



Общество с ограниченной
ответственностью
Научно-производственное
предприятие

**«Прикладные Перспективные
Технологии – АПАТЭК»**



Технико-экономическая оценка эффективности внедрения полимерных композиционных материалов в изделиях железнодорожной и автодорожной инфраструктуры, транспортного машиностроения с учетом стоимости их владения

Генеральный директор, доктор технических наук, профессор,
Почетный железнодорожник МПС РФ

А.Е. Ушаков

Заседание Комитета по транспортному машиностроению Союза машиностроителей
России на тему «Роль композитов в транспортном машиностроении»
28 марта 2023 г

107078, ул. Новая Басманная д. 14 стр. 2
факс (495) 607-55-45 www.apatech.ru
mail@apatech.ru

ООО НПП «АПАТЭК» основано в 1991 году



ИНЖИНИРИНГ и СЕРТИФИКАЦИЯ «НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР АПАТЭК- ДУБНА» (ООО «НТИЦ- Дубна»)

- Конструирование
- Технологии
- Физико-химические исследования
- Математическое моделирование
- Опытное производство
- Сертификация



МАССОВОЕ И СЕРИЙНОЕ ПРИЗВОДСТВО

ООО ПО «АПАТЭК-Дубна»
Россия;
ООО ПО «АПАТЭК_Полоцк» -
Белоруссия

Ежегодно: 2500-3500 тонн

- изделий из ПКМ**
- Пропитка, изготовление препрегов
 - Прессование
 - Пултрузия
 - Вакуумная инфузия
 - Литьё под давлением
 - Сборка крупногабаритных конструкций



МЕЖДУНАРОДНЫЕ НАГРАДЫ



2002 «АПАТЭК» получил первый Гран-При на международном конкурсе «JEC Awards 2002» в Париже за стеклопластиковую накладку изолирующих стыков железнодорожных рельсов



2007 впервые в истории международного конкурса «JEC Awards» «АПАТЭК» получил Гран-При во второй раз. Награды удостоился композитный лоток, разработанный для отвода паводковых и дождевых вод от железнодорожного полотна



2011 компания «АПАТЭК» стала финалистом конкурса инновационных технологий на всемирной выставке JEC AWARDS в Париже за внедрение волноотбойных стен из композитных материалов



2014 компания «АПАТЭК» Получила Гран-при на всемирной выставке JEC AWARDS 2014 в Париже за создание кузова вагона-хоппера из композитных материалов.



2020 -Первый в мире железнодорожный мост из композитных материалов (победитель JEC Awards 2021)

ДОСТИЖЕНИЯ «АПАТЭК»

2002 В первые в мировой авиационной промышленности разработан нормативный документ разрешающий применение вероятностной модели «проектирования» конструкций планера самолета DOT/FAA/AR-01/55

2004 Первый в России цельнокомпозитный пешеходный мост



2015 – Получено свидетельство Морского регистра РФ о допущении контейнера-цистерны из КМ для перевозок агрессивных и особо опасных продуктов нефтехимии автомобильным, железнодорожным и речным транспортом в соответствии требованиями ДОПОГ/ADR



Интеллектуальная Собственность

Разработано более 180 типов продукции

Организовано серийное производство более 150

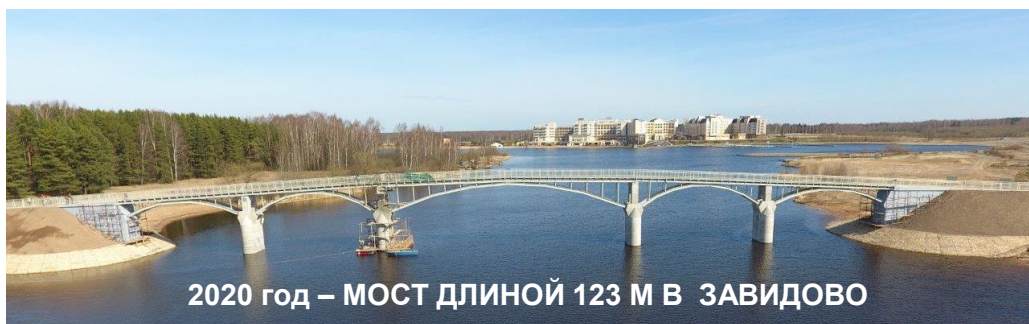
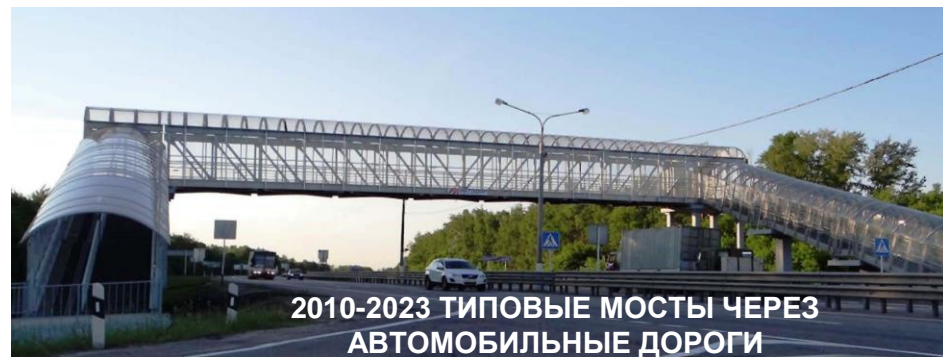
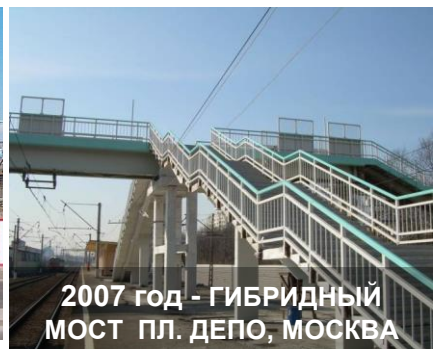
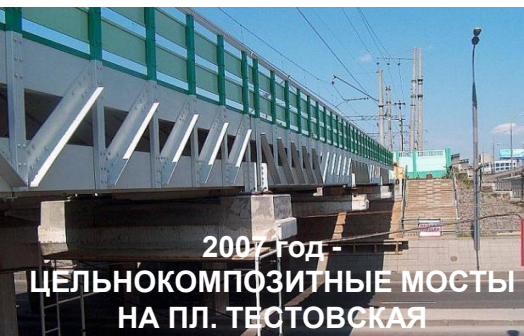
типов продукции

Получено более 100 патентов



Продукция для железнодорожной и автодорожной инфраструктуры :

- ✓ пешеходные мосты;
- ✓ водоотводные лотки;
- ✓ шумозащитные экраны;
- ✓ железнодорожные мосты.



