

Сравнительный анализ технологий для подъема и монтажа крупнотоннажного оборудования в проекте реконструкции Ачинского нефтеперерабатывающего завода

© П.А. Дроговоз, А.Л. Попович

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

Проведен сравнительный анализ технологий для подъема и монтажа крупнотоннажного оборудования для проекта реконструкции Ачинского нефтеперерабатывающего завода. Выполнен расчет показателей эффективности использования традиционной системы на основе гусеничных кранов Liebherr LR 11350 и инновационной гидравлической прядевой портальной подъемной системы B-Set на основе домкратов HLS8500. Сделаны выводы о преимуществах системы B-Set для реконструкции нефтеперерабатывающих заводов, и дана оценка перспективам ее применения в других отраслях промышленности.

Ключевые слова: *нефтеперерабатывающий завод, реконструкция, крупнотоннажное оборудование, крупногабаритный тяжеловесный груз, гидравлический прядевый домкрат, гидравлическая прядевая портальная подъемная система, гусеничный кран.*

В соответствии с Энергетической стратегией России на период до 2030 года важнейшей задачей развития энергетического сектора является увеличение производства и экспорта энергоносителей с высокой степенью переработки, соответствующих требованиям современных экологических норм. Для более глубокой переработки нефти и повышения качества выпускаемых нефтепродуктов требуются технологическая модернизация и реконструкция отечественных нефтеперерабатывающих заводов. Реконструкция нефтеперерабатывающего завода представляет собой уникальный инженерный проект. Для его осуществления необходимы транспортировка крупногабаритных тяжеловесных грузов, подъем и монтаж крупнотоннажного оборудования.

На современном этапе научно-технического развития энергоресурсы составляют основу экономики всех индустриально развитых стран мира. От уровня цен на нефть и газ полностью зависят все отрасли промышленности, транспорт, финансовые рынки и обороноспособность любого государства. Нефтяная промышленность занимает исключительно важное место в экономике России. Она является одним из основных источников получения экспортной валютной выручки и наполнения государственного бюджета, обеспечивает требуемые темпы социально ориентированного экономического роста и создает финансово-экономические резервы, необходимые для перехода страны на инновационный путь развития.

Согласно Энергетической стратегии России на период до 2030 года [1], целью энергетической политики является максимально эффективное использование природных энергетических ресурсов и потенциала энергетического сектора для устойчивого роста экономики, повышения качества жизни населения страны и содействия укреплению ее внешнеэкономических позиций. В этом документе в качестве одной из основных проблем в энергетическом секторе России выделено слабое развитие производства энергоносителей с высокой добавленной стоимостью (светлые нефтепродукты, газомоторное топливо, сжиженный природный газ) и расширенный вывоз энергетического сырья нулевой или низкой степени переработки.

Структура и состав мировой нефтепереработки существенно изменились за последнее десятилетие. Ведущие страны-экспортеры нефти (Саудовская Аравия, Объединенные Арабские Эмираты, Норвегия) активно проводят политику технологической модернизации, вводят в эксплуатацию новое оборудование, наращивают мощности в сфере нефтехимии и нефтепереработки. Одновременно крупнейшие потребители нефтепродуктов (США, страны ЕЭС, Китай, Япония) ужесточают экологические нормы в отношении вредных выбросов при сжигании топлива, а также усиливают требования к качеству нефтепродуктов в технических регламентах.

Основная проблема российской нефтеперерабатывающей отрасли — низкая глубина переработки. Средний уровень переработки нефти по стране 71,7 %, в то время как в Европе этот показатель составляет 85 %, в США — 95 % [3].

Суммарная установленная мощность нефтепереработки в России на сегодняшний день составляет 270 млн т год. В России в настоящее время действует 27 крупных НПЗ (мощностью от 3 до 19 млн т нефти в год) и около 200 мини-НПЗ [2]. Технический уровень большинства НПЗ не соответствует передовому уровню мировых лидеров: имеется значительный уровень износа основных фондов, оборудование физически и морально устаревает. Как видно из диаграммы на рис. 1, около 75 % крупных отечественных НПЗ имеют срок эксплуатации свыше 50 лет, что приводит к снижению эффективности нефтепереработки.

