; б – фасад и план проекта; в – эскиз проекта; г – макет проекта

Проект №3 – «Под сводом перекрестка времён».

**Концепция:** композиция малой архитектурной формы означает пересечение прошлого и будущего, стороны света, пути.

**Генеральный план:** городские часы предлагается расположить на месте клумбы у центрального входа сквера имени Жукова, где в настоящее время располагается шестирожковый фонарь с подведенной высокоточной электрической сетью. Также запроектированы на одной из аллей сквера или в любом другом значимом для городских жителей месте.

**Объемно-планировочное решение:** две скрещивающиеся арки, в месте пересечения которых подвешены механические или электронно-механические часы с круглым циферблатом, под ними – круглая пластина-основание со стрелками, чтобы не только мимо проходящие пешеходы, но и жители близлежащих многоэтажных домов тоже могли наблюдать время (рис. 3а).

**Конструктивное решение:** пластина-основание решено железобетонное, арки – железобетонные или металлические. Циферблаты часов решены из матового белого стекла, чтобы в темное время суток они освещались внутренней подсветкой. Фундаменты сплошные, глубина заложения – 0,5 метра [5, 6, 7].

**Цветовое решение:** малая архитектурная форма решена в белом или светло-сером цвете. Деления на циферблатах и стрелки – черные.

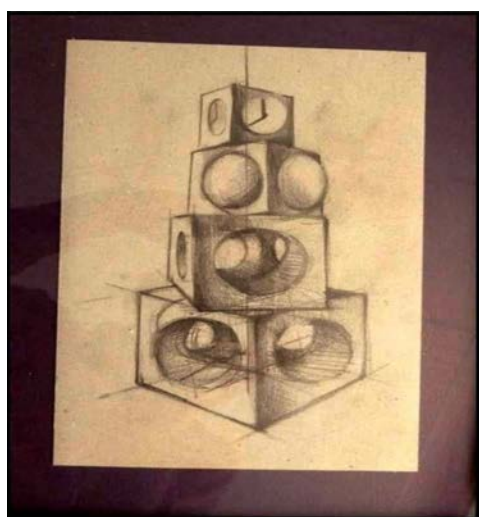
В темное время суток предлагается декоративная подсветка композиции. Несущую конструкцию предлагается оснастить осветительными приборами. Определено наилучшее



направление света, обеспечено оптимальное распределение светотени. Для освещения малой архитектурной формы используются лампы ДРШ (дуговая ртутная шаровая ультрафиолетовая лампа сверхвысокого давления).



а



б



в

Рисунок 3 – Эскизы проектов: а – проект №3 «Под сводом перекрестка времён»; б – проект №4 «Кубы башни времени»; в – проект №5 «Символ развития человека и общества»

Проект №4 – «Кубы башни времени».

**Концепция:** данные часы приурочены четырехсотлетию города Новокузнецк, поэтому часы содержат четыре куба, каждый из которых обозначает столетие. Смысл композиции в том, что время проходит, оставляя след в истории.

**Генеральный план:** городские часы предлагается расположить у центрального входа сквера имени Жукова, на одной его из аллей или в любом другом значимом для городских жителей месте.

**Объемно-планировочное решение:** композиция состоит из составленных друг на друга кубов, символизирующих столетия. В нижних трех телах пустоты от часов, в верхнем объеме - циферблаты. В будущем есть возможность надстраивать дополнительные кубы к малой архитектурной форме (рис.3б).

**Конструктивное решение:** кубы композиции решены литые металлические или облегченные, выполненные в металлокаркасе, грани которых облицованы металлическими листами. Фундаменты сплошные, глубина заложения – 0,5 метра [5, 6, 7].

**Цветовое решение:** малая архитектурная форма решена в сером цвете. Циферблаты белые, деления и стрелки – черные.

В темное время суток предлагается декоративная подсветка композиции.

Проект №5 – «Символ развития человека и общества».

**Концепция:** внутренняя спираль обозначает человеческую ДНК – макромолекула, которая обеспечивает хранение всей накопленной информации, передачу из поколения в поколение и реализацию генетической программы развития, роста и функционирования организма, а внешняя – путь развития общества, который происходит тоже по спирали.

**Генеральный план:** городские часы предлагается расположить на месте клумбы у центрального входа сквера имени Жукова, где в настоящее время располагается шестирожковый фонарь с подведенной высокоточной электрической сетью, на одной из аллей сквера или в любом другом значимом для городских жителей месте.

**Объемно-планировочное решение:** круглая в плане плита служит основанием, в ее центре ее – две парные спирали, по форме повторяющие ДНК человека. с окружности основания выходит пара спиралей, стремящиеся к центральной оси композиции (рис. 3в).

**Конструктивное решение:** плита-основание решена железобетонная, спирали – металлические на металлокаркасе. Глубина заложения фундаментов – 0,5 метра [5,6,7].

**Цветовое решение:** малая архитектурная форма решена в белом, светло-сером цвете или цвете металл. Несущую конструкцию предлагается оснастить осветительными приборами. Определено наилучшее направление света, обеспечено оптимальное распределение светотени.

В темное время суток предлагается декоративная подсветка композиции. Для освещения малой архитектурной формы используются лампы ДРШ (дуговая ртутная шаровая ультрафиолетовая лампа сверхвысокого давления).