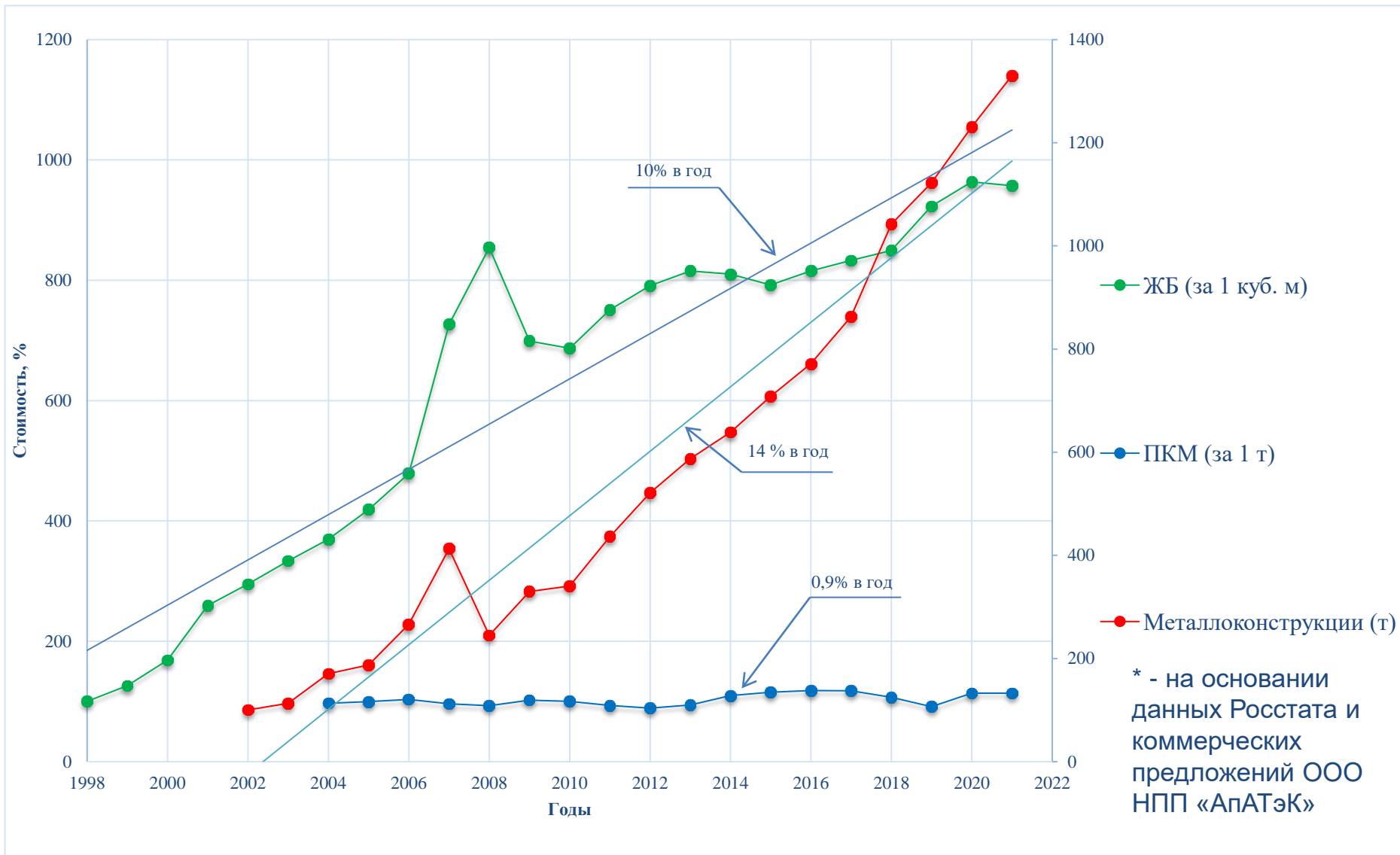
С 2004 по 2023 гг построено 47 мостов различной конструкции, из них 7 через железную дорогу.

На основании Технического свидетельства Минстроя России №6019-20 и Стандарта организации СТО.39790001.03-2007

Срок службы несущих конструкций из ПКМ составляет не менее 100 лет.



Сравнительная оценка роста стоимости пролетных строений из железобетона, стали и композиционных материалов *





Снижение затрат на этапе строительства

Пешеходный мост на 23 км Ленинградского ш., г. Москва



Снижение затрат на этапе строительства при применении композитного настила (по данным ГУП ГОРМОСТ июнь 2005г)



- Площадь 228 м²
- Вес 8.5 тонн, (вес бетонного 150 тонн)
- Монтаж за один подъём
- Снижение затрат на возведение 12%

НАИМЕНОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ И РАБОТ	Первоначальный проект		Вариант моста с настилом из ПКМ	
	масса, тонн	стоим. тыс.руб.	масса, тонн	стоим. тыс.руб.
1 Металлоконструкции пролётного строения	84.01	6918	63.01	5188
2 Монтаж пролетного строения (включая сборку, перевозку, монтаж) без учета стоимости м/к	84.01	2358	63.01	1768
3 Ж/б плита пролетного строения (включая гидроизоляцию, плиточное покрытие)	110.22	482	-	-
4 Устройство ж/б плиты пролетного строения (включая гидроизол. и плитку покрытия) без учёта стоимости ж/б плиты	110.22	4363	-	-
5 Настил из ПКМ	-	-	8.4	5343
6 Устройство настила из ПКМ	-	-	8.4	127
ВСЕГО:	194.23	14121	71.41	12427
Экономический эффект на этапе строительства 1 694 000 руб				



Снижение затрат на этапе эксплуатации (по данным для 5 пешеходных мостов из ПКМ на Московской ж.д.)

Первому заместителю
начальника Центральной
дирекции инфраструктуры –
филиала ОАО «РЖД»

М.М.Старовойтову

О применении полимерных
композиционных материалов (ПКМ)

Уважаемый Михаил Михайлович!

В программу капитального ремонта инженерных сооружений Центральной дирекции инфраструктуры на 2022 год включены работы по замене конструкций лестничных сходов пешеходных мостов с железобетонных косоурных рам и ступеней на металлические косоуры и железобетонные ступени в границах Московского транспортного узла.