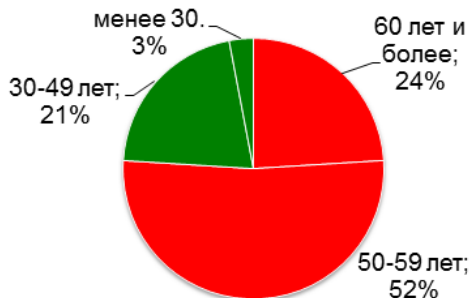


Рис. 1. Сроки эксплуатации НПЗ в России [2]

Для обеспечения конкурентных позиций на мировом рынке нефтепереработки российские нефтяные компании должны в кратчайшие сроки решить масштабные задачи по технологической модернизации НПЗ, связанной с реконструкцией действующих и строительством новых установок, позволяющих повысить качество нефтепродуктов за счет применения технологий гидроочистки топлив, каталитического крекинга, изомеризации, алкилирования, риформинга.

Реконструкция НПЗ представляет собой технически сложный и капиталоемкий процесс, который не ограничивается стандартными операциями по замене старого оборудования на более современное, а требует разработки и принятия индивидуальных инженерных решений. Уникальность проектов реконструкции НПЗ определяется тем, что они подразумевают осуществление транспортировки крупногабаритных тяжеловесных грузов (КГТ), подъем и монтаж крупнотоннажного оборудования (КТО).

Перевозка КГТ, таких как реакторы для нефтеперерабатывающей промышленности, на автомобильном, железнодорожном, морском или речном видах транспорта сопряжена с превышением типовых допустимых массогабаритных характеристик грузов. При перевозке таких грузов техника, которой оснащены транспортные предприятия, работает на пределе своих возможностей. Монтаж КТО на площадках НПЗ также представляет собой сложнейшую организационно-экономическую и инженерно-техническую задачу, для решения которой разрабатывается уникальный проект. Пример подобного проекта был реализован в Красноярском крае на Ачинском НПЗ в конце 2013 — начале 2014 г. На этом предприятии, которое входит в крупную мировую компанию ОАО НК «Роснефть», вводится в эксплуатацию новый комплекс для гидрокрекинговой очистки нефти. Запуск данного оборудования обеспечивает увеличение глубины очистки нефти с 75 до 85–95 %.

В проекте реконструкции Ачинского НПЗ планировалась установка четырех колонн для глубокой очистки весом 350, 450, 609 и 1 300 т. Транспортировка и монтаж КГТ и КТО выполнялись группой компаний «Спецтяжавтотранс», ставшей мировым рекордсменом по автомобильной перевозке самого тяжелого груза (реактора гидрокрекинга) на самое дальнее расстояние (203 км) от специально построенного причала в деревне Кубеково Красноярского края до промышленной площадки Ачинского НПЗ в Большеулуйском районе Красноярского края [4].

Транспортировка КГТ осуществлялась на самоходном модульном транспортном средстве специализированного назначения Cometto (рис. 2) [5]. Самый большой груз перевозился на платформе длиной около 36 м, состоявшей из 24 двоярных осей, на каждой из которых установлено по 16 колес. По маршруту следования автопоезд преодолел 16 рек, пересек 168 линий электропередач, 3 раза пересек



Рис. 2. Транспортировка КГТ на Ачинский НПЗ

железную дорогу (в том числе Транссибирскую магистраль), путепровод, а также подъемы и спуски с уклоном до 12 %.

Для монтажа установки был разработан первый в России проект с использованием гидравлической прядевой порталной подъемной системой V-Set компании Энергас [6]. Выбор этой инновационной технологии подъема и монтажа КТО в проекте реконструкции Ачинского НПЗ обоснован результатами проведенного сравнительного технико-экономического анализа.

В табл. 1 представлены основные характеристики двух технологий подъема и монтажа КТО — с использованием гусеничных кранов (традиционная технология) и с использованием порталной подъемной системы (инновационная технология).

