

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

На правах рукописи

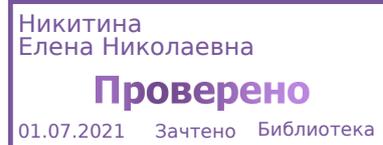
Каримов Арджманд Абдулхафизович

Проектирование покрытий грунтовых аэродромов в
условиях Хабаровского края

Направление подготовки
08.04.01 «Строительство»

АВТОРЕФЕРАТ
МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ

2021



Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре
государственный университет»

Научный руководитель: Дзюба Андрей Викторович
Кандидат экономических наук, доцент

Рецензент: Щербаков Иван Федорович
начальник отдела проектных работ
МКУ «Управление капитального строи-
тельства
Администрации города Комсомольска-на-
Амуре»
кандидат технических наук

Защита состоится «25» июня 2021 г. в 13 часов 00 мин. на заседании государственной экзаменационной комиссии по направлению подготовки 08.04.01 «Строительство» в Комсомольском-на-Амуре государственном университете по адресу: 681013, г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27, ФГБОУ ВО «КНАГУ» ауд. 212/1.

Автореферат разослан 18 июня 2021 г.

Секретарь ГЭК

И.В. Погорельских

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Для России важно иметь сеть аэродромов, которая способствовала бы текущей и долгосрочной реализации потребностей населения и отраслей экономики в авиационных перевозках. Каждый аэродром играет определенную роль в развитии АТС, и поэтому инфраструктура не может быть стандартной, одинаковой.

Современные аэродромы представляют собой сложные инженерные сооружения. Они должны обеспечивать безопасность воздушных перевозок и предоставлять пассажирам всю необходимую информацию, как бы подсказывая им правильное движение.

Крупные масштабы капитального строительства требуют быстрого развития и совершенствования авиаперевозок, основным видом которого является самолёт. В связи с этим ожидается большой рост численности парка воздушных судов и объемов перевозок пассажиров и промышленных грузов.

Аэродромные покрытия представляют собой конструкции, воспринимающие нагрузки и воздействия от воздушных судов, эксплуатационных и природных факторов и удовлетворяющие требованиям обеспечения безопасности полетов. Одними из существенных качеств аэродромных покрытий, определяющих степень такой безопасности, являются их прочность, устойчивость и долговечность, особенно в сложных гидрогеологических условиях.

За последние годы наши представления о конструкциях аэродромных покрытий, методах их расчета, ремонта и восстановления значительно расширились. Однако некоторые исследования и достижения в этой области остались по ряду причин неизвестными широкой научной и инженерной общественности, в том числе многим из тех, кто занимается проектированием и эксплуатацией аэродромов.

К таким достижениям прежде всего можно отнести:

— аналитические и численные решения задач о напряженно-деформированном состоянии многослойных аэродромных покрытий при действии эксплуатационных нагрузок, результаты полигонных экспериментов;

— двухмерную эволюционную математическую модель тепло- и влагопереноса в грунтовом основании и метод ее реализации;

— теоретические и экспериментальные исследования процессов тепловлагопереноса, происходящих в системе "покрытие-основание";

— выявление роли и влияния различных конструктивных особенностей аэродромных покрытий на характер их работы в период эксплуатации;

— новые практические методы оценки прочности и несущей способности покрытий при воздействии на них опор воздушных судов и др.

По аэропортам малой авиации в Хабаровском крае дела обстоят неоднозначно. Есть места, где достаточно неплохо это организовано, а есть места, где нужно проводить реконструкцию и капитальный ремонт посадочно-взлетных полос.

Аэропорт Хурбы Комсомольска-на-Амуре в 2017 году продали частному лицу и он по сей день не проявляет никакого интереса к ремонту, реконструкции или содержанию этого сооружения.

В 2021 году начнется реконструкция аэропортов Охотск и Аян. Завершение работ намечено на 2023 год. Аэропорты находятся в поселках Охотск и Аян на севере Хабаровского края, оба давно не реконструировались. Сообщение с населенными пунктами есть только по воздуху, через эти аэропорты обеспечивается связь жителей Охотского и Аяно-Майского районов с общим населением около 8 тыс. человек с краевым центром и с другими населенными пунктами.

