

**НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ СЕТЕВОЙ  
ЭЛЕКТРОННЫЙ ЖУРНАЛ**



**СИБАДИ®**



**№ 2 (22) 2020**

**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 2 (22)

июнь 2020 г.

Дата опубликования: 30.06.2020.

© ФГБОУ ВО «СибАДИ», 2020

## 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 № 2 (22) дата выхода в свет 30.06.2020

*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, of the Siberian State Automobile and Highway University (SibADI), Omsk, Russia.  
*Deputy editor-in-chief – Korchagin P.A.*, doctor of technical sciences, professor, pro-rector for scientific research of the Siberian State Automobile and Highway University (SibADI), Omsk, Russia.

### **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.

**Пэриэнос 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 Libherr - Werk Biberach GmbH (Viktor Lis Dr-Ing. (WAK), Libherr-Werk Biberach GmbH), Mittelbiberach, Germany.

**Matveev S.A.**, doctor of technical sciences, professor, of the Siberian State Automobile and Highway University (SibADI), Omsk, Russia.

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

**Mochalin S.M.**, doctor of technical sciences, professor, of the Siberian State Automobile and Highway University (SibADI), Omsk, Russia.

**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, of the Siberian State Automobile and Highway University (SibADI), Omsk, Russia.

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», 2020

## СОДЕРЖАНИЕ

### РАЗДЕЛ I НАЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ

|  |   |
|--|---|
| <b>Агеев А.Н., Айтенов А.А., Чебоксаров А.Н.</b><br>Классификация двухколесного электротранспорта в различных странах мира | 4 |
| <b>Банкет М.В., Шарапов Р.С.</b><br>Перспективы использования альтернативных источников энергии в автомобильном транспорте | 9 |

### РАЗДЕЛ II ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА

|  |    |
|--|----|
| <b>Воловник Н.С., Казаков В.А., Демиденко О.В., Клок А.Г.</b><br>Такелажные приспособления для монтажа сооружения по смешанной схеме | 15 |
|--|----|

## КЛАССИФИКАЦИЯ ДВУХКОЛЕСНОГО ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА В РАЗЛИЧНЫХ СТРАНАХ МИРА

**А.Н. Агеев, А.А. Айтенов, А.Н. Чебоксаров**

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

**Аннотация.** В статье рассмотрены различия действующих в различных странах методов классификаций двухколёсного электротранспорта (электровелосипед, электромопед, электроскутер, электромотоцикл). Все существующие системы классификации двухколёсного электротранспорта носят национальный, реже – региональный характер. В ходе проведённого исследования были изучены нормативные документы, регламентирующие методы классификации двухколёсного электротранспорта в различных странах и наглядно представлены полученные данные в виде схем и сводных таблиц.

**Ключевые слова:** двухколесное транспортное средство, классификация; электровелосипед; электропривод.

## CLASSIFICATION OF TWO-WHEELED ELECTRIC VEHICLES IN VARIOUS COUNTRIES OF THE WORLD

**A.N. Ageev, A.A. Aitenov, A.N. Cheboksarov**

*Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «The Siberian State Automobile and Highway University», Omsk, Russia*

**Abstract.** The article deals with the differences between the methods of classification of two-wheeled electric transport (electric Bicycle, epektromoped, electric scooter, electric motorcycle) operating in different countries. All existing classification systems for two-wheeled electric vehicles are national, less often regional. In the course of the research, the regulatory documents regulating the methods of classification of two-wheeled electric transport in various countries were studied and the data obtained were clearly presented in the form of diagrams and summary tables.

**Keywords:** two-wheeled vehicle, classification; electric Bicycle; electric drive.

### Введение

Электровелосипед (в зарубежных источниках – *pedelec*) – понятие в отечественной научно-технической литературе не до конца устоявшееся и оттого довольно размытое в сознании потребителя. Ввиду компактности современных электроприводов, двигатели близкие по габаритным размерам, могут существенно различаться по номинальной мощности. Поэтому нередко можно увидеть на отечественном рынке электромопед, или даже электромотоцикл, позиционируемый и продаваемый как «электровелосипед» (в силу схожего с ним внешнего вида и наличия педального привода) [1].

В первую очередь такие ошибки обусловлены неверным техническим переводом зарубежных источников: англоязычный термин "*bicycle*", большинство англо-русских словарей переводит как «велосипед», хотя технически его правильнее переводить как «двухколёсное транспортное средство». В неверном переводе на русский технический термин "*motorbicycle*" может быть записан как «велосипед с электромотором», хотя в контексте речь идёт конкретно о мотоцикле (в частности электрическом), лишённом мускульного привода. Во избежание подобных недоразумений необходимо проанализировать различные утверждённые классификации более подробно и сравнить их.

Целью проводимого исследования является анализ и выявление отличий различных методов классификации двухколёсного электротранспорта существующих и применяющихся на данный момент в различных странах мира. Материалом для него послужили профильные нормативные документы и утверждённые стандарты, актуальные для различных стран. Были изучены действующие технические требования, стандарты и соответствующие разделы дорожного законодательства. Проведён сравнительный анализ нормативов, установленных для двухколесного и трёхколёсного электротранспорта (таблица 1).

# НАЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ

Таблица 1

Классификации двухколёсного электротранспорта в различных странах мира

| Страна               | Тип электротранспортного средства       | Ограничения       |                  |                 |                      | Водительское удостоверение      | Допуск на велодорожку | Регулирующие нормативно-правовые документы  |
|----------------------|---|-------------------|------------------|-----------------|----------------------|---------------------------------|-----------------------|---|
|                      |   | $V_{\max}$ , км/ч | $P_{\max}$ , кВт | $m_{\max}$ , кг | min возраст водителя |                                 |                       |   |
| Российская федерация | Электровелосипед                        | 25                | 0,25             | -               | -                    | Не требуется                    | Есть                  | Постановление правительства РФ №1090 «О правилах дорожного движения»  |
|                      | Электромопед                            | 50                | 0,25-0,4         | -               | 16 лет               | Категория М                     | Есть                  |   |
|                      | Электромотоцикл                         | -                 | 4-15             | 400             | 16 лет               | Категория А                     | Нет                   |   |
| Австралия            | Класс 1 ( <i>low powered cycle</i> )    | 25                | 0,2              | -               | -                    | Не требуется                    | Есть                  | New South Wels Road Rules, Victoria Road Rules, Queensland Road Rules, Tasmanian Road Rules, West Australian Road Rules, South Australian Road Rules, ACT |
|                      | Класс 2 ( <i>medium powered cycle</i> ) | 40                | 0,2-0,75         | -               | 16 лет               | Категория R ( <i>rider</i> )    | Есть                  |   |
|                      | Класс 3 ( <i>high powered cycle</i> )   | 50                | 0,75-1,5         | -               | 16 лет               | Категория R+гос. регистрация ТС | Нет                   |   |
| Великобритания       | EPAC ( <i>pedelec</i> )                 | 24                | 0,25             | 40              | -                    | Не требуется                    | Есть                  | The Highway Code of the United Kingdom  |
|                      | <i>Moped</i>                            | 25-45             | 0,25             | -               | 16 лет               | Категория АМ                    | Есть                  |   |
|                      | Электромотоцикл                         | -                 | более 0,25       | -               | 17 лет               | Категория А (1,2); В (трицикл)  | Нет                   |   |
| Страны Евросоюза     | <i>Pedelec</i>                          | 25                | 0,25             | 30              | -                    | Не требуется                    | Есть                  | 2002/24/ЕС, EN15194   |
|                      | <i>S-pedelec (не во всех странах)</i>   | 45                | 0,5              | 30              | 16 лет               | Не требуется                    | Есть                  |   |
|                      | Электромотоцикл                         | более 45          | более 0,5        | более 30        | 19 лет               | Категория А                     | Нет                   |   |
| КНР                  | ТС с механическим приводом              | 30                | -                | 20              | -                    | Не требуется                    | Есть                  | PRC Technology Watch  |
|                      | ТС с немеханическим приводом            | 30                | -                | 20              | -                    | Не требуется                    | Есть                  |   |
| США                  | <i>Throttle</i>                         | 32                | 0,75             | -               | -                    | Не требуется                    | Есть/нет              | CPSC, Законодательство штата  |
| Япония               | <i>Prime mover (pedelec)</i>            | 24                | -                | -               | -                    | Не требуется                    | Есть                  | Road Traffic Law of Japan, сертификат NPSC of Japan на транспортное средство  |
|                      | Электромотоцикл                         | более 24          | -                | 250             | 16 лет               | <i>Motorbike license</i>        | Нет                   |   |

Двухколёсные и трёхколёсные транспортные средства с электроприводом, могут функционально различаться: типом электропривода, его предельной номинальной мощностью и методом управления (условия активации электропривода). Различных комбинаций этих факторов имеется огромное множество и единой утверждённой международной технической спецификации для этих транспортных средств не существует [2].