В условиях агрессивного воздействия противогололедных реагентов железобетонные конструкции подвержены ускоренному разрушению, нарушению эстетичного внешнего вида, что нарушает требования обеспечения безопасности и комфортных условий для пассажиров и влечет имиджевые потери компании.

В адрес Московской железной дороги поступило обращение некоммерческого партнерства «Объединение производителей железнодорожной техники» (НП «ОПЖТ») от 15 марта 2022 г. № 146/НП ОПЖТ с описанием характеристик и сфер применения изделий из полимерных композиционных материалов изготовления компании ООО НПП «АпаТэк».

Среди предложений ООО НПП «АпаТэк» выделен ряд наиболее перспективных разработок из композиционных полимерных материалов (далее – ПКМ) для применения их на полигоне Московской железной дороги.

Абсолютная инертность ПКМ к воздействию окружающей среды и реагентам исключает необходимость ремонтных работ и сохраняет эстетичный внешний вид сооружений. По анализу Московской дирекции инфраструктуры в 2021 году эксплуатационные затраты, включая уборку на 1 м² пешеходных мостов из ПКМ составляли 710,5 руб., из железобетона 1 087,0 руб., из стали – 1 635,6 руб.

ООО НПП «АпаТэк» представлены типовые конструкции лестничных сходов с металлическими косоурами, ступенями и перильными ограждениями из ПКМ, а также типовые конструкции настила проходов части из ПКМ с износостойким покрытием. Данные решения предназначены для замены,

Электронная подпись. Подписал: Шустов Д.В.
ИИСК-4672/МОСК от 13.04.2022

По анализу Московской дирекции инфраструктуры в 2021 году эксплуатационные затраты, включая уборку на 1 м² пешеходных мостов составляют:*

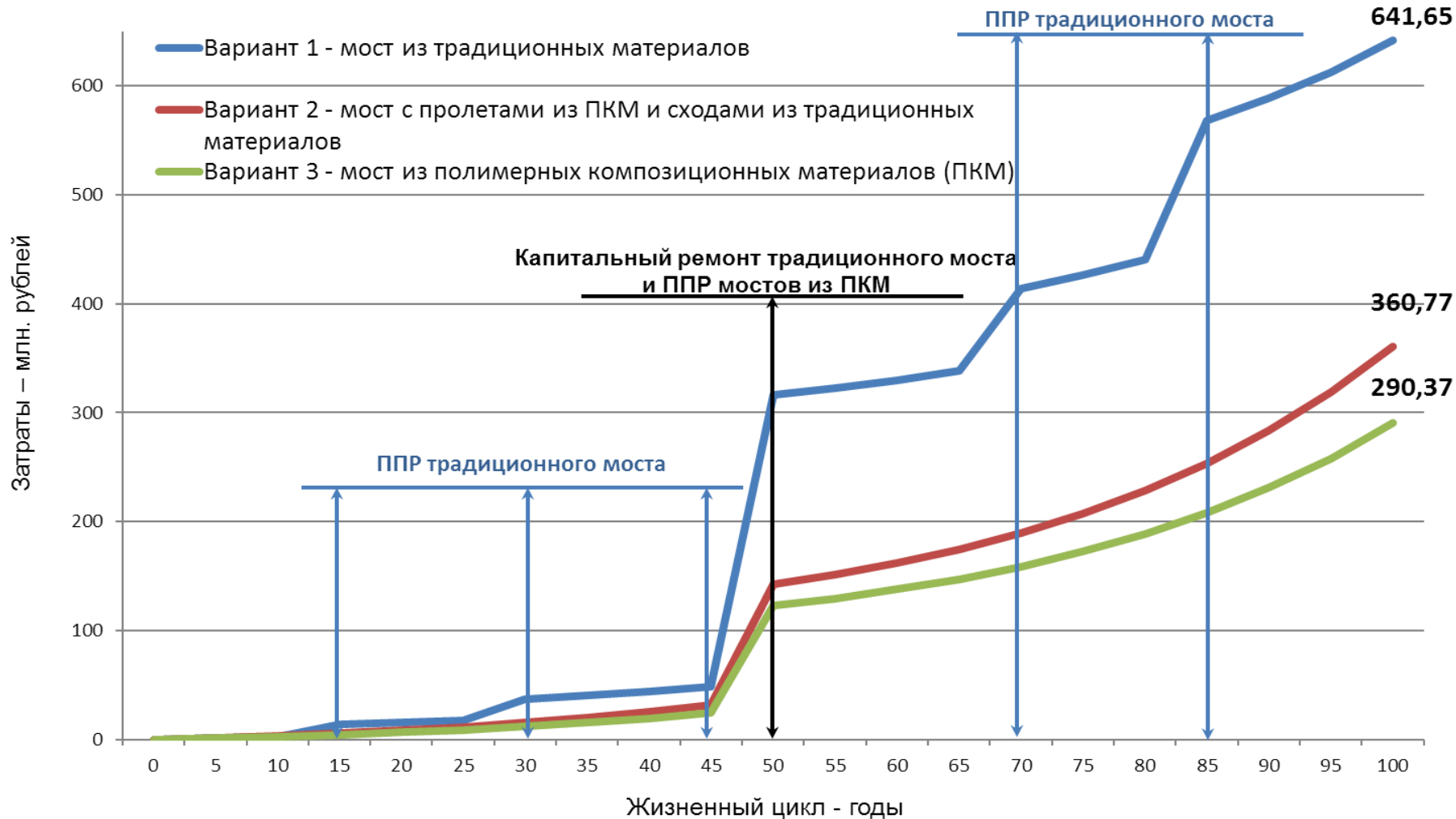
- ✓ из ПКМ – **710,5** руб.,
- ✓ из железобетона – **1 087,0** руб.,
- ✓ из стали – **1 635,6** руб.