Актуальность вопроса реабилитации грунтовых полос аэродромов определяется для России тем, что финансовые возможности нашей страны крайне ограничены, что не позволяет говорить о новом строительстве и серьезной реконструкции автомагистралей в ближайшее время. Применение но-

вых технологий — важный шаг вперед.

Будущее в решении проблем ремонта грунтовых полос — за новыми технологиями, так как они отвечают очень жестким требованиям, обеспечивая высокие темпы ремонтных работ, высокое качество работ при сравнительно низкой их стоимости, экологическую безопасность работ.

Таким образом, важнейшее направление по повышению эффективности строительного производства - применение современных технологий, позволяющих повышать качество продукции, производительность труда и экономить энергоресурсы.

Обязательным элементом проектирования являются мероприятия по охране окружающей среды, рациональное использование природных ресурсов.

Целью данной работы является разработка грунтового дорожного покрытия аэродромов в Хабаровском крае.

Для этого необходимо реализовать следующие задачи:

- рассмотреть классификацию аэродромов;
- изучить современные типы дорожных покрытий, применяемые при строительстве аэродромов, их преимущества и недостатки;
- предложить и исследовать инновационное покрытие для строительства аэродромов;
- рассмотреть экономическую эффективность нового покрытия.

Предметом работы является усовершенствование дорожных грунтовых покрытий аэродромов.

Объектом исследования выступает аэропорт с грунтовым покрытием в Хабаровском крае.

Научная новизна: применение укрепления грунтовых полос аэродрома в комплексе с георешеткой.

Теоретическая значимость является возможность применения данного технического решения на аэродромах малой авиации.

Апробация работы и публикации:

1. Каримов А. А., Дзюба А. В., / Проектирование покрытий грунтовых аэродромов в условиях хабаровского края // Интернаука: электрон. Научн. Журн. 2021. № 22(198). URL:

<https://internauka.org/journal/science/internauka/198>

2. Каримов А. А., Дзюба А. В./ Особенности строительства аэродромов // Интернаука: электрон. Научн. Журн. 2021. № 22(198). URL:

<https://internauka.org/journal/science/internauka/198>

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность темы исследования, анализируется степень ее разработанности, определяются цели и задачи исследования, его информационная база, указаны научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы.

Первая глава носить теоретический характер, где рассматриваются основы строительства аэродромов в сельских местностях, назначения и их классификации, содержание работ и технологии проектирования аэродромов, а также изучено вопрос регионально - территориальных особенностей строительства аэродромов в Хабаровском крае.

Аэродромом называется участок земли или воды и воздушное пространство над ним, а также здания и аэродромная техника, нужные для взлета, посадки, руления и обслуживания самолетов. Аэродром может иметь одну или несколько взлетно-посадочных полос, он содержит летное поле и комплекс управления воздушным движением. Аэродром как сооружение может быть очень большим и зрелищным, но основную функцию данного объекта исполняет дорожное полотно. Расчёт и проектирование дорожного покрытия аэродромов классифицируется на международные и внутренние (российские).

Международная классификация

Представляет собой разделение аэродромов кодовым обозначением. Оно состоит из двух частей. Первая — цифра, соответствующая длине лет-

ной трассы (от 1 до 4), вторая — буква, соответствующая размаху самолетных крыльев и расстоянию между внешними сторонами колес главного шасси (от А до Е латинского алфавита).

Российская классификация

По взлетной массе принимаемых самолетов аэродромы делятся на пять классов, где четвертый принимает до 10 тонн, первый — свыше 75 тонн, вне класса — без ограничений.

По длине ВПП и несущей способности покрытия:

Аэродромы разделяются на 6 классов: А — 3200 x 60, Б — 2600 x 45, В — 1800 x 42, Г — 1300 x 35, Д — 1000 x 28, Е — 500 x 21.

По длине взлетно-посадочной полосы и несущей способности покрытия аэродромы разделяются на шесть классов, обозначаемых буквами от А до Е в порядке убывания характеристик.

По взлётной массе принимаемых самолётов:

- вне класса (без ограничения массы) — Ан-124, Ан-225, А380 и т. п.
- 1-го класса (75 т и более) — Ту-154, Ил-62, Ил-76 и т. п.
- 2-го класса (от 30 до 75 т) — Ан-12, Як-42, Ту-134 и т. п.
- 3-го класса (от 10 до 30 т) — Ан-24, Ан-26, Ан-72, Ан-140, Як-40 и т. п.
- 4-го класса (до 10 т) — Ан-2, Ан-3Т, Ан-28, Ан-38, Л-410, М-101Т и т. п.