Каждая страна имеет свою нормативную классификацию для двухколёсных транспортных средств, оснащенных электродвигателем, устанавливаемую контролирующую местным законодательством и организациями, регулирующим дорожное движение.

На территории Российской Федерации классификацию двухколёсного электротранспорта определяет Постановление правительства РФ № 221 от 22 марта 2014 года «О внесении изменений в

# НАЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ

постановление Совета Министров – Правительства Российской Федерации от 23 октября 1993 года № 1090 «О правилах дорожного движения» [3]. Отечественное законодательство признаёт три основных вида электротранспорта: велосипед с электрическим приводом; мопед с электрическим приводом; мотоцикл с электрическим приводом (рисунок 1). ГИБДД приравнивает эти транспортные средства соответственно к велосипеду, мопеду и мотоциклу с ДВС.

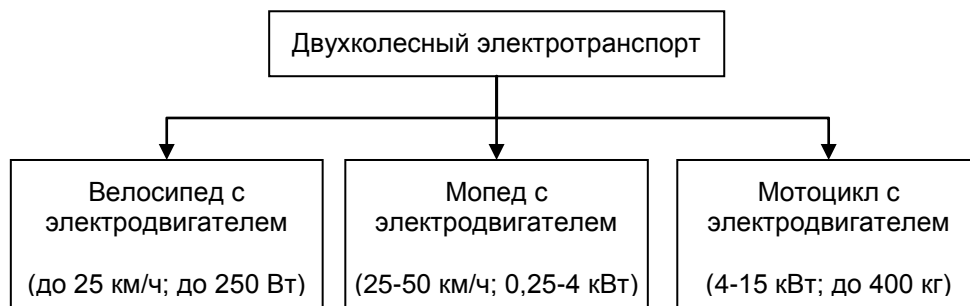


Рисунок 1 – Классификация двухколёсного электротранспорта в РФ

Деление в отечественной классификации двухколесных и трёхколёсных транспортных средств производится исходя из трёх базовых показателей: максимальной скорости, развиваемой транспортным средством (при наличии педалей – при использовании только электродвигателя); максимальной номинальной мощности установленного на транспортном средстве электродвигателя; массы транспортного средства. Отечественная классификация не учитывает такие особенности конструкции электротранспортного средства, как метод управления электродвигателем; число колёс транспортного средства; наличие/отсутствие у транспортного средства педального привода [3].

На территории Европейского союза двухколесные и трёхколёсные транспортные средства с установленным электроприводом классифицируются и регулируются согласно директиве 2002/24/ЕС и стандарту безопасности потребителя EN 15194. На территории США общие положения и требования к безопасности транспортного средства, оснащённого электроприводом, регламентируются стандартом безопасности потребителя CPSC и законодательством конкретного штата. Однако, несмотря на различия в нормативных ограничениях (предельная скорость, мощность и вес транспортного средства), методика классификации, основные её термины и понятия в ЕС и США одинаковы. Эта классификация – двухуровневая (рисунок 2).

6

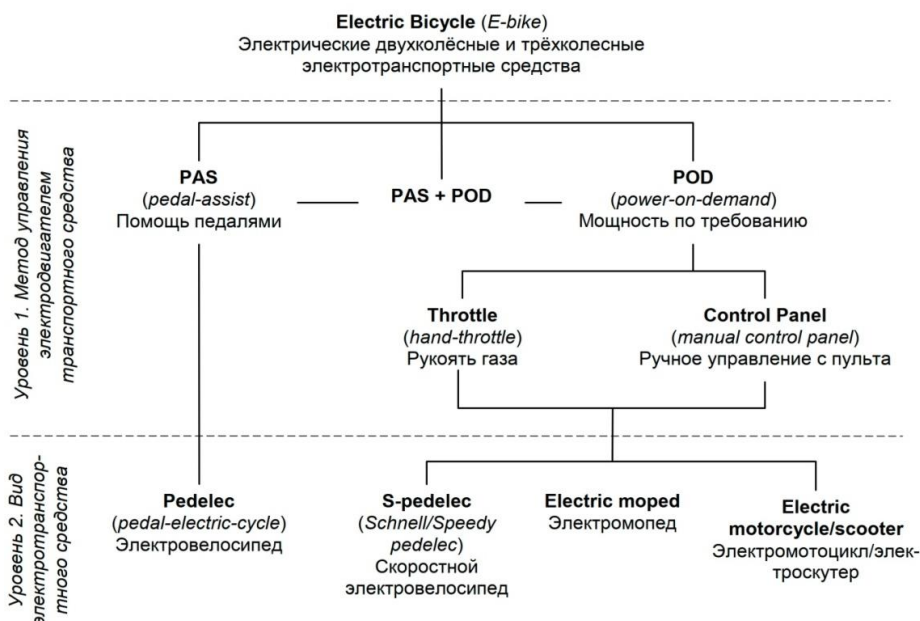


Рисунок 2 – Классификация двухколёсного и трёхколёсного электротранспорта в ЕС и США

Первый уровень классификации – по методу управления транспортным средством [4].

Все двухколёсные и трёхколёсные электротранспортные средства в США, Канаде, Австралии и странах ЕС подразделяются на два основных класса и один смешанный. Один из основных имеет два подкласса: **PAS** (*pedalassistance*) – «помощь педалям»; **POD** (*power-on-demand*) – «мощность по требованию», с подклассами "throttle" (рычаг или рукоять газа) и "panel" (цифровой пульт управления); **PAA + POD**.

**PAS** – метод управления электроприводом транспортного средства, оснащённого помимо электрического шатунно-педальным приводом на цепной или ременной передаче. Он заключается в активации электропривода при снижении скорости вращения педалей (колёс) велосипеда ниже заданной скорости вращения. Как правило, электродвигатель активируется при снижении скорости движения ниже 25 км/ч.

**POD** – метод управления электрическим приводом транспортного средства, заключающийся в активации электропривода пользователем вручную. Момент включения двигателя и уровень потребляемой им мощности определяется пользователем. Активация и выбор уровня энергопотребления электропривода могут быть реализованы с помощью рычага или рукоятки газа, либо цифрового пульта управления. Исходя из этого транспортные средства класса **POD** подразделяются на подклассы *throttle* и *panel*. При этом нормативные ограничения и правила поведения на проезжей части для этих двух подклассов существенно различаются. Дело в том, что транспортные средства, управляемые электронной рукояткой газа, считаются в западных странах гораздо более безопасными. Этот тезис строится на том, что рукоятка газа позволяет быстрее среагировать на ситуацию на дороге и остановить работу электродвигателя просто отпустив рычаг газа. А для остановки же электродвигателя с пульта управления необходимо точно нажать необходимую клавишу или их комбинацию.

Метод управления электродвигателем напрямую не связан с массой транспортного средства, мощностью установленного электропривода и другими параметрами. Однако на практике на маломощных электротранспортных средствах (*e-bike*, *pedelec*) чаще используют полностью автоматическую систему активации, деактивации и изменения скорости электропривода (**PAS**). То есть частота вращения ротора электродвигателя на них изменяется автоматически, в соответствии с алгоритмами устройства, и пользователь не может влиять на этот процесс. Для более мощных электротранспортных средств (*electricmoped/scooter*, *electricmotorcycle*, *electriccar*) – используется ручной метод управления (**POD**).

Второй уровень классификации – по типу электротранспортных средств [5].

**Pedelec** (*pedalelectricle*) – педальный электрический велосипед. Представляет собой двухколёсное транспортное средство, способное приводиться в движение как педалями, так и электродвигателем. Впервые термин был предложен в 1999 году немецким аспирантом Сюзанной Брюш [1]. (В Великобритании понятие "*pedelec*" заменяет аналогичный термин *EPACs-electricpedalassistedcycle*.)

Важная отличительная черта электровелосипеда – автоматическая система управления двигателем **PAS**. То есть двигатель транспортного средства активируется автоматически, при снижении параметров движения (например, падении скорости движения ниже установленной или подъёме в гору). Вручную же активировать электродвигатель с помощью **PAS** невозможно.

Помимо готовых транспортных средств на рынке также существует множество специальных комплектов, предназначенных для самостоятельной трансформации обычного велосипеда в электровелосипед.

Законодательство ЕС позволяет использовать электровелосипед без возрастных ограничений, необходимости получения прав и регистрации транспортного средства.

Такое транспортное средство может выезжать на велосипедные дорожки и использовать их для перемещения по городу и в парковой зоне отдыха [2], [3].

**S-pedelec** – скоростной электровелосипед, представляющий собой двухколесное электротранспортное средство с электроприводом с повышенными характеристиками – более мощный и динамичный, чем электровелосипед. Важное конструктивное отличие транспортного средства *s-pedelec* от *pedelec* – наличие (у первого) системы ручной активации электродвигателя **POD** вместо системы автоматической **PAS**.

Скоростной электровелосипед регламентируется классификацией электротранспорта отдельных стран (Германия, Италия, Норвегия и др.), но не всего ЕС. В странах, где это понятие не принято, транспортные средства данного типа пока классифицируются как простой электровелосипед либо *electricmoped*, однако список стран, использующих данный термин, стремительно расширяется. В Австрии, например, скоростной электровелосипед классифицируется, как "мопед", для которого имеются возрастные ограничения использования.