* - Данные затраты не учитывают проведение планово-предупредительных и капитальных ремонтов



ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ РАСХОДЫ В ТЕЧЕНИЕ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

На примере сравнения трех вариантов строительства пешеходного моста на станции Чулымская Западно-Сибирской железной дороги





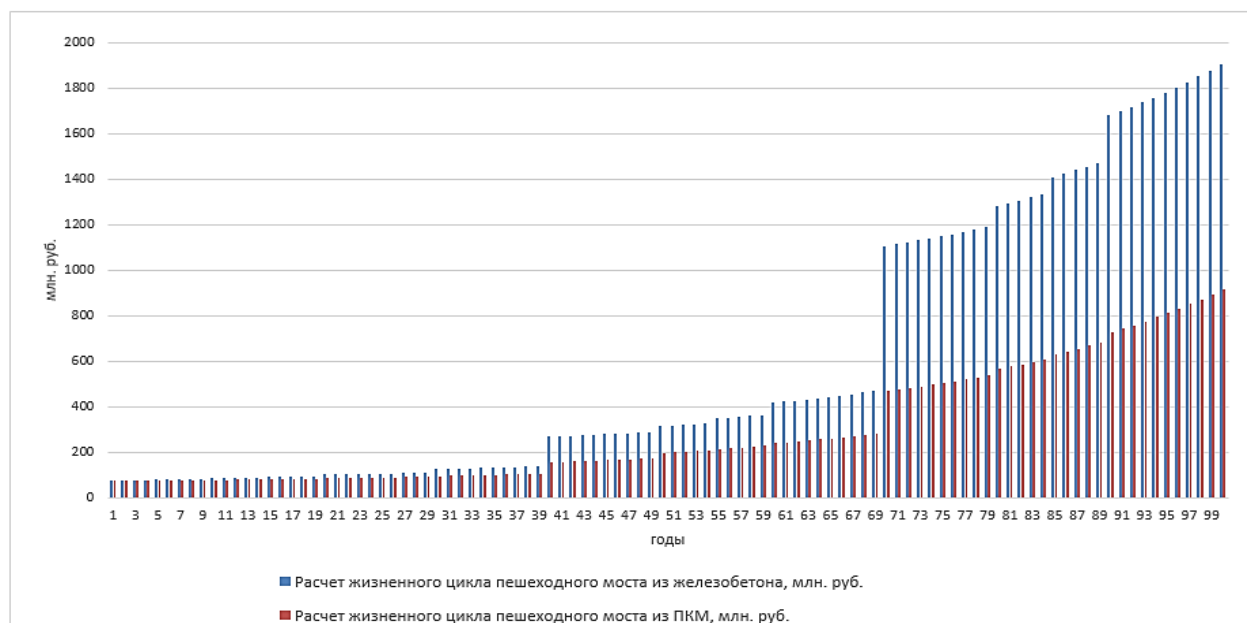
Технико-экономическое сравнение вариантов строительства пешеходного моста на ст. Шингак-Куль республики Башкорстан с применением конструкций из ЖБ и ПКМ

Преимущества применения конструкций из ПКМ в сравнении с конструкциями из ЖБ:

- пролетные строения с прохожей частью легче в 10,3 раза;
- затраты на строительство ниже в 1,6 раза;
- продолжительность СМР на 41 день меньше (в 1,8 раза);
- трудоемкость снижается в 1,45 раза;
- затраты из-за перерывов в движении поездов снижены на 12,36 млн. руб. (в 1,9 раза);
- стоимость работ по ССР меньше на 3,46 млн. руб. (в 1,05 раза).

Экономический эффект за счет меньших затрат на эксплуатацию к 100 году эксплуатации достигнет **989 млн. руб.** (затраты по мосту из ПКМ в 2,1 раза меньше, чем из ЖБ).

График денежных потоков при строительстве пешеходного моста из железобетона и ПКМ за 100 лет





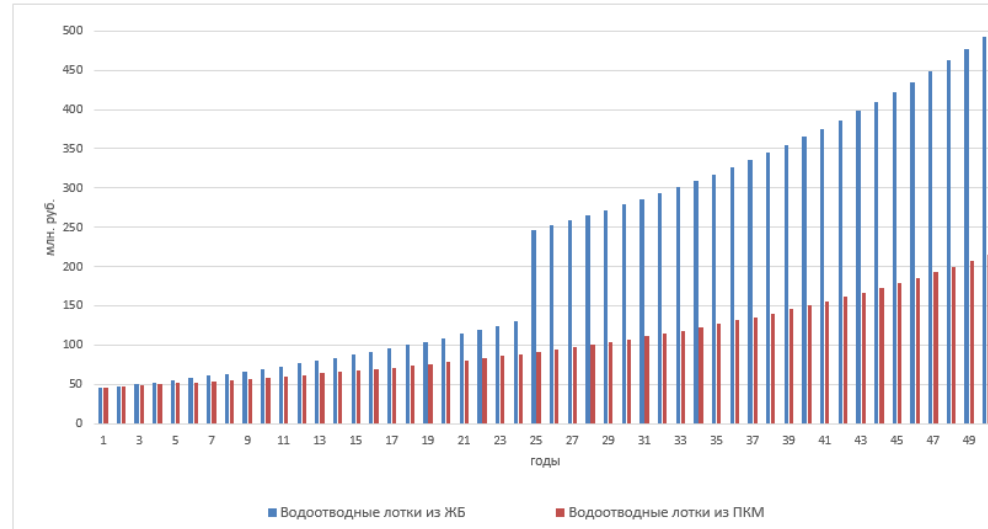
Стоимость владения в течение жизненного цикла водоотводных лотков из ПКМ



Победитель конкурса инноваций на международной выставке JEC в 2007 году



График денежных потоков при строительстве водоотводных лотков из железобетона и ПКМ



Преимущества применения лотков из ПКМ в сравнении с лотками из ЖБ:

- срок службы в 2 раза больше;
- для перевозки лотков из ПКМ потребуется в 6 раз меньше автомобилей;
- перемещение лотков из ПКМ осуществляется вручную, для погрузки/выгрузки и монтажа лотков кран не требуется;
- общая стоимость текущего содержания меньше в 1,9 раза.