У аэродромов вне класса длина ВПП составляет обычно 3500-4000 м, 1 класса — 3000-3200 м, 2 класса — 2000—2700 м, 3 класса — 1500—1800 м, 4 класса — 600—1200 м. Гражданские аэродромы 3 и 4 класса относятся к аэродромам местных воздушных линий (МВЛ).

Вторая глава содержит себе технологию строительства дорожного покрытия аэродромов в условиях Дальнего востока, также рассматриваются инновационные технологии в процессе строительства зарубежных аэродромов. Также было отобрано 22 строительного материала на цементно и эпок-

сидной основе от зарубежных производителей (Канада и США), были поставлено множество научных исследований для определения физико-механических свойств материала и после исследования выяснялось, что Джем-Крит ХДО (Gem-Crete HDO) был признан наилучшим материалом по физико-механическим характеристикам при самой низкой цене из всех 22 материалов по следующим параметрам: измерены прочностные характеристики на сжатие, на изгиб, адгезия, устойчивость к перепадам температур, ударная стойкость и др.

Отличительной особенностью тонкослойного упрочненного покрытия Джем-Крит ХДО (Gem-Crete HDO) является его фасовка в виде концентрата, т.е. цемент и песок необходимо добавлять в смесь непосредственно на объекте, что существенно удешевляет логистические затраты по доставке материала на объект. Тонкослойное упрочненное покрытие Джем-Крит ХДО (Gem-Crete HDO) успешно используется уже более 25 лет, о чем свидетельствуют объекты с 20-ти летней историей.

Исследовано один из актуальных технических вопросов в решении сильного разрушения аэродромного покрытия глубиной более 25 мм с использованием таких химических добавок как: Adi-Con CSF(R) в бетон основе микрокремнезема и фибры для получения высокотехнологичного ремонтного бетона. Микрокремнеземная добавка в бетон с полимерными волокнами Adi-ConCSF(R) (Ади-Кон ЦСФ(Р)) обеспечивает следующие преимущества:

- Высокая прочность на сжатие;
- Увеличение прочности на растяжение и на изгиб;
- Высокая устойчивость к истиранию и ударопрочность;
- Высокая устойчивость к химическому воздействию;
- Уменьшение коррозии арматуры;
- Уменьшение сегрегации бетона;
- Повышение устойчивости к перепадам температуры.

Выявлено техническое решение при сколах швов аэродромных покрытий за счёт использования высокотехнологичных цементных армирования

фиброй с добавлением полимеров. Данные материалы характеризуются высокой скоростью набора прочности, обеспечивая короткое время ремонта и очень низкую усадку, высокую адгезию и отличные характеристики на истираемость.

Проанализирован развитие авиационной отрасли в РФ и в том числе Хабаровского края. Проблемам развития аэропортовой деятельности и аэродромных сетей посвящены труды таких авторов, как В.А. Губенко, Е.В. Сидоренко, Е.В. Кривко, В.П. Маслаков, Е.Ю. Луговая и многих других.

В их трудах исследуется вопрос повышенной социально-экономической значимости деятельности современных аэропортов, а также обуславливают необходимость поиска наиболее продуктивных путей развития их деятельности в целях закономерного развития регионов и всей страны. В настоящее время аэропортовая сеть нашей страны включает 290 объектов. Проведенные специалистами исследования показали, что для обеспеченности России аэродромной сетью на уровне таких стран, как Бразилия или Мексика, количество аэропортов должно быть увеличено до 600, а на уровне стран Северной Европы – эту цифру надо увеличить до 800 объектов.

Тем не менее, на сегодняшний день в сегменте гражданского авиастроения имеется значительная недозагрузка существующих производственных мощностей. Из негативных тенденций в 2010- 2017 гг. можно отметить сокращение количества воздушных судов по России в целом (рис. 2.1).