**Electricmoped** – электрический мопед – двухколёсное электротранспортное средство, которое может быть оснащено педалями, но по массе, характеристикам двигателя и дальности хода располагается между электровелосипедом и электромоторциклом. Как правило, внешне электрический мопед практически невозможно отличить от электровелосипеда или скоростного электровелосипеда, поскольку габариты и масса их компонентов близки. Но некоторые производители пытаются как можно рациональнее использовать преимущество в мощности двигателя, используют усиленные рамы, на которые можно установить больше элементов питания.

**ElectricMotorcycle/ElectricScooter** – электрический мотоцикл/электрический скутер – самые мощные и тяжёлые двухколёсные электротранспортные средства. Оснащаются одним или двумя



# НАЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ

---

электродвигателями (мощностью свыше 250 Вт каждый), мотоциклетной либо усиленной велосипедной рамой и крупногабаритной аккумуляторной батареей, обеспечивающим ему значительную дальность хода, сопоставимую с дальностью пробега бензинового мотоцикла с полностью заправленным баком (до 250 км). Отличается от электрического мопеда максимально допустимыми параметрами массы и скорости транспортного средства, а также повышенной мощностью установленных электроприводов.

## **Заключение**

Как видим, методики классификации двухколесных транспортных средств в различных странах существенно отличаются друг от друга, а в отдельных случаях и противоречат друг другу. Этот момент необходимо учитывать и должным образом прорабатывать при разработке электротранспортных средств, ориентированных на мировой рынок.

## **Библиографический список**

1. Гуляев Т.М. Отличия методов классификаций двухколесного электротранспорта в разных странах / Т.М. Гуляев, Р.Э. Некрасов // Автомобильная промышленность. 2018. №12. С. 33-36.
2. Иванова Е.Е. Понятие велосипед в современном правовом понимании / Е.Е. Иванова // Автотранспортное предприятие. 2014. №8. С. 14-17.
3. О внесении изменений в постановление Совета Министров – Правительства Российской Федерации от 23.10 1993 №9 1090 (ПДД РФ) : Постановление правительства РФ №9 221 от 22.03.2014.
4. Гаевский В.В. Одноколейные транспортные средства – обобщенная классификация / В.В. Гаевский, М.С. Подольский // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2012. №4(31). С. 3-6.
5. Зарипов Р.Ю., Фисенко А., Габдолла Ж., Серикпаев Т. Велогибриды как элемент транспортной системы городов будущего // Наука и техника Казахстана. 2017. №3-4. С. 46-54.

## **ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ**

**Агеев А.Н.** (Россия, Омск) – студент ФГБОУ ВО «СибАДИ», группа АТб-16Z3.

**Айтеннов А.А.** (Россия, Омск) – студент ФГБОУ ВО «СибАДИ», группа АТб-16Z3.

**Чебоксаров А.Н.** (Россия, Омск) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Эксплуатация и ремонт автомобилей» ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр.Мира,5, e-mail: chan23@inbox.ru).

## **INFORMATION ABOUT AUTHORS**

**Ageev A.N.** (Russian Federation, Omsk) – student of of the ATb-16Z3 group, Siberian State Automobile and Highway University (SibADI).

**Aitenov A.A.** (Russian Federation, Omsk) – student of of the ATb-16Z3 group, Siberian State Automobile and Highway University (SibADI).

**Cheboksarov A.N.** (Russian Federation, Omsk) – candidate of technical Sciences, associate Professor of the Department "Operation and repair of cars" of SibADI» of Siberian State Automobile and Highway University (SibADI) (644080, Mira, 5 prospect, Perm, Russian Federation, e-mail: chan23@inbox.ru).

УДК 621.43.068.4

## ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В АВТОМОБИЛЬНОМ ТРАНСПОРТЕ

**М.В. Банкет, Р.С. Шарапов**

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

**Аннотация.** В статье приводится анализ использования альтернативных источников энергии на автомобильном транспорте. Рассмотрены программы по освоению новых энергетических ресурсов. Представлены преимущества и недостатки альтернативных энергетических ресурсов на автомобильном транспорте. Рассмотрены перспективы использования альтернативных источников энергии на автомобильном транспорте.

**Ключевые слова:** альтернативные источники энергии, энергетические ресурсы автомобильный транспорт, биотопливо, водород, природный газ.

## PROSPECTS FOR USING VARIOUS ALTERNATIVE ENERGY SOURCES IN ROAD TRANSPORT

**M.V. Banket, R.S. Sharapov**

Federal State Budget Educational Institution of Higher Education  
«The Siberian State Automobile and Highway University», Omsk, Russia

**Annotation.** The article analyzes the use of alternative energy sources in road transport. Programs for the development of new energy resources are considered. The advantages and disadvantages of alternative energy resources in road transport are presented. The prospects of using alternative energy sources in road transport are considered.

**Keywords:** alternative energy sources, energy resources automobile transport, biofuels, hydrogen, natural gas.

С самого начала существования автомобильного транспорта осуществляется поиск оптимального энергетического ресурса в качестве моторного топлива. При этом энергетический ресурс должен обеспечивать существующие технико-экономические характеристики автомобилей, иметь экологические преимущества не только в процессе эксплуатации автомобилей, но и при производстве энергетического ресурса, его транспортировке и хранении.

При существующем на сегодняшний день использовании энергетических ресурсов, по экспертным оценкам, запасов нефти во всем мире может хватить примерно на 40 лет, природного газа — на 70 лет, угля – на 250 лет [1].

На сегодняшний день на государственном уровне ведется активная работа по использованию альтернативных источников энергии на автомобильном транспорте. Это обусловлено ужесточением требований к снижению выбросов токсичных веществ в отработавших газах, уменьшению парникового эффекта, обеспечении безопасности и экономичности при эксплуатации автомобильного транспорта.

В Европейском Союзе существует Программа по энергетике и изменению климата до 2030 года [2], в США принят Национальный закон о применении природного газа [3]. По данным Бельгийского Департамента транспорта общий парк автомобилей, работающих на компримированном природном газе, в 2018 году насчитывает более 14 тыс. единиц, при этом количество электромобилей составляет чуть менее 12 тыс. единиц [4]. Крупная нефтяная компания Shell, в связи с увеличивающейся угрозой глобального потепления, требующей значительного уменьшения выбросов парниковых газов, предсказывает резкое увеличение спроса на сжатый природный газ до 2040 г. [5].

Согласно прогнозным расчетам, дефицит топлив нефтяного происхождения на рынке производства моторных топлив, вследствие роста автомобильного парка РФ, станет ощутим уже в 2020 году (4,0 – 5,5 млн. тонн) и может возрасти к 2025 году до 10 млн. тонн [6].

## НАЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ

На рисунке 1 представлен рост дефицита нефтяных продуктов. Ежегодно потребность в продуктах нефтяного происхождения превышает добычу нефти и с каждым годом ситуация только обостряется.

Исходя из роста дефицита нефтяных продуктов, необходим поиск новых альтернативных источников энергии. Это является одной из основных задач мировых автопроизводителей.

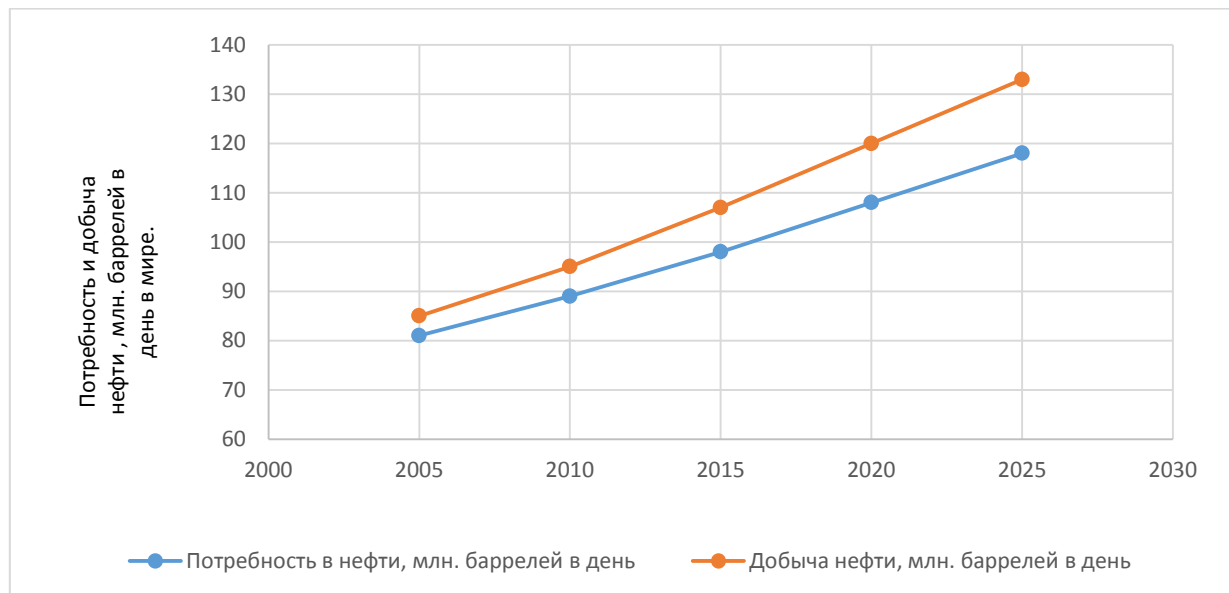


Рисунок 1 – Рост дефицита нефтяных продуктов

Энергетические ресурсы, которые могут быть использованы в автомобильном транспорте, можно условно разделить на следующие группы (см. рисунок 2):