Таблица 1

Характеристики технологий подъема и монтажа КТО на НПЗ

	Использование гусеничных кранов	Использование порталной подъемной системы
Технология		

Технология	Использование гусеничных кранов	Использование порталной подъемной системы
		
Преимущества	<ul style="list-style-type: none"> – возможность работ на неподготовленном грунте; – сборка за счет собственных механизмов; – возможность движения с грузом 	<ul style="list-style-type: none"> – сверхточное позиционирование груза во всех трех направлениях (± 1 мм); – перевозка конструкции в стандартных контейнерах; – не разрушает покрытие строительной площадки; – минимальное место на площадке (426 м^2)
Недостатки	<ul style="list-style-type: none"> – дорогостоящая перевозка; – требуется много места для сборки/разборки (912 м^2) 	<ul style="list-style-type: none"> – необходим стабильный источник энергии; – требуется персонал для сборки (15–20 человек)

Технология подъема и монтажа КТО с использованием гусеничных кранов. Рассмотрим применение системы из двух кранов (рис. 3). Технологический процесс начинается с подвоза реактора на монтажную площадку на самоходном модуле, затем производится строповка монтажной крышки и хвостовика на реакторе. Гусеничный кран большой грузоподъемности закрепляется за монтажную крышку, так как на него будет приходиться большая часть веса, а менее грузоподъемный гусеничный кран строится к хвостовику. Затем больший кран, стоя неподвижно, осуществляет подъем, а меньший подъезжает и только иногда поднимает заднюю часть реактора, чтобы она не коснулась земли. После окончания подъема, т. е. перевода объекта в вертикальное положение, производится расстроповка задней части, после чего гусеничный кран может осуществлять передвижение с грузом и его установку на фундамент для завершающей фазы монтажа.



Рис. 3. Подъем реактора посредством двух гусеничных кранов

Для использования этого метода необходимо разработать и изготовить индивидуальную оснастку для закрепления реактора за основание. Затем нужно доставить крупногабаритные части огромных гусеничных кранов с места их базирования до завода, найти место для их складирования и сборки. Подчеркнем тот факт, что модернизация заводов зачастую происходит не на окраине завода, где достаточно свободного места, а в центральной части, что предполагает значительное ограничение площадки, не позволяющее использование крупногабаритного оборудования.

Технологии подъема и монтажа КТО с использованием портальной подъемной системы. Применение гидравлической прядевой портальной системы при подъеме КТО на площадках НПЗ дает ряд преимуществ как технического, так и организационно-экономического характера.

Система В-Set (рис. 4–7) не требует специального обустройства площадки и подготовки фундамента — основания, единственное условие — наличие ровной поверхности, на которую устанавливаются направляющие (рис. 6), которые в свою очередь с помощью регулировочных болтов выставляют уровень в нулевую отметку — горизонт. После использования оборудования подъемное устройство демонтируется, не оставляя никаких видимых следов на грунте или же на монтажной площадке, поскольку нагрузка равномерно распределяется на всю поверхность направляющих без каких-либо критических точек напряжения.



Рис. 4. Конструкция гидравлической прядевой порталной подъемной системы B-Set



Рис. 5. Гидравлический прядевой домкрат B-Set

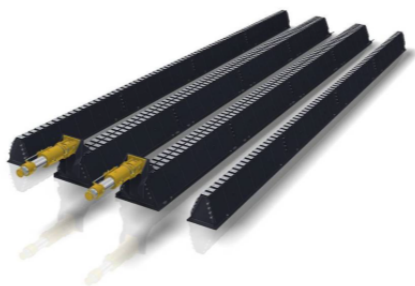


Рис. 6. Направляющие B-Set

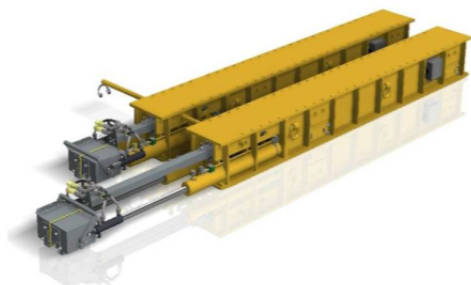


Рис. 7. Система перемещения B-Set

Другое отличительное свойство, которым обладает B-Set в отличие от других подъемных установок, — то, что вся система разбирается и помещается в контейнеры габаритных размеров. Она находится в допустимых массогабаритных пределах, что позволяет беспрепятственно осуществлять перевозку от одной монтажной площадки к другой без дополнительных оформлений разрешительных документов на провоз оборудования негабаритных размеров. Это свойство является огромным положительным качеством для системы, так как перевозка оборудования даже внутри страны требует больших де-

нежных и временных затрат из-за того, что негабаритные грузы можно перевозить только на специализированных прицепах, исключительно в дневное время суток, при определенных погодных условиях.