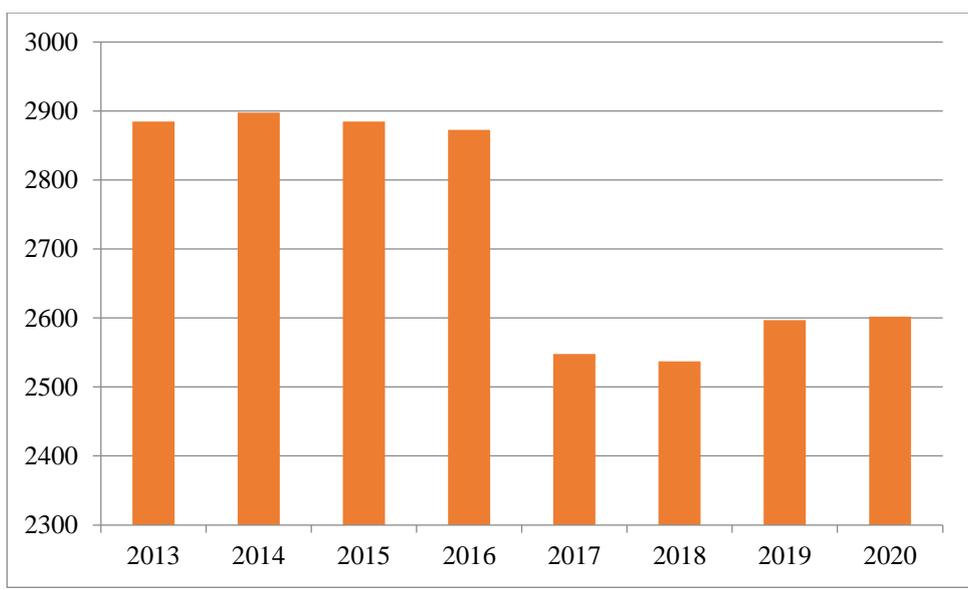


Рисунок 2.1 - Размер воздушного флота гражданской авиации России, 2013-2020 гг., ед. (по данным Росавиации)

В 2019-2020 гг. количество используемых воздушных судов в гражданской авиации сократилось на 11,3%. Во многом это является результатом списания устаревших самолетов. Так, 17,7% российского авиапарка – это устаревшие, исчерпывающие свой ресурс машины. При этом находящаяся в составе флота техника отечественного производства в среднем старше воздушных судов зарубежного производства. Наиболее значимым и капиталоемким является сегмент магистральных самолетов, где доминирует зарубежная техника. Однако и она существенно устарела за последнее десятилетие.

В то же время, ее замена на российскую вряд ли возможна в ближайшей, или даже среднесрочной перспективе. Очевидно, что вследствие физического и морального устаревания находящихся в составе российского гражданского флота воздушных судов потребуется их замена. Но те темпы, которыми будет производиться замена, будут зависеть от состояния экономики страны в целом.

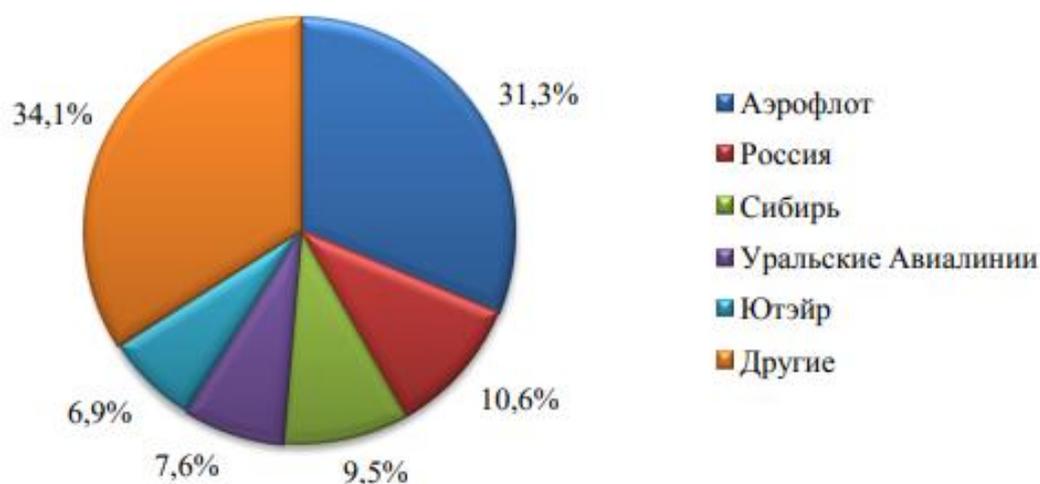


Рисунок 2.2 - Структура российского рынка по количеству перевозок пассажиров, 2019 г., %