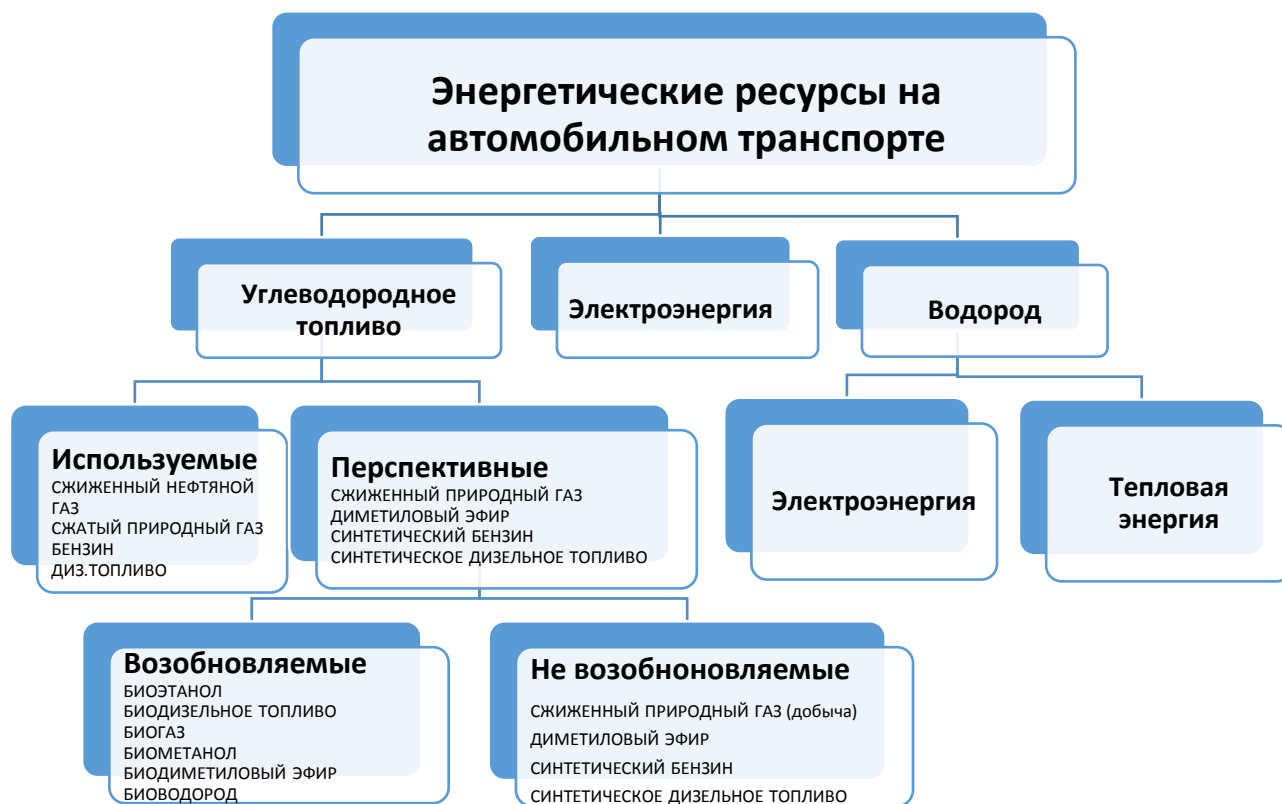


Рисунок 2 – Группы энергетических ресурсов

Рассмотрим перспективы использования альтернативных источников энергии на автомобильном транспорте.

## НАЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ

Биотопливо (метан, этанол, рапсовое масло и др.) – на сегодняшний день один из самых перспективных энергетических ресурсов (включая автомобильный транспорт), по мнению большинства специалистов.

Исследования по использованию биотоплива ведутся во многих странах. Существуют специальные программы по развитию биотоплива на автомобильном транспорте, в большей степени это касается США. Экологические показатели использования биотоплива не идеальны, но они значительно превосходят показатели основных видов жидкого моторного топлива (бензин, дизельное топливо). Одним и возможно самым главным преимуществом биотоплива является то, что оно возобновляемо. Биотопливо, как правило, изготавливают из отходов производства, путем откачки газа из пустот при гниении отходов на мусорохранилищах.

Помимо этого, в ближайшее время возможен прорыв в данном направлении благодаря успехам в биологии и генной инженерии.

В Европе рекордсменом по использованию биодизельного топлива является Германия. В Германии за 2006 г. было произведено 3 млн. тонн биотоплива для дизельных двигателей, при том, что всего было использовано 30 млн. тонн моторного топлива [7].

В качестве сырья для производства биотоплива чаще всего используют сахар, зерно, сахарный тростник, солома и опилки. Чаще всего в автомобильном транспорте применяют биоэтанол и биодизель, по причине того что они не требуют изменения конструкции двигателя, если использовать их в качестве добавки к традиционному моторному топливу в определенной пропорции.

Прогноз производства биотоплива в мировом масштабе представлен на рисунке 3.

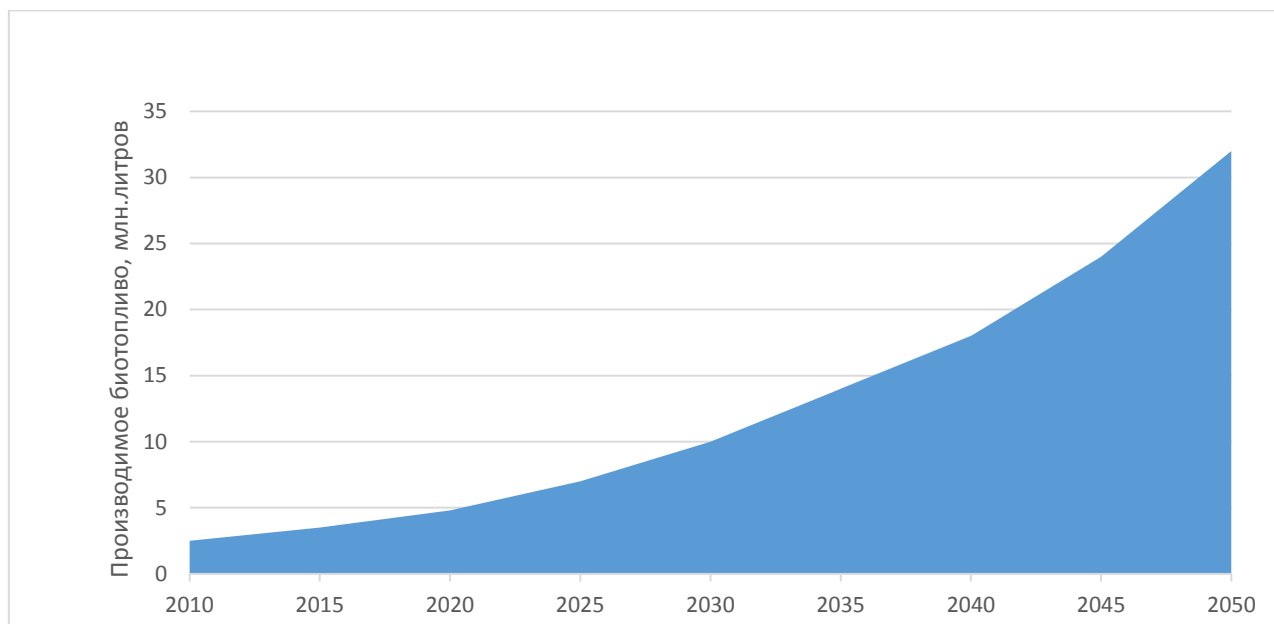


Рисунок 3 – Прогноз производимого биотоплива

Основным недостатком жидких биотоплив из сырья растительного происхождения является использование пищевых продуктов, что при массовом производстве может обострить ситуацию на рынках продовольствия. Поэтому жидкие биотоплива смогут найти применение только в ограниченном масштабе в странах, где проблемы со свободными землями, благоприятными климатическими условиями и голодом в принципе уже решены. Переход на более сложные процессы переработки сырья с высоким содержанием лигнина (древесина и др.) пока не позволяет получить жидкие углеводороды, способные успешно конкурировать с традиционными нефтепродуктами из сырой нефти [9].