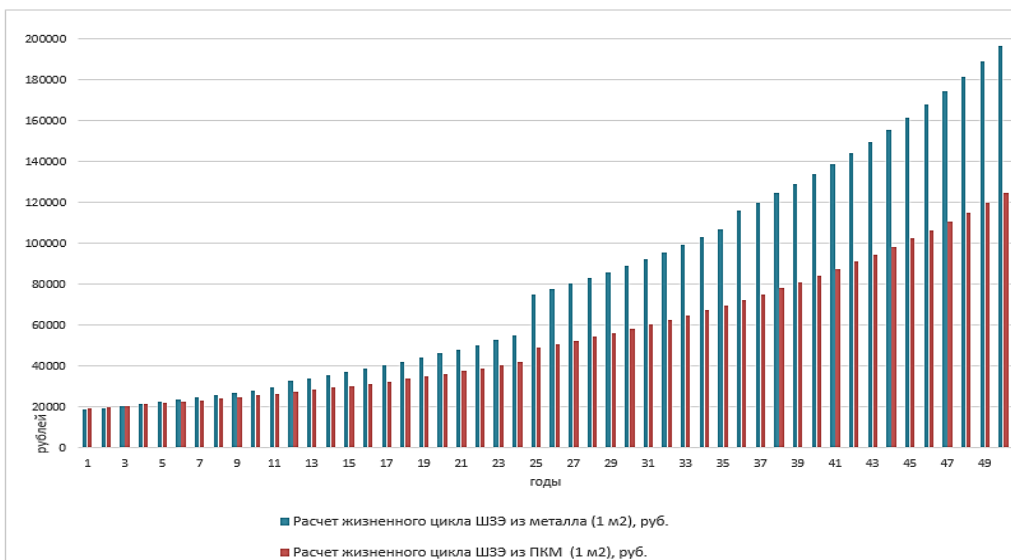
Меньшие затраты на эксплуатацию лотков из ПКМ и больший срок их службы обеспечивает их окупаемость через 1,8 года, экономический за 50 лет (4514 пог. м) – 278,3 млн. руб.



Стоимость владения в течение жизненного цикла шумозащитных экранов из ПКМ



График денежных потоков при строительстве 1 м² шумозащитных экранов из стали и ПКМ за 50 лет



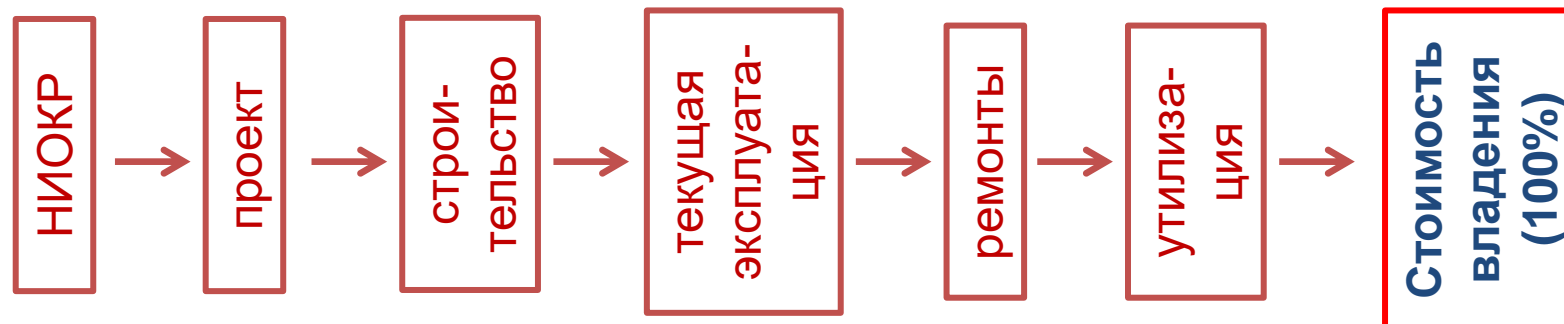
Преимущества применения ШЗЭ из ПКМ в сравнении с конструкциями из металла:

- высокая стадия заводской готовности, низкий вес сокращают в 2-3 раза стоимость и продолжительность монтажа;
- затраты на текущее содержание ШЗЭ из ПКМ 1,5 раза меньше, чем из металла, на ремонты – в 4,1 раза;
- сроки строительства снижаются в 1,4 раза;
- срок окупаемости составляет 3,5 года;

Стоимость жизненного цикла 1 м² ШЗЭ из ПКМ за 50 лет эксплуатации в 1,6 раза меньше, чем из металла.



Стоимость владения объектом



вид конструкции	Доля затрат в % от стоимости владения конструкции из традиционных материалов							прод-ть жизненного цикла, лет
	НИОКР	Проект	Строительство	Текущая эксплуатация	Ремонты	Утилизация	Стоимость владения	
Мостовые конструкции								
Трад. материалы	1	2	25	30	38	4	100%	100
ПКМ	5	2	27	15	9	1	59%	
Водоотводные лотки								
Трад. материалы	1	1	27	28	39	4	100%	50
ПКМ	1	1	31	6	0	1	40%	
Шумозащитные экраны								
Трад. материалы	1	2	25	30	38	4	100%	50
ПКМ	1	2	33	12	9	1	58%	



**ПЕРВЫЙ В МИРЕ ЦЕЛЬНОКОМПЗИТНЫЙ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ МОСТ**

2019 г.

- **Нормативная нагрузка – С14 по СП 35.13330.**
- **Допускаемые скорости – 160 км/ч.**
- **Длина пролета – 11,5 м.**
- **Общая масса пролета – 18,94 т.**
- **Срок службы 100 лет**



**Победитель JEC
AWARDS 2021**



**Суммарный наработанный тоннаж
на 27.03.2023 г. – 505 млн т бр.**

Завершение полигонных испытаний – апрель 2023 г

Благодаря меньшему весу существенно снижается: транспортные расходы, продолжительность «окон» и затрат на представление «окон»

Стоимость строительства железобетонных (ПСЖБ), металлических (ПСМ) и мостов из ПКМ (ПСКМ) в зависимости от грузонапряженности, млн т.км бр/км в год.

Тип пролетного строения	ПСЖБ	ПСМ	ПСКМ	ПСЖБ	ПСМ	ПСКМ	ПСЖБ	ПСМ	ПСКМ
Грузонапряженность, млн. т. бр.	37,5			65			120		
Стоимость строительства, млн. руб	8,8	10,4	12,1	11,5	12,4	13,2	15,2	16,4	15,6



Эксплуатационные испытания системы «безлюдной»

эксплуатации

- Мониторинг прогибов пролетного строения.
- Мониторинг осадок мостового сооружения.
- Измерения продольного профиля
- Оценка интенсивности расстройств ВСП на мосту и подходах.
- HEALTH -мониторинг состояния пролетного строения по результатам видео и фотосъемки с помощью ip камер.



мониторинг прогибов пролетного строения





Продукция для транспортного машиностроения:

- ✓ вагон-хоппер модели 19-5167, безрамный вагон-хоппер модели 19-5167 с кузовом из ПКМ
- ✓ контейнер-цистерна с сосудом из ПКМ для мультимодальных перевозок химически агрессивных веществ, продуктов химии и нефтехимии;
- ✓ Контейнер –рефрижератор High Cube из термопластичных композиционных материалов.