На сегодняшний день крупнейшей авиакомпанией является Аэрофлот. При этом в группу компаний Аэрофлот входит множество других брендов в сфере гражданской авиации, таких как Победа, Россия, Аврора и другие. Росавиация, приводя статистику, разделяет все компании группы Аэрофлот. Поэтому суммарная доля на российском рынке по количеству перевезенных пассажиров в 2020 г. куда больше, чем 31,3%, и составляет 47,7%.

Сегодня в Хабаровский аэропорт совершают рейсы авиалайнеры около 60 компаний на регулярной и чартерной основе. В состав аэродромного комплекса входят две параллельные взлетно-посадочные полосы (ВПП) протяженностью 3,5 и 4 км, более 70 стоянок для дальних и средних магистральных самолетов. Аэропорт может обслуживать пассажирские и грузовые воздушные суда всех типов, вплоть до «Боинг-747» и «АН-124». Отметим, что аэропорт способен принимать воздушные суда в любую погоду благодаря оснащению современным светосигнальным оборудованием.

Самые крупные аэропорты Хабаровского края:

1. Аэропорт Хабаровск-Новый
2. Аэропорт малых воздушных линий
3. Аэропорт Хурба

В третьей главе «Экономико-математическая модель достижения цели» представлен расчет применение технологической инновации при проектиро-

вании и строительстве аэродромов. Где исследуется проблемные аэродромы, которые нуждаются в капитальном ремонте 20-30 лет, в настоящее время они являются самыми проблемными в России.



Рисунок 3.1 – Покрытие взлетно-посадочной дорожки

Для реконструкции аэродромов в первую очередь решают задачу уширенные существующих взлетно-посадочных полос и стоит отметить, что, несмотря на интенсивное развитие отрасли дорожного строительства, для многих населенных пунктов России грунтовые покрытия остаются жизненными реалиями.

Состояние взлетно-посадочной полосы зависит от погодных условий. Так, в период таяния снега в весенний период, затяжных дождей летом происходит размывание поверхности взлетно-посадочной полосы, что не позволяет аэропорту принимать и отправлять пассажирские рейсы, обеспечивать безопасность пассажиров и экипажа воздушного судна.

Существует два основных способа преобразования свойств грунта как строительного материала: его армирование или воздействие на естественную структуру грунта, которая может выражаться: в механическом воздействии, уплотнении; химическом воздействии посредством каких-либо реагентов; физическом воздействии, с последующим его химическим закреплением.

Одним из решений, является использование «Геоматериал» (рис. 3.2) Геоматериал армирует основание, улучшает адгезию слоев дорожного покрытия, увеличивает показатели запаса прочности и препятствует появлению отраженных трещин. Для усиления несущей способности основания дорожного полотна взлетной полосы рекомендуется использовать геокомпозит, состоящий из полиамидной геосетки и нетканого полотна. По своим прочностным характеристикам это геоматериал значительно превосходит другие материалы.

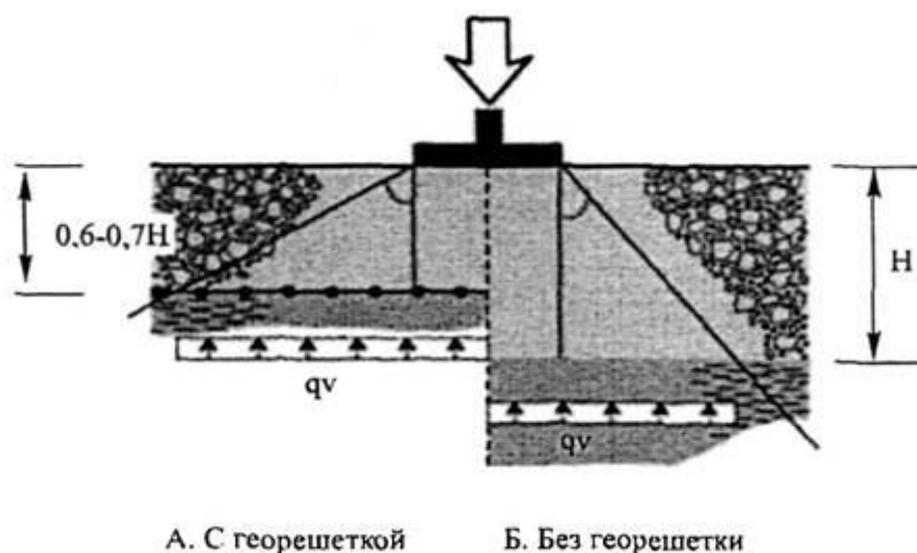


Рисунок 3.2 Усиление основание дорожного полотна.