Самым спорным на сегодняшний день источником энергии для использования в автомобильном транспорте является водород. Действительно, если сравнить водород с остальными энергетическими ресурсами можно обнаружить много проблем: связанных с его экономически выгодным и экологически чистым получением, безопасным хранением, и использованием. Но при этом он является одним из самых перспективных энергетических ресурсов, а инвесторы готовы тратить огромное количество денег на реализацию технологии по его использованию. Увеличение интереса к данному альтернативному источнику энергии в первую очередь связано с его практически неограниченными запасами.

Существует два наиболее популярных и изученных способа преобразования энергии водородного топлива.

# НАЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ

Топливные элементы (ТЭ) (см. рисунок 4) – электрохимический генератор, напрямую преобразующий химическую энергию водорода в электрическую. Его достоинства и недостатки приведены в таблице 1.

**Таблица 1**  
Достоинства и недостатки топливных элементов

| Достоинства   | Недостатки  |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- высокий КПД, вследствие получения непосредственно электрической энергии;</li> <li>- не имеют движущихся частей;</li> <li>- имеют небольшой коэффициент тепловых потерь.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- низкая удельная мощность;</li> <li>- высокая стоимость. Данный недостаток обусловлен применением в гальванических элементах драгоценных металлов, таких как платина и палладий.</li> </ul> |

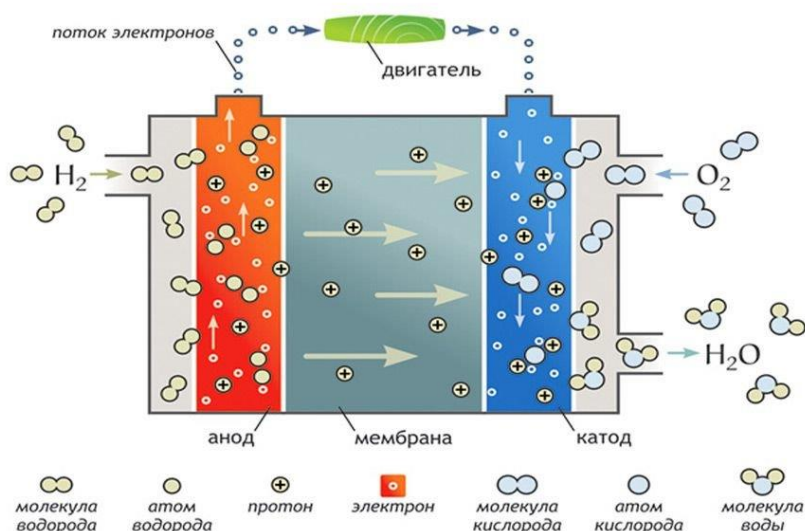


Рисунок 4 – Топливный элемент

Электрическая энергия, вырабатываемая данным топливным элементом, используется для питания электрических двигателей, которые приводят в движение автомобиль. Таким образом водородный автомобиль с ТЭ имеет такой же принцип как у электромобилей, использует в качестве конечного энергоносителя электрическую энергию. Но в автомобиле с ТЭ она генерируется непосредственно на борту автомобиля из водорода. Таким образом автомобиль с ТЭ, также как и электромобиль, в городских условиях является экологическим транспортом, не имеющим выбросов в атмосферу.

Водородные генераторы электрического тока данной схемы не имеют широкого применения, во многом это обусловлено их высокой стоимостью. Поскольку процесс технического развития не стоит на месте можно рассчитывать на скорое решение данной проблемы.

Двигатель внутреннего сгорания (ДВС), работающий на водородном топливе, представляет собой двигатель, по конструкции не отличающийся от ДВС, работающих на компримированном природном газе. Такой ДВС оснащен специальным оборудованием для контроля и подачи водорода. Данная конструкционная схема имеет ряд достоинств и недостатков (см. таблица 2):

**Таблица 2**

**Достоинства и недостатки ДВС использующих водород в качестве топлива**

| Достоинства   | Недостатки  |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- невысокие материальные затраты на производство и эксплуатацию системы;</li> <li>- экономичность, благодаря более качественному и полному горению;</li> <li>- наличие опыта в производстве и эксплуатации.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- не решает энергетических, экономических и экологических проблем, из-за проблем с его получением в производственных масштабах (высокие энергетические затраты).</li> <li>- при использовании в ДВС высокая взрыво- и пожароопасность</li> </ul> |

По энергетическим характеристикам 1 кг водорода эквивалентен по энергии 2,8 кг бензина, но в единице объема водорода содержится только 30% от энергии бензина. Таким образом, водород

## НАЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ

имеет преимущество применения там, где вес имеет большее значение, чем габариты (размеры) емкости, в которой он хранится[9].

Существуют экологические проблемы энергетических установок, использующих водород в качестве топлива. Водород не выделяет вредные вещества в процессе горения, а лишь водяной пар и тепловая энергия, однако основная проблема использования водорода в качестве топлива состоит в процессе его получения. Т.е. получение водорода на сегодняшний день требует больших энергетических затрат и невозможно без использования нефти, газа, угля или урана.

Рассматривая все выше перечисленное при расчете КПД водородного двигателя необходимо учитывать КПД всей цепочки [10]:

- производство электроэнергии на электростанции (сжигание ископаемых углеводородов, использование гидроэнергии, атомной энергии);
- передача электроэнергии по существующей сети;
- получение водорода;
- транспортировка водорода;
- водородный двигатель.

Проблема безопасности

Водород идентичен по своим свойствам с традиционными топливами, которые применяются в ДВС - образует взрывоопасную смесь в смеси с воздухом. К тому же у водорода высокая диффузионная способность, молекулы водорода имеют самый маленький размер и легко проходят через кристаллическую решетку металлов. Таким образом, возникает проблема его хранения, он быстро испаряется из металлических баков. Примером может служить автомобиль BMW Hydrogen 7, восемь килограмм сжиженного газа вмещающиеся в его водородный бак испаряются наполовину всего за 9 дней.

Существует еще один способ хранения водорода –металл-гидриды. Металл-гидриды представляют собой ёмкости, изготовленные из специального сплава, который впитывает водород в свою кристаллическую решётку и отдает его при нагревании. Но данный способ опасен тем, что эта ёмкость может нагреться не только от нагревателя, что вызовет утечку водорода и взрыв.

Таким образом, можно сделать вывод что на водородный двигатель имеет определенные перспективы, но массовое использовать его в автомобильном транспорте в ближайшем будущем не имеет смысла, вследствие с сложностью его производства, хранения и применения.

Природный газ на сегодняшний день является самым перспективным альтернативным топливом для автомобилей. Существует две формы природного газа: сжатый природный газ (КПГ) и сжиженный природный газ (СЖПГ). По количеству энергии 1 м<sup>3</sup> сжатого природного газа равен 1 литру дизельного топлива (37-40 Мдж), а 1 литр сжиженного природного газа схож по энергосодержанию с пропан-бутановой смесью (25 МДж). Таким образом можно сделать вывод, что транспортные средства на природном газе сопоставимы с работающими на жидких углеводородах. Природный газ в качестве альтернативного топлива уже начинает использоваться в транспортных средствах.

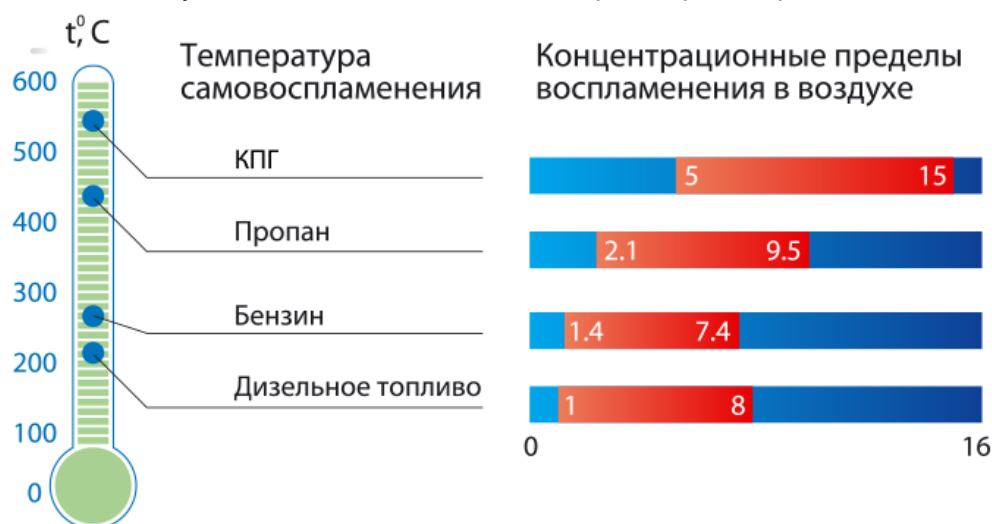


Рисунок 5 – Классификация горючих веществ по степени чувствительности

При сжигании 1000 л жидкого нефтяного моторного топлива в воздух вместе с отработавшими газами выбрасывается 180-300 кг оксида углерода, 20–40 кг углеводородов, 25-45 кг окислов азота. При использовании природного газа вместо нефтяного топлива выброс токсичных веществ в окружающую среду снижается приблизительно в 2-3 раза по оксиду углерода, по окислам азота – в 2

# НАЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ

раза, по углеводородам – в 3 раза, по задымленности – в 9 раз, а образование сажи, свойственное дизельным двигателям, отсутствует [11].

