

## СОВРЕМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ АЭРОДРОМНЫХ ПОКРЫТИЙ

*Леконцева Дарья Дмитриевна, магистрант  
кафедры «Автомобильные дороги и мосты»  
Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет, г. Пермь*

*(Научный руководитель – Карпушко М.О., канд. техн. наук, доцент)*

Россия – страна, которая располагается на большой территории и для сообщения между различными регионами необходима хороша развитая транспортная сеть. В настоящее время актуальным является, не только развитие автомобильных дорог, но и совершенствование авиационной отрасли для преодоления расстояний путем воздушного сообщения.

Авиация позволяет быстро добраться из одного пункта в другой, что в современном мире является одним из ключевых показателей при выборе преодоления препятствий. Существенным минусом выступает цена такой перевозки. Аспектом, влияющим на стоимость авиаперевозок, можно считать самый начальный показатель – стоимость строительства, а именно стоимость строительства взлётно-посадочных полос (ВЗП). Уменьшение стоимости покрытий ВПП может оказать положительное влияние на развитие отрасли в целом.

На сегодняшний день в строительстве аэродромных покрытий одними из наиболее часто применяемых считаются конструкции из асфальтобетона и цементобетона. Использование асфальтобетона при строительстве позволяет сдавать объекты в эксплуатацию сразу после завершения работ по устройству дорожного покрытия. В то время как цементобетонные покрытия, требуют время для набора прочности бетона, которое составляет не менее семи суток. Помимо этого они обладают такими преимуществами, как высокая несущая способность (независимо от климатических воздействий), высокая прочность, которая со временем возрастает при благоприятных условиях эксплуатации, долговечность, отсутствие колейности, повышенный коэффициент сцепления покрытия с колесом, слабая зависимость от степени увлажнения, высокая износостойкость и продолжительный срок службы. Так же цементобетонные покрытия имеют свои недостатки: шелушение бетонной поверхности, образование каверн, выбоин, сквозных трещин, сколы плит, сложности при ремонте, так как требуется замена большого участка.

В данной статье будут рассмотрены технические решения для создания более долговечных и прочных покрытий, которые позволят выдвинуть применение цементобетонных покрытий на более высокий уровень.

### 1. Арматура.

В мировой практике в строительстве различных объектов широко применяется стеклопластик. Данный материал используется для изготовления стеклопластиковой арматуры в строительстве мостов, малоэтажных объектов, а так же в дорожном строительстве. Стеклопластиковая арматура – это неметаллический силовой стержень, с расположенной на его поверхности навивкой из стекловолокна и других наполнителей.

Применение стеклопластиковой арматуры в сравнении с металлической позволяет снизить экономические затраты и расход арматуры в конструкции зачёт более высокой прочности.

В таблице 1, выполняется сравнение физических характеристик композитной и стальной арматуры.

Таблица 1 – Физические характеристики стеклопластиковой и стальной арматуры.

Характеристика	Арматура композитная полимерная ГОСТ 31938-2012	Стальная арматура ГОСТ 5781-82
Коэффициент линейной температурной деформации	$0,5 \cdot 10^{-5} - 0,9 \cdot 10^{-5}$ [°C] $0,7 \cdot 10^{-5} - 1,0 \cdot 10^{-5}$ °C для бетона	$1,3 \cdot 10^{-5} - 1,5 \cdot 10^{-5}$ [°C]
Диапазон рабочих температур	От -70 до +100 [°C]	От -70 до +50 [°C]
Коэффициент теплопроводности	0,35-0,5 [Вт/(м·К)]	46 [Вт/(м·К)]
Коррозионная стойкость	Не подвергается коррозии	Подвергается коррозии
Электрические свойства	Диэлектрик	Электропроводна
Магнитные свойства	Диамagnetик	Магнитопроводна
Экологические свойства	Не выделяет вредных веществ	Не выделяет вредных веществ

Существуют различные типы стеклопластиковой арматуры, которые различают в зависимости от армирующего наполнителя:

- АКП - арматура композитная полимерная;
- АСК – арматура стеклокомпозитная;
- АБК – арматура базальтокомпозитная;
- АЦК – арматура углекомпозитная;
- ААК – арматура арамидокомпозитная;
- АКК – арматура комбинированная композитная.

Стеклопластиковая арматура, значительно чаще применяется на отечественном рынке. Она состоит из внутреннего стержня и внешнего слоя. Стержень АСК выполнен из параллельно расположенных волокон стеклопластика, которые соединяются друг с другом за счет полимерной смолы. Внешний слой представляет собой двунаправленную навивку из волокон композитного материала или напыление мелкофракционным абразивным порошком.

Достоинствами такой арматуры является высокая коррозионная стойкость, стойкость к воздействию различных щелочей и кислот. По сравнению с металлической арматурой имеет меньшую массу стержня, отличается наиболее низкой трудоемкостью при сборке, так как собирается как конструктор, исключая сварку, имеет более длительный срок эксплуатации и наиболее простые условия транспортировки, что значительно уменьшает экономические затраты.