Из рисунка можно увидеть, как тонкая армирующая прослойка перераспределяет давление и напряжение, которое передается на нижние слои. В результате этого колесо шасси автомобиля, попавшее на стык нижних плит, не смещает их относительно соседних – нагрузка равномерно распределяется на всю поверхность, то есть не возникает критического напряжения в одной точке.

Ещё одним преимуществом использования данного материала является в сопротивлении природным факторам, влияние влажности и перепадов температуры. Вспучивающийся под его действием и проседающий грунт сдвигает подстилающий слой дорожной одежды в горизонтальном направлении, образуя на поверхности отраженные трещины.

Эта проблема тоже легко решается при помощи геоматериалов. Геосетка позволяет укрепить и стабилизировать любое основание, в том числе слабые подтопляемые почвы. Один раз правильно спроектированное и уложенное дорожное полотно будет сохранять свои первоначальные качества на протяжении многих лет. Под бетонным слоем основания можно сделать дренажную подушку, которая будет одновременно выполнять роль одностороннего фильтра и мембраны. Проложенная под бетоном обойма из ячеистой геосетки, заполненная щебнем, увеличит срок эксплуатации дорожного полотна в десятки раз.

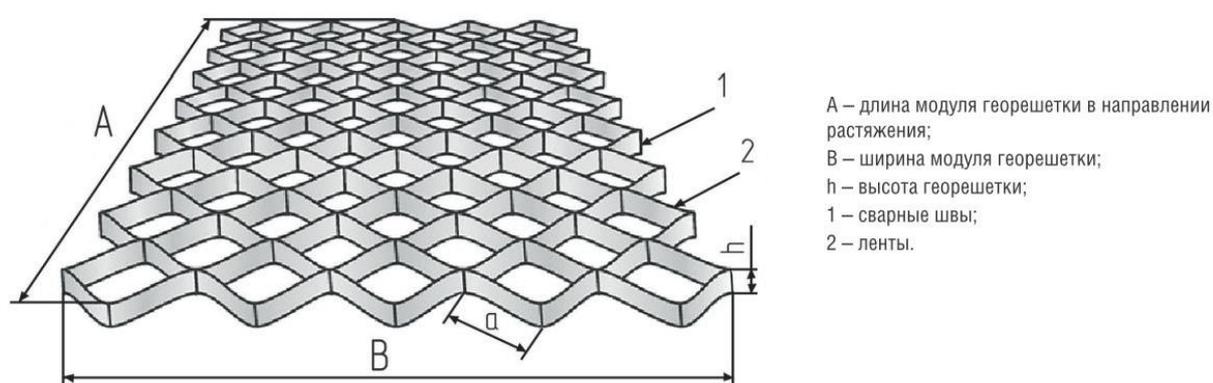
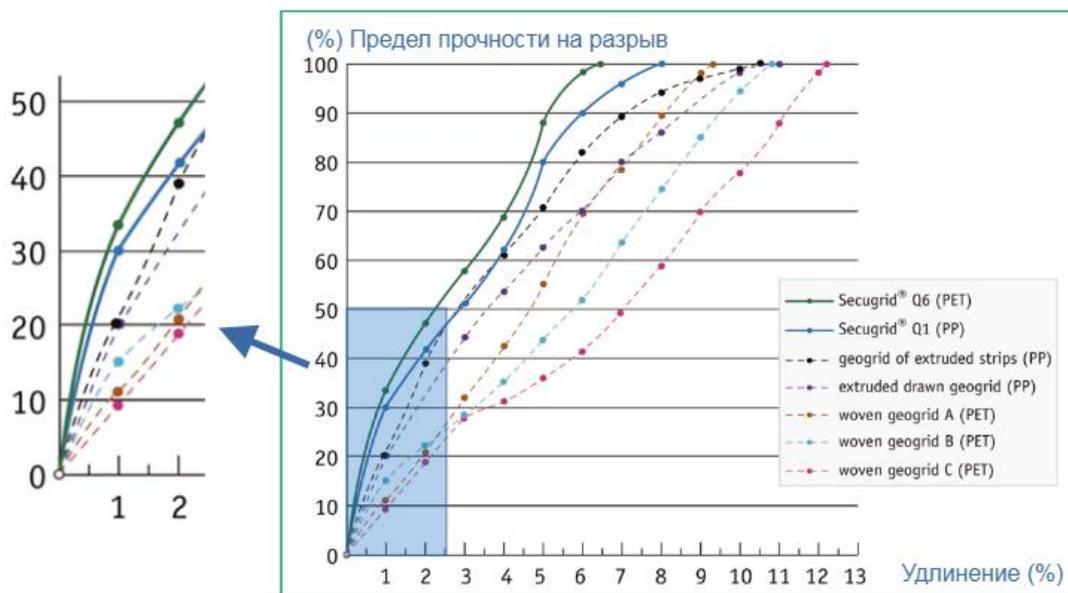