КПГ самое экономичное топливо, использование его в автомобиле уменьшает расходы приблизительно в 3 раза. Для его переработки требуются минимальные затраты. По сути, все что нужно перед заправкой в автомобиль - сжать в компрессоре. СЖПГ имеет относительно высокую себестоимость получения, а также его необходимо хранить в специализированных криогенных резервуарах с температурой -162 °С. По этим причинам он не имеет широкого распространения.

Природный газ также является более безопасным топливом чем бензин или дизельное топливо. Его концентрационные и температурные пределы значительно выше чем у традиционных жидких топлив (см. рисунок 5).

На основании проведенного исследования, можно сделать вывод, что главной целью смены традиционных углеводородных топлив, является исключение или минимизирование выбросов вредных веществ от работы автомобилей. Но такие топлива как водород или электроэнергия на сегодняшний день являются лишь «аккумуляторами» энергии, т.к. источник выбросов, который производит данную энергию, имеет высокие энергозатраты на ее получение.

В данном случае на первый план выходят технологии по использованию природного газа, т.к. она развитая и экономически выгодная на сегодняшний день. Так же в ближайшем будущем дополнительную пользу принесет использование биотоплива, с развитием более выгодных технологий по его получению из отходов.

## Библиографический список

1. Geology and Earth Science News and Information. URL: <https://www.geology.com> (дата обращения: 26.02.2020).
2. A policy framework for climate and energy in the period from 2020 to 2030. 2014. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM:2014:15:FIN> (дата обращения: 26.02.2020).
3. H.R. 5959.115th Congress: Natural Gas Parity Act. 2018. URL: <https://www.govtrack.us/congress/bills/115/hr5959> (дата обращения: 26.02.2020).
4. PERMIS DE CONDUIRE NATIONAUX EUROPÉEN ANNEXES. URL: [https://mobilit.belgium.be/en/road\\_traffic/driving\\_licence/brexit](https://mobilit.belgium.be/en/road_traffic/driving_licence/brexit) (дата обращения: 26.02.2020).
5. Shell предсказывает бум СПГ как топлива для судов и грузовиков // DeutscheWelle. Новости и аналитика о Германии, России, Европе, мире. URL: <https://www.dw.com/ru/shell-предсказывает-бум-спг-как-топлива-для-судов-и-грузовиков/a-47603972> (дата обращения: 27.02.2020).
6. Миренкова, Е.А. Улучшение энергетических, экологических и экономических показателей силовых установок, работающих на альтернативных топливах, полученных из природного газа. Москва: ФГУП «НАМИ», 2019. 168 с.
7. Demirbas, A. Biodiesel: a realistic fuel alternative for diesel engines // Publisher science, technologies, medicine – Verlag London Limited. 2008. 208 p.
8. Синяк Ю.В. Эффективность альтернативных топлив и технологий в развитии пассажирского автотранспорта в средне- и долгосрочной перспективе. ИИП РАН, 2019. URL: <https://ecfor.ru/publication/sinyak-yu-v-alternativnye-topliva-i-tehnologii-v-razvitiya-passazhirskogo-avtotransporta/> (дата обращения: 29.02.2020).
9. Перспективы использования альтернативных источников энергии на транспорте. URL: [https://studbooks.net/2378940/tehnika/perspektivy\\_iskpolzovaniya\\_alternativnyh\\_istochnikov\\_energii\\_transporte](https://studbooks.net/2378940/tehnika/perspektivy_iskpolzovaniya_alternativnyh_istochnikov_energii_transporte) (дата обращения 29.02.2020).
10. Природный газ – моторное топливо / / Газпром. Моторное топливо. URL: <http://gazprom-gmt.ru/info/natural-gas> (дата обращения: 03.03.2020).

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Банкет М.В.** (Россия, Омск) – кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр.Мира,5, e-mail: [eira\\_254@mail.ru](mailto:eira_254@mail.ru)).

**Шарапов Р.С.** – студент ФГБОУ ВО «СибАДИ», группа АТб-16Z3.

## INFORMATION ABOUT AUTHORS

**Banket M.V.** (Russian Federation, Omsk) – candidate of technical Sciences, associate Professor of Siberian State Automobile and Highway University (SibADI) (644080, Mira, 5 prospect, Perm, Russian Federation, e-mail: [mikhail\\_banket@mail.ru](mailto:mikhail_banket@mail.ru)).

**Sharapov R.S.** – (Russian Federation, Omsk) – student of of the ATb-16Z3 group, Siberian State Automobile and Highway University (SibADI).

## ТАКЕЛАЖНЫЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ МОНТАЖА СООРУЖЕНИЯ ПО СМЕШАННОЙ СХЕМЕ

Н. С. Воловник<sup>1</sup>, В. А. Казаков<sup>1</sup>, О. В. Демиденко<sup>1</sup>, А. Г. Клок<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup> ООО «СМУ-1», Омск, Россия

**Аннотация.** В статье рассматривается прогрессивная технология возведения сооружения (факельной башни) методом наращивания по смешанной схеме. Конструкция башни состоит из секций, имеющих большой вес. Секции сооружения имеют трапециевидную форму. Для монтажа секций необходимы специальные такелажные приспособления. В результате расчетов подобран сортамент пространственной траверсы и строп, которые следует изготовить.

**Ключевые слова:** факельная башня, метод наращивания по смешанной схеме, технология возведения сооружения, технологическая оснастка,

## RIGGING DEVICES FOR INSTALLATION OF STRUCTURES USING A MIXED SCHEME

N. S. Volovnik<sup>1</sup>, V. A. Kazakov<sup>1</sup>, O. V. Demidenko<sup>1</sup>, A. G. Klok<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «The Siberian State Automobile and Highway University», Omsk, Russia

<sup>2</sup> SMU-1 LLC, Omsk, Russia

**Annotation.** The article deals with the progressive technology of construction of a structure (flare tower) by the method of building up according to a mixed scheme. The structure of the tower consists of sections that have a large weight. Sections of the structure have a trapezoidal shape. Special rigging devices are required for mounting sections. As a result of calculations, the range of spatial traverses and slings that should be manufactured was selected.

**Keywords:** flare tower, method of building on the mixed scheme, technology of construction of the structure, technological equipment,

### Введение

Омский НПЗ реализует масштабную экологическую программу и программу модернизации, внедряет передовые стандарты промышленной и экологической безопасности.

Одним из объектов модернизации на Омском НПЗ является факельная установка - совокупность устройств, аппаратов, трубопроводов и сооружений для сжигания сбрасываемых паров и газов. Факельная система имеет в своем составе: три факельных ствола и общую для них факельную башню, обслуживающие площадки, ограждение факела.

Факельная система с опорной башней и опускаемыми стволами является распространенным вариантом опорных конструкций высотных факельных систем.

При возведении уникального сооружения высотой 120 м возникает необходимость детального рассмотрения технологических решений возводимого объекта. Вопросы аналогичной тематики отражены в работах отечественных и зарубежных ученых [1,2,3,4,5,6], что подтверждает актуальность рассматриваемых вопросов и принимаемых при строительстве сооружений обоснованных инженерных решений. Выбор такелажных приспособлений для монтажа такого сооружения представляет интерес для производителей – технологов строительного производства.

### Основная часть

#### Конструктивная система факельной башни

Опорная башня запроектирована полностью пирамидальной. Элементы башни выполнены из труб с маркой стали 09Г2С-12. Стойки выполнены из труб диаметром 710-325 мм, связи 325-140 мм. На рисунке 1 представлен разрез башни на отметке +24.00 м. На отметке 120 м располагается световое ограждение для обеспечения безопасности полетов авиации в соответствии с требованиями РЭГА РФ-94 – «Руководство по эксплуатации гражданских аэродромов РФ».



## Смешанная технологическая схема монтажа башни

При подготовке объекта к строительству была рассмотрена и выбрана технология возведения сооружения [7]. Традиционно, для данного типа сооружений, приемлемым методом может быть метод наращивания. Конструктивные особенности башни вносят коррективы в технологию ее возведения. Предлагается возведение факельной башни производить методом наращивания по смешанной схеме. До отметки +48.000 монтаж осуществляется посекционно автокраном TEREX AC350, с отметки +48.000 поэлементно самоподъёмным краном УПК-4. На рисунке 2 представлена технология монтажа методом наращивания по смешанной схеме.