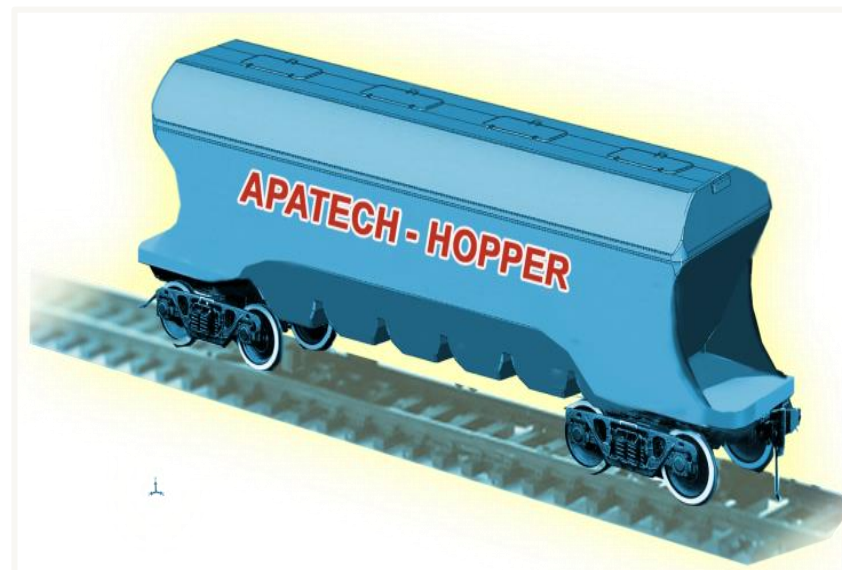
Вагон-хоппер

Вагон-хоппер модели 19-5167 с кузовом из ПКМ

Безрамный вагон-хоппер модели 19-5167 с кузовом из ПКМ



Гран-при международного конкурса «JEC Awards – 2014», (Париж, Франция)



Наименование параметров	Рамная конструкция	Безрамная конструкция
Масса тары, тонн	25.5	19,5
Грузоподъемность, тонн	75	80,5
Объем кузова, м ³	125	До 130
Нагрузка на ось, тонн	25	25
Назначенный срок службы, лет	32	75



Кузов из ПКМ вагона хоппер. Безрамный вагон хоппер их ПКМ Сравнительная таблица технико-экономических характеристик

При условии серийного производства в объеме 2 000 шт. в год

№ п/п	Характеристики и параметры	АО "Рузхиммаш" Россия	Кузов из ПКМ АпАТЭК, Россия	Безрамный вагон из ПКМ АпАТЭК, Россия	Технико-экономический эффект применения безрамного хоппера со съёмным кузовом из ПКМ
10	Стоимость вагона тыс.руб. без НДС В том числе Кузов Тележки Рама	3 400 * 1 093 * 1 302 * 1 005 *	7 387 4 880 1 302 1 005	8 593 8 593 - -	при выпуске вагонов из ПКМ 2 000 шт/год
11	Затраты на ремонт кузова за 26 лет, тыс.руб. без НДС	~ 1 389 *	~ 203 (в 6,8 раз меньше)	~ 507 (в 2,7 раз меньше)	Снижение в 3 ...7 раз затрат на обслуживание и ремонт кузова **
12	Затраты на ремонт тележек и рамы за 26 лет, тыс.руб. без НДС	~ 4 166 *	~ 4 166	отсутствуют	Снижение стоимости владения за 52 года: - на 33 % для безрамного ** - на 20 % для кузова из ПКМ **
3	Стоимость владения, за 26 лет, тыс.руб. без НДС	18 000 *	17 800 (на 2% меньше)	17 600 (на 3% меньше)	Снижение стоимости владения за 76 лет: - на 49 % для безрамного ** - на 20 % для кузова из ПКМ **
14	Стоимость владения, за 52 года, тыс.руб. без НДС	58 600 *	47 000 (на 20% меньше)	39 000 (на 33% меньше)	Без учета эффективности полученной за счет реализации преимуществ ПКМ отмеченных **
15	Стоимость владения, за 75 лет, тыс.руб. без НДС	~ 96 000 *	~ 77 000 (на 20% меньше)	~ 49 000 (на 49% меньше)	

С учетом замены вышедших из строя

* - данные на основе экспертных оценок, подлежат уточнению



Контейнер-цистерна с сосудом из ПКМ для мультимодальных перевозок химически агрессивных веществ, продуктов химии и нефтехимии



Впервые в мире обеспечивает возможность транспортировки всеми видами транспорта:

автомобильным

железнодорожным

морским



Контейнер-цистерна с сосудом из ПКМ для мультимодальных перевозок химически агрессивных веществ, продуктов химии и нефтехимии

<p style="text-align: center;">Наименование разработки</p>	<p style="text-align: center;">Начало разработки</p>	<p style="text-align: center;">Получение свидетельства о допуске на тип конструкции для перевозок химически агрессивных и особо опасных жидкостей автомобильным, железнодорожным и речным транспортом в соответствии требованиями ДОПОГ/ADR</p>	<p style="text-align: center;">Внесение изменений в IMDG Code</p>
<p style="text-align: center;">Контейнер- цистерна с емкостью из ПКМ</p>	<p style="text-align: center;">Март 2014 г.</p>	<p style="text-align: center;">Декабрь 2015 г.</p>	<p style="text-align: center;">Декабрь 2020 г.</p>