Рисунок 3.2

Высота полотна варьируется от 375 до 1500 мм, а длина диагонали квадрата ячейки от 420 до 2100 мм. Ячейки сшиты между собой полиамидными и полиэфирными нитками. Ширина полотна не более 150 см, а длина полотна в рулоне может достигать до 1,5 м. Продольная и поперечная нагрузки не менее 380 и 390 кгс соответственно. Применяется при строительстве на слабых грунтах (сезонно-подтопляемые, болота, многолетнемерзлые грунты). Также стоит отметить, что заполненные грунтовые модули хорошо справляются с внешними динамическими нагрузками.



а) дорожное полотно без георешётки; б) с георешёткой.

Рисунок 3.4 – Диаграммы предел прочности в зависимости её удлинения.

Все грунты можно условно разделить на стабильные и нестабильные. Стабильные грунты представляют собой плотный сухой слой, способный выдержать любые нагрузки от фундамента или дороги. Нестабильный грунт требует осушения и уплотнения до необходимых критериев.

Второй метод – механическое укрепление грунта. Данный подход подразумевает внедрение в основание высокопрочных изделий, таких как сваи; цементация и инъекции в грунт; струйная цементация; смешивание с разными компонентами (природными гранулами, с минеральным вяжущим компонентом, с органическим вяжущим компонентом); или с помощью подсеяющего слоя (щебень), а также уплотнение с помощью утрамбовки или вибрирования.



Рисунок 3.4 – Процесс усиления грунтового слоя цементацией.

Суть данного метода (рис. 3.4) сводится к приданию грунту определенных свойств за счет добавления цемента в структуру.

Цементация представляет собой перемешивание грунта с раствором цемента. Для этого применяется шнековый бур с пустой штангой (отверстием по всей длине). Во время работы шнека через отверстие подается цемент, который перемешивается с грунтом. Такой метод недорогой и эффективный, поэтому его часто применяют во влажных грунтах.

Поперечный разрез дороги на участке с опытными сваями и литологический состав грунтов основания земполотна приведены на рис. 3. В связи с недостаточной глубиной скважин, устроенных при изысканиях, установить глубины залегания кровли малосжимаемых пород (щебеночной прослойки и аргиллита) было невозможно. Поэтому положение их кровли предварительно определялось по данным изысканий рядом расположенного мостового перехода через р. Ветлан и в последующем уточнялось при изготовлении свай.

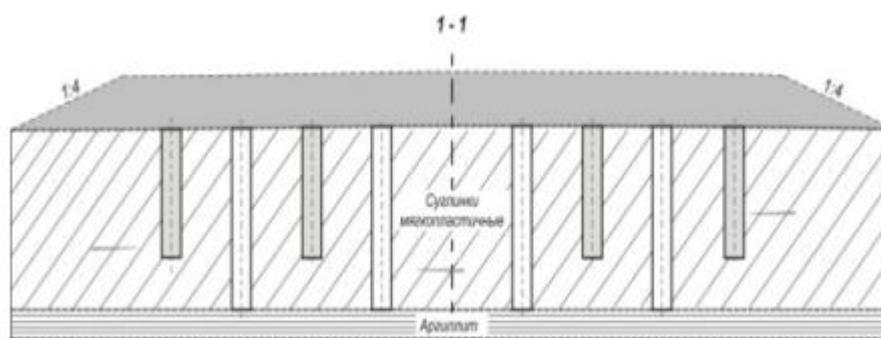


Рисунок 3.5 – Поперечный разрез дороги с опытными сваями.