К недостаткам относится низкий модуль упругости 40 ГПа, в то время как модуль упругости стали составляет 200 ГПа, данный показатель ограничивает применение гнутых стержней, так как их изготовление возможно только в заводских условиях.

Ещё одним существенным недостатком является отсутствие хорошо развитой нормативной документации, что препятствует широкому использованию АКП в строительстве. На текущий момент разработан межгосударственный стандарт ГОСТ 31938 «Арматура композитная полимерная для армирования бетонных конструкций. Общие технические условия». В стандарте приведены требования к физико-механическим характеристикам АКП(Табл.2).[1]

При применении стеклопластиковой арматуры, расчеты производят по аналогии железобетонных конструкций, что не учитывает всех особенностей СПА и не приводит к использованию всех достоинств данной арматуры. Однако развитие нормативной документации не стоит на месте, что в дальнейшем дает возможность широкого применения САП в строительстве.

Детальное изучение применения САП, использование зарубежного опыта и анализ работы конструкций армированных композитной арматурой, могут выдвинуть применение САП на высокий уровень, что повысит технические характеристики и снизит стоимость армированных конструкций.

Таблица 2 – Физико-механические характеристики АКП

Наименование показателя	АСК	АБК	АУК	ААК	АКК
Предел прочности при растяжении $\sigma_b$ , МПа, не менее	800	800	1400	1400	1000
Модуль упругости при растяжении $E_f$ , ГПа, не менее	50	50	130	70	100
Предел прочности при сжатии $\sigma_{сж}$ , МПа, не менее	300	300	300	300	300
Предел прочности при поперечном срезе $t_{sh}$ , МПа, не менее	150	150	350	190	190

## 2. Добавки в бетон.

Применение литых серобетонных смесей на основе асфальтогранулята для покрытий аэродромов, является актуальным, так как на сегодняшний день в результате нефте и газоочистки в России производится около 7 млн. тонн технической серы (Рис. 1). В связи с чем возникают проблемы ее утилизации. Одним из решений, является применение серы в изготовлении серного бетона, по структуре он схож с цементобетонном, битумным (асфальтобетоном) и полимербетоном. Такой бетон имеет следующие положительные свойства:

- быстрый набор прочности;
- высокая прочность при сжатии, до 60 МПа;
- стойкость к воздействию агрессивных сред;
- низкое водопоглощение;
- высокая морозостойкость;
- свойства серы позволяют заменить прочные заполнители техногенными отходами и слабыми каменными материалами.

В статье [3] производится сравнение показателей свойств двух образцов, полученных из асфальтогранулята и смеси асфальтогранулята, модифицированного 10 масс. % серы. Данные испытаний приведены в табл.3.

Установлено, что введение 10 масс. % серы в асфальтогранулят, способствует снижению показателей пористости минеральной части и остаточной пористости АГБ в 2 и 20 раз соответственно, что коррелирует с показателем водонасыщения, значение которого снижается в 6 раз. Показатель прочности при сжатии модифицированного АГБ состава в 13 раз превышает аналогичный показатель исходного материала и составляет 4 МПа. Полученные результаты, позволяют рассматривать применение данного материала в дорожной отрасли с дальнейшим его изучением[3]



Рисунок 1 – Астраханское газоконденсатное месторождение с высоким содержанием серы

Таблица 3 – Характеристики показателей физико-механических свойств асфальтогранулобетонов

Наименование показателя	Показатель свойств	
	Асфальтогранулят с серой 10%	Асфальтогранулят
Средняя плотность, г/см <sup>3</sup>	2,4	2,01
Средняя плотность минеральной части, г/см <sup>3</sup>	2,27	1,9
Истинная плотность минеральной части, г/см <sup>3</sup>	2,62	2,7
Истинная плотность, г/см <sup>3</sup>	2,42	2,47
Пористость минеральной части, %	13,45	29,65
Остаточная пористость, %	0,73	20,75
Водонасыщение, %	1,94	12,08
Прочность при сжатии, МПа	4	0,3

Использование технологии производства серобетона, позволит значительно уменьшить использование природных ресурсов и максимально применять серосодержащие отходы. Так же производство такого бетона позволит решить технико-экономические и экологические проблемы.

Применение современных материалов для конструкций ВПП, позволит значительно снизить их стоимость, увеличить срок эксплуатации без ремонта, а так же сделать их более экологичными и безопасными.

#### Литература:

1. ГОСТ 31938-2012 Арматура композитная полимерная для армирования бетонных конструкций. Общие технические условия

2. Якобсон М.Я., Кузнецова А.А., Введенская А.С., Бычков А.В. актуальность и перспективы применения цементобетона в дорожном строительстве// Системные технологии, №1(18), 2016, с 132-140
3. Фомин А.Ю., Кайс А.А. Литой серный бетон на основе асфальтогранулята// Известия КГАСУ, 2018, №2(44)
4. Усов Б.А. Технология и применение серных бетонов// Системные технологии, №17, 2015, с 56-69.