Контейнер-цистерна с сосудом из ПКМ

Сравнительная таблица технико-экономических характеристик

При условии серийного производства в объеме 400...750 шт. в год

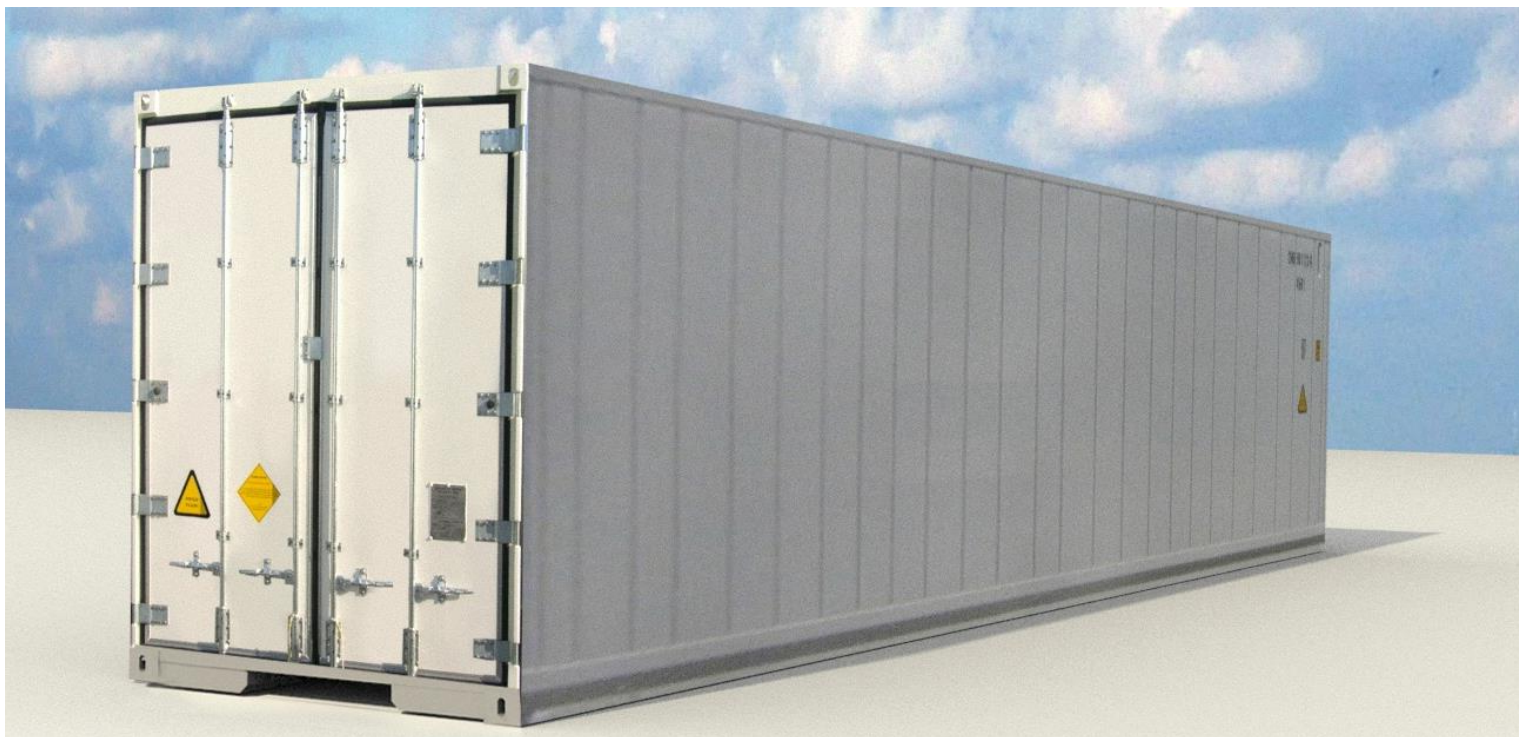
№ п/п	Характеристики и параметры		Аналог CIMC TANK Co.,Ltd, Китай	Контейнер цистерна из ПКМ АпАТЭК, Россия	Технико-экономический эффект применения ПКМ
11	Стоимость (отпускная цена) контейнера, тыс.руб. без НДС		2 200 (с учетом таможенных сборов) *	2 379	при производстве 400 - 750 контейнер-цистерн с сосудом из ПКМ в год **
2	Затраты на гуммирование , дефектоскопия сварных швов за 20 лет, тыс.руб. без НДС		600... 1 200 *	Отсутствуют	ремонт 10...20% гуммировки каждые 2 года. Замена гуммировки каждые 10 лет Снижение затрат на ремонт сосуда и химстойкого слоя в 4...5 раз (без учета затрат на периодическое освидетельствование и гидравлические испытания) **
13	Затраты на ремонт химстойкого слоя за 20 лет, тыс.руб. без НДС		Отсутствуют	120...150	
14	Затраты на ремонт арматуры, трапов, рамы, ограждения, тыс.руб. без НДС		150...200 *		
15	Простой в процессе ремонта за 20 лет, дней	Для 1 К-Ц	150...170 *	10...20	
		Для 400 К-Ц	60 000 - 68 000 *	4 000...8000	
16	Стоимость владения, за 20 лет, тыс.руб. без НДС с учетом замены вышедших из строя		3 000...3 550 *	2 470... 2 550 (на 28% меньше)	Без учета эффективности полученной за счет реализации преимуществ ПКМ отмеченных **
17	Стоимость владения, за 50 лет, тыс.руб. без НДС с учетом замены вышедших из строя		6 700...7 800 *	2 740... 2 900 (в 2,7 раза меньше)	

* - данные на основе экспертных оценок, подлежат уточнению



Контейнер –рефрижератор High Cube

из термопластичных композиционных материалов (проект)



Цель:

- снижение массы контейнера –рефрижератора;
- снижение стоимости контейнера – рефрижератора;
- снижение затрат в эксплуатации (за счет весовой эффективности, коррозионной стойкости, высокого сопротивления усталости, лучшей ремонтпригодности).



Контейнер рефрижератор из ПКМ

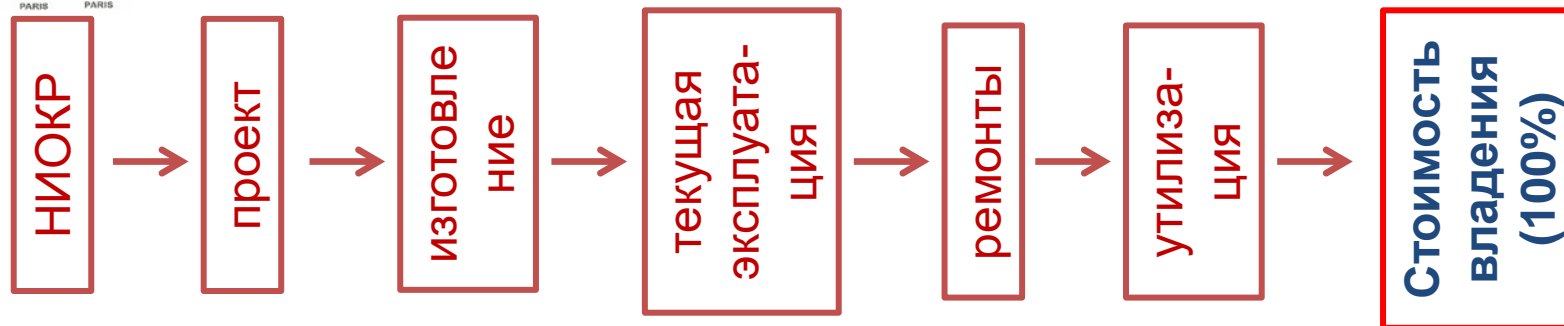
Сравнительная таблица технико-экономических характеристик