На опытном участке дорожная одежда расположена непосредственно на кровле грунтового основания, верхний слой которого представляет собой мягкопластичный суглинок с модулем деформации $E = 5,0$ МПа.

При производстве работ по технологии стабилизации и укрепления грунта исключительно важна и ответственна роль инженерно-технической и лабораторной служб подрядчика, а также проектировщиков и, конечно, заказчика. Без профессионального и грамотного контроля состава смеси и других показателей не возможен ожидаемый конечный результат и полагающаяся экономическая эффективность от строительства основания дорог, используя метод стабилизации и укрепления грунта. В процессе исследования был проведен анализ состояния дорожных сетей России и Европы.

Так же проведен анализ физико - механических характеристик предлагаемой инновации по основным критериям. Из анализа этих показателей следует, что такой показатель как предел прочности на сжатие при 20°C увеличился практически вдвое при воздействии на грунт стабилизатором грунта «ANT».

Из этого следует, что при использовании данного стабилизатора можно вдвое увеличить долговечность дорожного покрытия. Об этом так же говорит такой показатель, как предел прочности в водонасыщенном состоянии. Далее в ходе работы был проведен анализ экономических показателей стабилизатора «ANT». Из стоимости квадратного метра обработанного стабилизатором следует, что он вдвое дешевле своих аналогов. При расчете экономической

эффективности было выявлено, что сметная экономия при использовании стабилизатора грунта «ANT» составляет около 2 млн. рублей.

Таким образом, можно сделать вывод о преимуществе предлагаемого стабилизатора по сравнению с аналогами. В результате можно заключить, что задачи работы выполнены, а поставленная цель достигнута.

Заключение

При производстве работ по технологии стабилизации и укрепления грунта исключительно важна и ответственна роль инженерно-технической и лабораторной служб подрядчика, а также проектировщиков и, конечно, заказчика. Без профессионального и грамотного контроля состава смеси и других показателей не возможен ожидаемый конечный результат и полагающаяся экономическая эффективность.

В качестве исследуемого участка была принята взлетной полосы с покрытием в виде укрепленного грунта, толщиной 15 см. и длиной 1 км.

Был проведен анализ физико - механических характеристик предлагаемой инновации по основным критериям. Из анализа этих показателей следует, что такой показатель как предел прочности на сжатие при 20°C увеличился практически вдвое при воздействии на грунт стабилизатором грунта «ANT».

Далее в ходе работы был проведен анализ экономических показателей стабилизатора «ANT». Из стоимости квадратного метра обработанного стабилизатором следует, что он вдвое дешевле своих аналогов.

При расчете экономической эффективности было выявлено, что сметная экономия при использовании стабилизатора грунта «ANT» составляет около 2 млн. рублей, а именно:

- стоимость покрытия с использованием стабилизатора «Perma-Zyme» - 825282 руб.;
- стоимость покрытия с использованием стабилизатора «Underbold» -

2929500 руб.;

- стоимость покрытия с использованием стабилизатора «ANT» - 416 000 руб.

Таким образом, можно сделать вывод о преимуществе предлагаемого стабилизатора по сравнению с аналогами. В результате можно заключить, что задачи работы выполнены, а поставленная цель достигнута.

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ:

Основные публикации и научные результаты диссертации опубликованы в следующих журналах, уровня цитирования web of science и Scopus:

3. Каримов А. А., Дзюба А. В., / Проектирование покрытий грунтовых аэродромов в условиях хабаровского края // Интернаука: электрон. Научн. Журн. 2021. № 22(198). URL:

<https://internauka.org/journal/science/internauka/198>

4. Каримов А. А., Дзюба А. В./ Особенности строительства аэродромов // Интернаука: электрон. Научн. Журн. 2021. № 22(198). URL:

<https://internauka.org/journal/science/internauka/198>