Во всех проектах соблюдены требования пожарной безопасности к малым архитектурным формам, все они выполнены из негорючих материалов [8].

### **Заключение**

В результате разработаны эскизные проекты малых архитектурных форм городских часов для города Новокузнецк; рассмотрены и предложены места возможного расположения малых архитектурных форм в городе Новокузнецк.

Городские часы, как малая архитектурная форма, не просто прибор учёта времени, это объект, способный стать не только символом города, неотъемлемой частью его облика, излюбленным местом встречи горожан, но и даже символом целой страны, ее визитной карточкой, как Биг-Бен в Великобритании или часы-куранты на Спасской башне Московского Кремля. Часы отражают дух времени, культуру и уникальность того места, где они служат, поэтому они востребованы и в наше время.

### **Библиографический список**

1. Сокольская О.Б., Теодоронский В.С., Верунов А.П. Ландшафтная архитектура: специализированные объекты: учеб. пособ. М.: Академия, 2007. 224 с.
2. Северин С.И. Комплексное озеленение в благоустройстве городов: учеб, пособ. К.: Будивельник, 1975. 229 с.
3. СП 42.13330.2016 Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89\* [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/456054209>, (дата обращения 12.12.2019).
4. ГОСТ Р 21.1101-2013 Система проектной документации для строительства (СПДС). Основные требования к проектной и рабочей документации (с Поправкой) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200104690>, (дата обращения 12.12.2019).
5. Благовещенский Ф.А., Букина Е.Ф. Архитектурные конструкции: учебник. М.: Архитектура-С, 2011. 232 с.
6. Нанасова С. М. Архитектурно-конструктивный практикум : учеб. пособ. М.:АСВ, 2005. 200 с.
7. Маилян Л. Р. Справочник современного архитектора: справочник / Л. Р. Маилян, А. Г. Лазарев, Т. А. Самко А.П. Юркова, А. А. Жмакин, А. Н. Онищенко, Е. А. Оркова, А. Л. Маилян, Н. С. Касабова, О. В. Гончарова. Ростов н/Д.: Феникс, 2010. 632 с.
8. Федеральный закон от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ Технический регламент о требованиях пожарной безопасности (с изменениями на 27 декабря 2018 года) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/902111644>, (дата обращения 12.12.2019).

## CONCEPTUAL DESIGN PROPOSALS OF THE CITY CLOCK FOR NOVOKUZNETSK

**E.V. Chekmareva<sup>1,2</sup>, T.V. Chekmareva<sup>1</sup>, M.V. Zaxarenko<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Siberian State Automobile and Highway University (Sibadi), Omsk, Russia;

<sup>2</sup>Omsk construction College, Omsk, Russia;

<sup>3</sup>Omsk State Technical University, Omsk, Russia.

**Abstract.** The article presents five sketches of small architectural forms-city clocks for Novokuznetsk, dedicated to the 400th anniversary of the city. City clock is not just a time-keeping device, it is an object that can become not only a favorite meeting place of citizens, but a symbol of the city, its business card. For each project, a brief description is given: the concept, binding to the terrain, space-planning, design and color solutions, illustrations. The projects are made in the characteristic brutal style of Novokuznetsk from local materials. For all projects provides decorative lighting in the dark.

**Keywords:** city clock, small architectural forms, conceptual design proposals, concept, space-planning solution, binding to the terrain.

### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Чекмарева Елена Владимировна** (Россия, Омск) – магистрант группы См-18МА1, «Института магистратуры и аспирантуры» ФГБОУ ВО «СИБАДИ» (644080, г. Омск, проспект Мира, 5) – преподаватель архитектурных дисциплин, БПОУ ОО «Омский строительный колледж» (644116 г. Омск, 30-я Северная, д. 71; e-mail: chek\_ev@mail.ru).

**Чекмарева Татьяна Владимировна** (Россия, Омск) – магистрант группы См-18МА1, «Института магистратуры и аспирантуры» ФГБОУ ВО «СИБАДИ» (644080, г. Омск, проспект Мира, 5, e-mail: chek\_tv@mail.ru).

**Захаренко Михаил Валерьевич** (Россия, Омск) – магистрант группы ЭЭМ-183, ФГБОУ ВО «ОмГТУ» (644050, г. Омск, проспект Мира 11, e-mail: zaxorenko09-09@mail.ru).

### INFORMATION ABOUT AUTHORS

**Chekmareva Elena Vladimirovna** (Russia, Omsk) – master's student of group Sm-18MA1, «Institute of master's and postgraduate» Siberian State Automobile and Highway University (644080, Omsk, Mira avenue, 5); – teacher of architectural disciplines, Budget professional educational institution of Omsk region «Omsk construction College» (644116 Omsk, 30-I North, d. 71; e-mail: chek\_ev@mail.ru).

**Chekmareva Tatiana Vladimirovna** (Russia, Omsk) – master's student of group Sm-18MA1, «Institute of master's and postgraduate» Siberian State Automobile and Highway University (644080, Omsk, Mira avenue, 5, e-mail: chek\_tv@mail.ru).

**Zakharenko Mikhail Valeryevich** (Russia, Omsk) – master's student of group EEm-183, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Omsk State Technical University» (644050, Omsk, prospect Mira 11, e-mail: zaxorenko09-09@mail.ru).