Главная составляющая установки — гидравлические прядевые домкраты (рис. 5), особенности конструкции которых позволяют минимизировать размер системы и иметь грузоподъемность до 1800 т. Всего используется шесть домкратов, два из которых обладают грузоподъемностью по 850 т для подъема груза в вертикальной плоскости, остальные четыре домкрата грузоподъемностью по 200 т (по два с каждой стороны башни) используются для передвижения всего B-Set в горизонтальной плоскости по направляющим. Они могут передвигать систему как пустую, так и в нагруженном состоянии. Для сверхточного позиционирования также необходимо передвигать груз горизонтально, перпендикулярно направляющим. Именно эту функцию выполняет еще одна система — перемещения (рис. 7) — грузоподъемностью 125 т каждой цанговой машинки.

Значимым отличием от всех существующих систем подъема и установки грузов является высокоточное позиционирование поднимаемого объекта на фундамент-основание. Данное свойство B-Set отлично проявляется при установке реакторов колонного типа. После перевода оборудования из горизонтального, транспортного, положения в вертикальное, рабочее, положение реактор должен быть позиционирован на фундамент, в которой ввернуты шпильки для фиксации. Зазор между отверстием в основании реактора и фиксационной шпилькой обычно не превышает 5 мм. Именно для таких проектов эта подъемная система отлично подходит.

Проведем сравнительный анализ показателей эффективности традиционной и инновационной технологии подъема с использованием методики оценки качества и конкурентоспособности [7, 8]. Исходные технические характеристики сравниваемых образцов приведены в табл. 2.

На основе данных табл. 2 составлена табл. 3 для сравнительного анализа технологий подъема и монтажа КТО на НПЗ, в которой введены коэффициенты зависимости, весовые коэффициенты и эталонная модель.

Коэффициенты зависимости вводятся для того, чтобы установить, как влияет увеличение значения какого-либо показателя на качество сравниваемого образца:

- + 1 означает, что при увеличении показателя качество растет;
- 1 означает, что при увеличении показателя качество снижается.

Сравнительный анализ осуществляется на основе принципа эталонной модели. Эталон — это, как правило, несуществующий образец, показатели которого выбираются как наилучшие среди имеющихся реальных изделий. Таким образом, эталонная модель имеет максимальную степень соответствия своих характеристик требованиям потребителя. В табл. 3 эталон формируется путем выбора наи-

лучших значений показателей по всем сравниваемым образцам с учетом коэффициентов зависимости.

Таблица 2

Технические характеристики сравниваемых образцов для подъема и монтажа КТО на НПЗ

Показатели	Гусеничный кран Liebherr LR 11350 (традиционная технология)	Гидравлический прядевый домкрат HLS8500 (инновационная технология)
		
Грузоподъемность, т	до 1350 при 12 м	до 850 при 110 м
Собственная масса, т	1 100	5
Максимальная скорость подъема, мм/ч	12 620 мм/ч	8 000 мм/ч
Точность позиционирования, мм	10–15	1
Температурные границы для работы, °С	от –40 до +40	от –20 до +50

Таблица 3

Абсолютные показатели для сравнительного анализа технологий подъема и монтажа КТО на НПЗ

Показатели	Коэффициент зависимости	Гусеничный кран Liebherr LR 11350	Система B-Set на домкратах HLS8500	Эталон
Точность позиционирования, мм	–1	10	1	1
Необходимая площадь развертки, кв. м	–1	580,8	426	426

Показатели	Коэффициент зависимости	Гусеничный кран Liebherr LR 11350	Система B-Set на домкратах HLS8500	Эталон
Максимальная грузоподъемность, т*	+1	1 350	1 800	1 800
Транспортабельность	+1	0	1	1
Температурные границы для работы, °С**	+1	-40	-20	-40

* Возьмем расчет максимальной грузоподъемности при 12 м над землей, в противном случае гусеничные краны невозможно ставить, в отличие от инновационной гидравлической прядевой порталной подъемной системы B-Set.

** Для сравнения техники возьмем минимальную температуру при работе, так как именно она является важным показателем для работы в нашей стране.