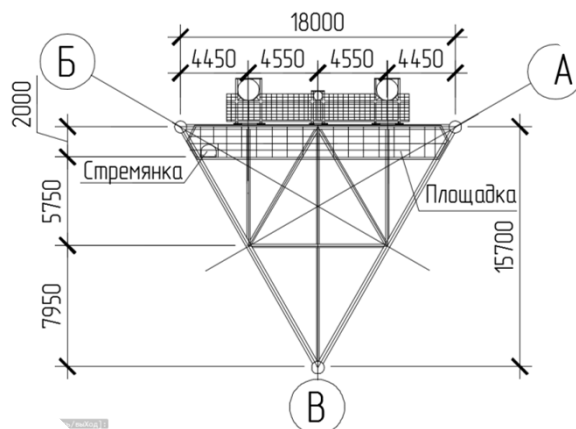


Рисунок 1 – Разрез башни на отметке +24.00

## Расчет такелажных приспособлений для монтажа секций

Для посекционного монтажа башни необходимо подобрать такелажные приспособления, которые способны нести нагрузку от монтируемых секций. В данном сооружении для монтажа используются четырехветвевые стропы, которые зацепляются за приваренные монтажные петли. Для принятия такелажных приспособлений выполнен их расчет.

### Расчет монтажных петель

Расчет петель выполнен для наиболее тяжелой секции С-1.

Монтажные петли воспринимают вес конструкции с учетом динамичности и должны рассчитываться с учетом угла наклона строп.

Для монтажа петель применяется горячекатанная арматурная сталь класса А400.

Расчет строповочных петель произведен по методике и формулам, приведенным в ТР 94-2003, а именно

$$N \leq N_{s, ult}, \quad (1)$$

где  $N$  – усилие, действующее на петлю;

$N_{s, ult}$  – предельное усилие, воспринимаемое металлом петли.

Усилие, действующее на петлю, определяется по формуле 2:

$$N = G \cdot \gamma_f \cdot \gamma_d \cdot \gamma_\beta / n, \quad (2)$$

где  $G = 22,517$  тс – нормативный вес конструкции (секции С-1);

$\gamma_f = 1,05$  – коэффициент надежности по нагрузке для металла;

$\gamma_d = 1,4$  – коэффициент динамичности при подъеме и монтаже;

$\gamma_\beta = 1 / \sin \beta = 1,41$  – коэффициент зависимости от угла наклона строп  $\beta$  (принимается  $\beta = 45^\circ$  в запас);

$n = 3 - 1 = 2$  – расчетное число петель, принимаемое на одну меньше чем есть в действительности.

$$N = 22,517 \cdot 1,05 \cdot 1,4 \cdot 1,41 / 2 = 18,89 \text{ тс}$$

Предельное усилие, воспринимаемое металлом петли, определяется по формуле 3:

$$N_{s, ult} = \gamma_{dd} \cdot R_s \cdot A_s, \quad (3)$$

где  $R_s = 350 \text{ МПа} = 3,50 \text{ тс/см}^2$  – расчетное сопротивление растяжению стали петли (А400);  
 $A_s = 6,158 \text{ см}^2$  – площадь поперечного сечения стержня петли диаметром 28 мм;  
 $\gamma_{dd} = 1$  – коэффициент, учитывающий для стержней петель малых диаметров (6, 8 и 10 мм) повышенную опасность разрушения при их возможных механических повреждениях и коррозии в случае продолжительного хранения конструкций на открытом воздухе до монтажа.

$$N_{s, \text{ult}} = 1 \cdot 3,50 \cdot 6,158 = 21,55 \text{ тс}$$

$N = 18,89 \text{ тс} < N_{s, \text{ult}} = 21,55 \text{ тс}$ . Следовательно, петля воспринимают вес конструкции.

По ГОСТ 14098-91, таблица 18 приняты: ширина сварного шва  $b = 28 \cdot 0,5 = 14 \text{ мм}$ , высота сечения сварного шва  $h = 28 \cdot 0,25 = 7 \text{ мм}$ , длина сварного шва  $l = 28 \cdot 3 = 84 \text{ мм}$ . Геометрические параметры петли приняты по ТР 94-2003.

Данное конструктивное решение монтажных петель принято для всех секций.

### **Расчет монтажной траверсы и строп**

Монтажная траверса принимается для восприятия горизонтальных усилий распора при монтаже и уменьшении расчетной длины строп.

В связи с вышесказанным, траверса должна повторять очертания монтируемой секции в плане, т.е. иметь форму правильного треугольника со стороной равной стороне монтируемой секции (19 м, 18 м, 17 м, 16 м). Траверса выполнена из трубы прямоугольной 50x40 (ГОСТ 8645-68), в узлах – сварка-встык.

Расчет траверсы проведен с учетом веса монтируемой секции, массы строп и собственного веса траверсы.

$$Q_{\text{тр.}} = m \cdot l \cdot n, \quad (4)$$

где  $Q_{\text{тр.}}$  – вес траверсы, кг;

$m$  – масса 1 пм трубы 5-х40, кг;

$l$  – длина трубы, м;

$n$  – количество труб, соединенных в одну систему

$$Q_{\text{тр.}} = 4,93 \text{ кг/пм} \cdot 19 \text{ м} \cdot 3 = 281 \text{ кг} = 0,28 \text{ тс}$$

Для определения массы стропа подбираем унифицированную маркировку строп по ГОСТ 25573-82.

17

### **Расчет строп от траверсы до монтируемой секции**

Натяжение  $S$  в каждой ветви многоветвевое стропа для секции С-1 рассчитано по формуле 5:

$$S = Q / (n \cdot \cos \alpha), \quad (5)$$

где  $Q = 22,517 \text{ тс}$  – расчетный вес конструкции (секции С-1);

$n = 3$  – число ветвей стропа;  $\cos \alpha = \cos 0^\circ = 1$  – косинус угла наклона ветви стропа к вертикали.

$$S = 22,517 / (3 \cdot 1) = 7,51 \text{ тс.}$$

Длина стропа от траверсы до монтируемой секции 2 м. С учетом всех данных подбираем строп 1СК-8.0 с канатной ветвью ВК-8.0, грузоподъемностью до 8 т. Вес стропа 27,7 кг = 0,028 т.

Нижние грузозахватные элементы (крюки) также должны быть способны выносить нагрузку, рассчитанную для ветви, равную 7,51 тс, поэтому на строп ставится крюк Кч-8,0 с допускаемой нагрузкой 8 тс, массой 3,8 кг (ГОСТ 25573–82, таблица 37).

## Расчет монтажной траверсы

Был произведен расчет траверсы на действие единичной нагрузки. Были получены усилия в элементах: траверса- 0,126 , строп от главного крюка- 0,398, строп от траверсы к монтируемой секции-0,333. Результаты расчета на прочность и устойчивость траверсы приведены в таблице 1.

Таблица 1

### Результаты расчета на прочность и устойчивость траверсы

| Показатель  | Значение                  |
|---|---------------------------|
| Профиль   | Труба прямоугольная 50x40 |
| Усилие в элементе, N,тс                                       | 2,88                      |
| Площадь поперечного сечения элемента, A,см <sup>2</sup>       | 6,28                      |
| Радиус инерции сечения, i,см <sup>4</sup>                     | 14,18                     |
| Расчетная длина элемента, l <sub>ef</sub> , см                | 1900                      |
| Гибкость элемента, λ  | 133,99                    |
| Предельная гибкость элемента, λ <sub>u</sub>                  | 170                       |
| Запас, %  | 21                        |
| Условная гибкость элемента, λ                                 | 5,39                      |
| α   | 0,03                      |
| β   | 0,06                      |
| δ   | 41,83                     |
| Коэффициент устойчивости при центральном сжатии/растяжении, φ | 0,30                      |
| N/ φ · A, кг/см <sup>2</sup>                                  | 1542,2                    |
| R <sub>y</sub> · γ <sub>c</sub> , кг/см <sup>2</sup>          | 2520                      |
| Запас, %  | 39                        |