При условии серийного производства в объеме 10 000 шт. в год

№ п/п	Характеристики и параметры	Аналог Mark-Q «MAERSC», Китай	Контейнер рефрижератор из ПКМ АпАТЭК, Россия	Технико-экономический эффект применения ПКМ
1	Модель	Mark-Q	АпАТЭК (проект)	использование термопластичных композиционных материалов обеспечивает экологическую безопасность, материал является инертным, соответствует санитарно-эпидемиологическим требованиям Обеспечивает снижение массы
2	Материал	нержавеющая сталь и алюминий	ПКМ на основе термопластов и реактопластов	
3	Тип контейнера, код контейнера	1AAA, 45R0		Требование ДОПОГ (ADR) Европейское соглашение о перевозке опасных грузов и IMDG Code - Международный морской кодекса по опасным грузам
4	Максимальная масса брутто, кг	32 500		
5	Масса контейнера без холодильного оборудования, кг	4 200 *	3 083 (со стальными продольными балками) 2 947 (с балками из ПКМ)	снижения массы контейнера-рефрижератора – от 1117 кг (26,6%) до 1253 кг (30%) обеспечивает снижение нагрузки на ось и/или увеличение массы перевозимого груза (особенно важно для перевозок автомобильным и железнодорожным транспортом)
6	Диапазон температур	От -25°C до +25°C От -40°C до +25°C		В зависимости от типа компрессора и хладагента
7	Внутренний объем, м ³	67±1		В зависимости от объема отсека для холодильного оборудования
8	Срок эксплуатации между ремонтами внутреннего слоя, лет	3 – 5 *	Эксплуатация по состоянию (ремонт только мех. повреждений)	увеличения срока эксплуатации между ремонтами в 10-12 раз обеспечивает снижение эксплуатационных затрат на обслуживание и ремонт за счет инертности материала
9	Срок службы, лет	10...15 *	30...40	увеличение срока службы в 3-4 раз за счет повышения коррозионной стойкости и инертности материалов
10	Максимальный размер повреждения,	н/д	≥ 50%	Композитная часть может быть восстановлена после любой степени повреждения (определяется экономической целесообразностью)
11	Стоимость контейнера, тыс.руб. без НДС	≥ 1 100 *	1 246 (на 12% больше)	отпускная цена без стоимости холодильного оборудования
12	Стоимость контейнера, тыс.руб. без НДС	1 800 ... 2 400	1 946 ... 2 546 (на 6% меньше)	отпускная цена с учетом стоимости холодильного оборудования



Стоимость владения объектом



вид конст-рук-ции	Доля затрат в % от стоимости владения конструкции из традиционных материалов						Стоимость владения	прод-ть жизненного цикла, лет
	НИОКР	Проект	Изготовле-ние	Текущая эксплуатация	Ремонты	Утилизация		
Безрамный вагон-хоппер								
Традицион-ные материалы	1	2	23	37	32	5	100%	75
ПКМ	3	2	39	7	7	1	59%	
Контейнер-цистерна								
Традицион-ные материалы	1	1	27	29	38	4	100%	50
ПКМ	2	1	31	0	6	1	41%	
Контейнер-рефрижератор								
Традицион-ные материалы	1	2	25	30	38	4	100%	50
ПКМ	3	2	27	8	7	1	48%	

Коэффициенты запаса физико-механических характеристик ПКМ

предложения по внесению изменений в нормативную документацию (НД)

№ пп	Коэффициент	СТО.39790001.03 -2007 «АпАТЭК» 2007 год	CUR 96:2017 (Нидерланды) 2017 год	СП 35.13330.2011 Изм.3 2021 год	Предлагаемые для внесения в НД (СП 35.13330.2011) 2021 год
1.	коэффициент, учитывающий влияние температуры	1.1 - 1,15	1,0 или 1,11 (предполагается соответствующая условиям эксплуатации)	1,2	1.1
2.	коэффициент, учитывающий влияние увлажнения конструкций	1,15-1,75	1,0 или 1,11 или 1,43 в зависимости от степени воздействия влажности/воды	1,3	1,0; 1,1 зависит от уровня влажности при эксплуатации
3.	коэффициент, учитывающий влияние ползучести для постоянных нагрузок	определяется расчетом от времени действия постоянных нагрузок, схемы армирования	определяется расчетом от времени действия постоянных нагрузок, схемы армирования	1,37-2,5	1.0 при напряжениях меньше: - для стеклопластиков 40% от предела прочности; - для углепластиков 60% от предела прочности.
4.	коэффициент, учитывающий влияние усталости	-	Определяется расчетом	1,1	1,0 или 1,1 в зависимости от величины нагрузки
5.	коэффициент, учитывающий влияние переменных циклов замораживания - оттаивания (морозостойкость);	-	(предполагается применение мер защиты)	1,1	-
6.	коэффициент, учитывающий влияние старения полимерного композита за время эксплуатации	1,2 (при отсутствии данных) или определяется по ГОСТ 9.707	1,0 (предполагается применение мер защиты от воздействия УФ)	1,3	1,0
7.	Коэффициент, учитывающий влияние экспериментального /теоретического метода получения свойств материала	1,11/1,35	1,15/1,35	-	1,15 -для нормативных значений по результатам испытаний 1,35 -для нормативных значений полученных расчетом
8.	коэффициент учитывающий метод изготовления	1,65-2,295	1,2-2,0	должно быть больше 3 для расчета на прочность, 2,5 - устойчивость	От 1,2 - 2,0 в зависимости от коэффициента вариации который обеспечивает технология и вида НДС
9.	Коэффициент надежности по модулю упругости	1,1-вдоль 1,22-поперек	1,0-1,6 Дополнительно при наличии усталостной нагрузки – 1,11	3,06...5,58	От 1,1 - 1,6 в зависимости от значений коэффициентов по п.1-3.



Мероприятия, обеспечивающие снижение затрат на конструкции из ПКМ:

- переход от штучного производства к массовому (снижение затрат на 15-25%);
- снижение коэффициентов запаса (снижение затрат на 10-25%);
- внедрение автоматизированных технологий производства (снижение затрат на 10-15%)



www.apatech.ru

Благодарю за внимание!
Вопросы?

Контактные данные:

107078, Россия, Москва

ул. Новая Басманная д. 14 стр. 2,

факс (495) 607-02-50,

тел. (495) 607-79-95, 607-02-65, 607-55-45

E-mail: mail@apatech.ru

<http://www.apatech.ru>