Рассчитаем показатели качества сравниваемых образцов относительно эталона по формуле

$$q = (x_i/e)^d,$$

где x_i — значение технического показателя для i -го сравниваемого образца (столбцы 3 и 4 в табл. 3); e — значение технического показателя для эталона (столбец 5 в табл. 3); d — значение коэффициента зависимости для эталона (столбец 2 в табл. 3).

Полученные расчетные значения относительных показателей приведены в табл. 4 и представлены на диаграмме (рис. 8).

Таблица 4

Относительные показатели для сравнительного анализа технологий подъема и монтажа КТО на НПЗ

Показатели	Гусеничный кран Liebherr LR 11350	Система B-Set на домкратах HLS8500
Точность позиционирования, мм	0,10	1,00
Необходимая площадь развертки, кв. м	0,73	1,00
Максимальная грузоподъемность, т	0,75	1,00
Транспортабельность	0,00	1,00
Температурные границы для работы, °С	1,00	0,50

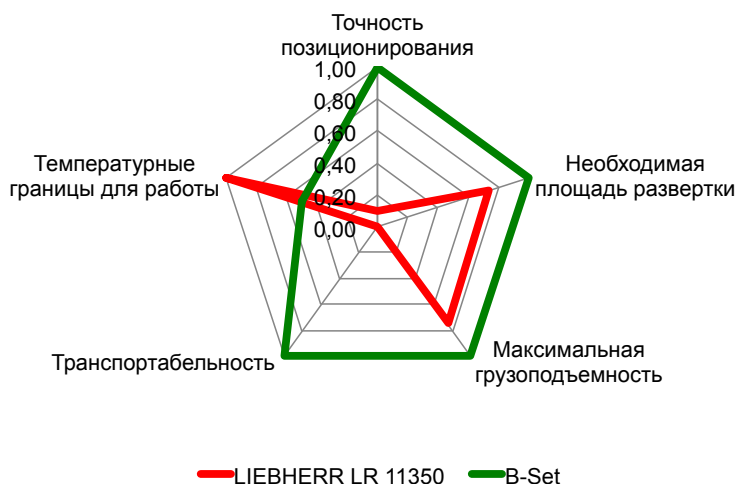


Рис. 8. Относительные показатели для сравнительного анализа технологий подъема и монтажа КТО на НПЗ

Выводы. Как видно из проведенного анализа, инновационная гидравлическая прядевая порталная подъемная система B-Set имеет основательные технические преимущества перед традиционной технологией подъема с помощью двух гусеничных кранов (и это с жестким условием подъема груза не выше 12 м), а установка B-Set может выполнять подъем на высоту до 110 м. Система не имеет конкурентов со стороны гусеничных кранов.

Как правило, модернизация нефтеперерабатывающего завода происходит на существующих предприятиях со сложной инфраструктурой, поэтому мобильность и разборные возможности системы отлично подходят для этих проектов. Например, использование гусеничного крана повлекло бы вынужденную приостановку некоторых участков завода и их деинсталляцию. А это в свою очередь привело бы к снижению мощности предприятия, огромным денежным и временным затратам.

Описываемая установка уникальна, подобных систем всего две в мире: одна находится в США, а вторую, с большей грузоподъемностью, специально изготовили для российской организации, которая заключила ряд договоров с крупнейшими нефтеперерабатывающими компаниями, куда входит Роснефть. Первый проект в России — по установке реакторов колонного типа для гидрокрекинга — уже завершен. В нем система B-Set подняла рекордные 1306 т, доказав, что данный способ успешно применяется на рынке крупнотоннажных и крупногабаритных грузов.

В завершение отметим, что применение подобной техники означает появление нового инструментария на рынке крупногабаритных и крупнотоннажных грузов, новые возможности и выбор между суще-