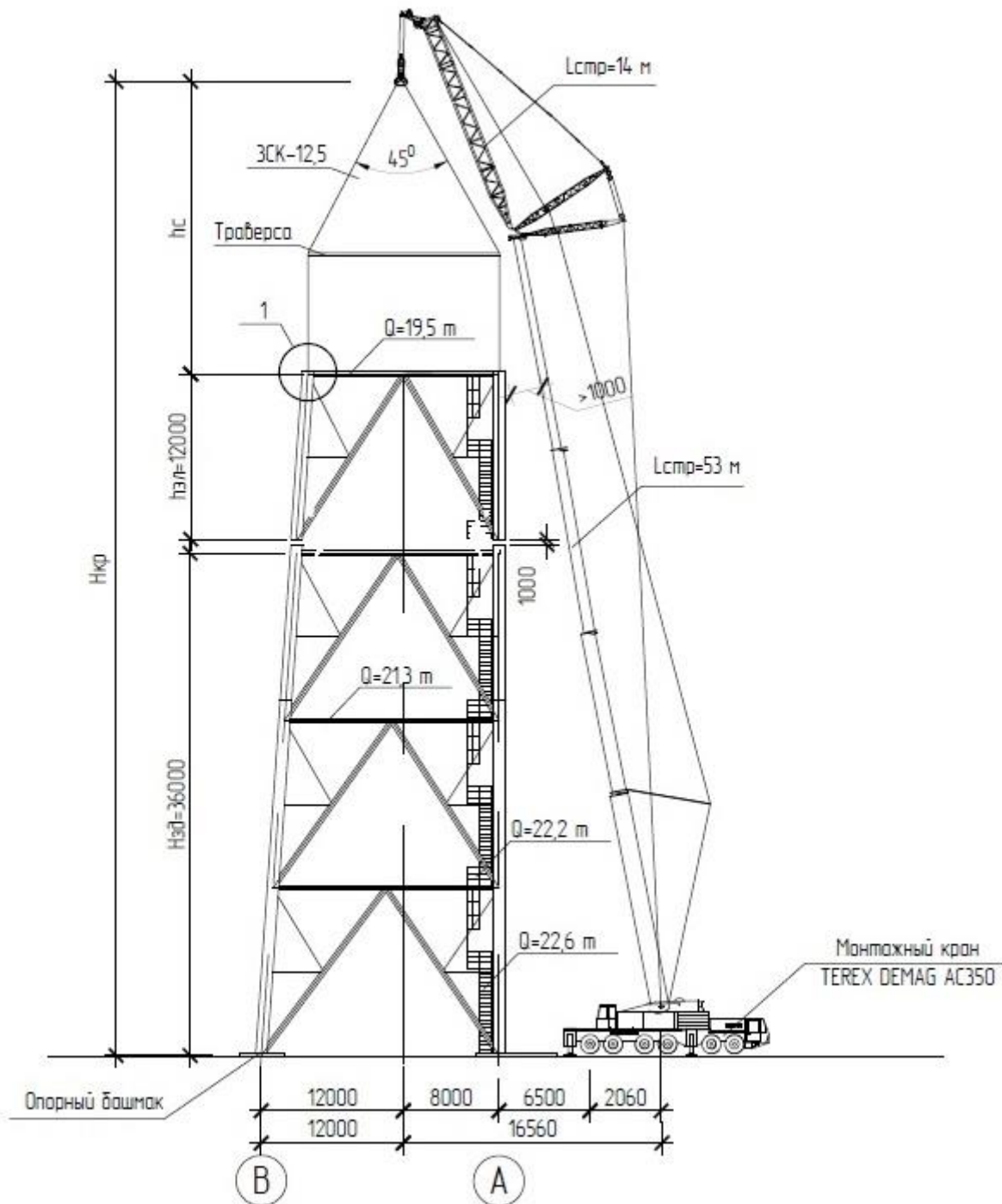


Рисунок 2 – Схема монтажа секций С-1, С-2, С-3, С-4 монтажным краном TEREX DEMAG AC350

В результате проверки на потерю общей устойчивости выбранное нами сечение траверсы удовлетворило условиям. Принимаем траверсу из трубы прямоугольного сечения 50x40 массой 4,93 т.

**Расчет строп от крюка крана до монтажной траверсы**

Расчет строп от крюка крана до траверсы определяется аналогично расчету, приведенному выше по формуле 5 с учетом веса монтируемой секции, строп до траверсы и траверсы.

$$S = Q / (n \cdot \cos \alpha),$$

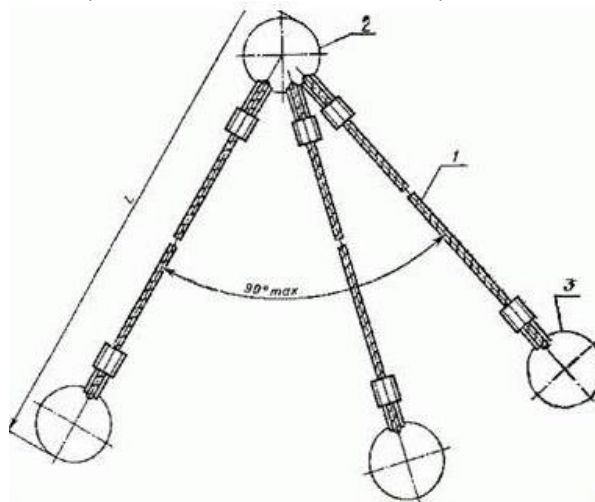
где Q = 22,88 тс – расчетный вес конструкции с оснасткой;

$n = 3$  – число ветвей стропа;  $\cos\alpha = \cos 45^\circ = 0,707$  – косинус угла наклона ветви стропа к вертикали.

$$S = 22,88 / (3 \cdot 0,707) = 10,79 \text{ тс.}$$

Длина стропа от траверсы до монтируемой секции 17 м. С учетом всех данных подбираем строп ЗСК2-12.5 с канатной ветвью ВК-12,5, грузоподъемностью до 12,5 т.

Нижние грузозахватные элементы (крюки) также должны быть способны выносить нагрузку, рассчитанную для ветви, равную 10,79 тс, поэтому на строп ставится крюк Кч-12,5 с допускаемой нагрузкой 12,5 тс, массой 20,57 кг (ГОСТ 25573-82, таблица 37).



1-канатная ветвь; 2-звено; 3-захват

Рисунок 3 – Схема стропа ЗСК-12.5

### Заключение

Рассмотренная авторами технология возведения факельной башни методом наращивания по смешанной схеме не является традиционной. Подобранные такелажные приспособления для монтажа сооружения соответствуют конструктивным особенностям сооружения и технологии его возведения в стесненных условиях действующего предприятия. Материал, представленный в статье, актуален и имеет большую практическую значимость для строительных организаций, выполняющих монтаж таких сложных сооружений. Решение поставленной инженерной задачи реализуется генподрядчиком при подготовке объекта к строительству при разработке проекта производства работ и способствует сокращению сроков строительства данного типа сооружений, повышению качества работ.

20

### Библиографический список

1. Дисиков Ю.Ю. Современные тенденции проектирования и строительства уникальных зданий и сооружений // Новая наука: Теоретический и практический взгляд. 2017. №2. С. 66-68.
2. Синенко, С.А., Славин А. М. К вопросу выбора оптимального организационно-технологического решения возведения зданий и сооружений // Научное обозрение. 2016. № 1. С. 98-103.
3. Чебанова, С.А., Бурлаченко О.В., Поляков В.Г. Организационно-технологические решения строительства в стесненных городских условиях // Инженерный вестник Дона. 2018. №1. С. 65-70.
4. Bobrova, T.V., P.M. Panchenko. Technical Normalization of Working Processes in Construction Based on Spatial-Temporal Modeling / T. V. Bobrova, // Magazine of Civil Engineering. 2017. No. 08(76). Pp. 84-97.
5. Lawson, R.M., Richards J. Modular design for high-rise buildings // Proceedings of the ICE – Structures and Buildings. 2010. No. 163(3). Pp. 151-164.
6. Fudge J., Brown S. Prefabricated modular concrete construction. Building engineer. 2011. No. 86(6). Pp.20-21.
7. Андрюшенков, А Ф., Воловник Н.С., Андрюшенков А.А. Технология возведения уникального сооружения в стесненных условиях действующего предприятия // Вестник СибАДИ. 2016. № 15.

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Воловник Н.С.** (Россия, Омск) – кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО «СибАДИ» (г. Омск, ул. П. Некрасова, 10, e-mail: [isi230508@gmail.com](mailto:isi230508@gmail.com)).

**Казakov В.А.** (Россия, Омск) – кандидат экономических наук, доцент ФГБОУ ВО «СибАДИ» (г. Омск, ул. Петра Некрасова, 10, e-mail: [isi230508@gmail.com](mailto:isi230508@gmail.com)).

**Демиденко О.В.** (Россия, Омск) – кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО «СибАДИ» (г. Омск, Ул. П. Некрасова, 10, e-mail: [dovanddms@yandex.ru](mailto:dovanddms@yandex.ru)).

**Клок А.Г.** (Россия, Омск) – инженер ПТО.

## INFORMATION ABOUT AUTHORS

**Volovnik N.S.** (Russian Federation, Omsk) – candidate of technical sciences, assistant professor of Siberian State Automobile and Highway University (SibADI) (Omsk, st. Petra Nekrasova, 10, e-mail: [volovnik.natalya@mail.com](mailto:volovnik.natalya@mail.com)).

**Kazakov V.A.** (Russian Federation, Omsk) – candidate of economic sciences, assistant professor of Siberian State Automobile and Highway University (SibADI) (Omsk, st. Petra Nekrasova, 10, e-mail: [isi230508@gmail.com](mailto:isi230508@gmail.com)).

**Demidenko O.V.** (Russian Federation, Omsk) – candidate of technical sciences, assistant professor of Siberian State Automobile and Highway University (SibADI) (Omsk, st. Petra Nekrasova, 10, e-mail: [dovanddms@yandex.ru](mailto:dovanddms@yandex.ru)).

**Klok A.G.** (Russian Federation, Omsk) – PTO engineer.