ствующими и новыми технологиями, отличным примером использования которых стал Ачинский НПЗ. В дальнейшем система также может быть использована в других проектах, возможно, даже не связанных с нефтехимической отраслью, таких как строительство, реконструкции, решение аварийных ситуаций. Нельзя исключать заинтересованность в данном оборудовании военных ведомств.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Энергетическая стратегия России на период до 2030 года. *Распоряжение Правительства РФ от 13 ноября 2009 г. № 1715-р*. URL: <http://www.energystrategy.ru/projects/es-2030.htm>
- [2] *Проблемы и пути развития глубокой переработки нефти в России*. URL: <http://burneft.ru/archive/issues/2011-05/2>
- [3] *Роль висбрекинга в углублении переработки нефти*. URL: <http://si-bac.info/index.php/2009-07-01-10-21-16/2216-2012-04-23-07-58-55>
- [4] *Мировой транспортный рекорд*. ООО «Агентство ПАРИ». URL: <http://www.pari.ru/news/heavy/heavy.htm>
- [5] *MSPE Self-Propelled Electronic Modules*. URL: http://www.cometto.com/index.php?option=com_content&view=article&id=66&Itemid=86&lang=en
- [6] *B-Set. Self Erecting Strand Jack Gantry*. URL: http://www.enerpac.com/sites/default/files/leaflet_self_erecting_tower.pdf
- [7] Садовская Т.Г. Оценка стоимости бизнеса и синергетических эффектов при создании и реорганизации корпораций. *Аудит и финансовый анализ*, 2011, № 6, с. 115–127.
- [8] Садовская Т.Г., Афонина Я.Н. Анализ технологических инноваций в вертолетостроительной отрасли и сравнительная оценка конкурентоспособности российских и зарубежных проектов перспективных скоростных вертолетов. *Инженерный журнал: наука и инновации*, 2013, вып. № 3. URL: <http://engjournal.ru/catalog/machin/airborne/647.html>

Статья поступила в редакцию 28.08.2014

Ссылку на эту статью просим оформлять следующим образом:

Дроговоз П.А., Попович А.Л. Сравнительный анализ технологий для подъема и монтажа крупнотоннажного оборудования в проекте реконструкции Ачинского нефтеперерабатывающего завода. *Инженерный журнал: наука и инновации*, 2014, вып. 3. URL: <http://engjournal.ru/catalog/indust/hidden/1223.html>

Дроговоз Павел Анатольевич — д-р экон. наук, профессор, заведующий кафедрой предпринимательства и внешнеэкономической деятельности МГТУ им. Н.Э. Баумана. Автор свыше 70 научных работ, в том числе 8 монографий в области теории и методологии управления стоимостью бизнеса, организационно-экономического анализа и проектирования бизнеса, военно-гражданской интеграции, бизнес-информатики. e-mail: drogovoz@bmsu.ru

Попович Александр Леонидович — аспирант кафедры предпринимательства и внешнеэкономической деятельности МГТУ им. Н.Э. Баумана, руководитель проектов в группе компаний «Спецтяжавтотранс». e-mail: alexpopovich1580@gmail.com

Comparative analysis of technologies for lifting and mounting heavy equipment in the renovation project Achinsk oil refining plant

© P.A. Drogovoz, A.L. Popovich

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, 105005, Russia

In accordance with the Energy Strategy of Russia until 2030, the most important goal in the development of the energy sector is to increase the production and export of energy with a high degree of processing, conforming to modern environmental standards. Deep technological modernization and reconstruction of domestic oil refining plants is required to increase the depth of oil refining and to improve the quality of oil products. Reconstruction of an oil refining plant is a unique engineering project. Oversized heavy cargo transportation, lifting and assembly of heavy equipment are required for its implementation. This paper presents a comparative analysis of technologies used for lifting and installation of heavy equipment for reconstruction project of Achinsk oil refining plant. The calculation of efficiency indicators of the traditional system based on crawler cranes Liebherr LR 11350 and innovative hydraulic self-erecting strand jack gantry B-Set based on jacks HLS8500. Conclusions about the benefits of B-Set for the reconstruction of oil refining plant are made and the outlook for its use in other industries is presented.

Keywords: refinery, reconstruction, heavy equipment, oversized heavy cargo, hydraulic strand jack, hydraulic self-erecting strand jack gantry, crawler crane.

Drogovoz P.A., Head of the Department of Entrepreneurship and Foreign Economic Activities of the Bauman Moscow State Technical University, Dr. Sci. (Economics), Professor. Author of about 70 publications including 8 monographs in the field of theory and methodology of value-based management, organizational economic analysis and design, civil-military integration, business informatics. e-mail: drogovoz@bmstu.ru

Popovich A.L., Postgraduate Student of the Department of Entrepreneurship and Foreign Economic Activities of the Bauman Moscow State Technical University, employed as project manager at GC "Speptyzhavtotrans". e-mail: alexpopovich1580@gmail.com