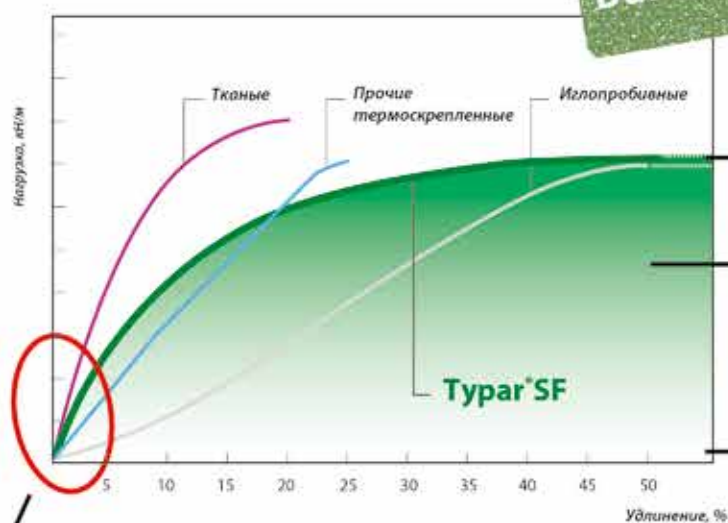


# ТЕХНИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО



## Термически скрепленный геотекстиль Typar® SF

Такую комбинацию свойств  
предоставляет только  
**DuPont Typar® SF**



► Высокая прочность

► Энергия абсорбции

► Оптимальное удлинение  $\leq 55\%$

► Высокий начальный модуль упругости



**Typar.**



# Общая информация о концерне DuPont™ и геотекстиле Tytar® SF

1.1. Вступление	3
1.2. Качество DuPont™	3
1.3. Что такое Tytar® SF?	3
1.4. Производство волокон Tytar® SF	4
1.5. Поведение разных видов геотекстилей при нагрузке	4

## 1. Общая информация о концерне DuPont™ и геотекстиле Typar® SF

### 1.1. Вступление

Целью Технического руководства Typar® SF является предоставление базовой информации о геотекстилях, их функциях и свойствах, требуемых для различных видов применения. Данное техническое руководство содержит инструкции по проектированию, выбору и применению геотекстиля Typar® SF, основанные на многолетнем опыте компаний DuPont™ и EUROIZOL в области промышленного, гражданского, дорожного и гидротехнического строительства. Также в нем Вы найдете описание методов испытаний для определения свойств геотекстильных изделий и их технических характеристик. Подробные сведения можно найти в брошюрах Typar® SF и на сайтах [www.typar.com.ua](http://www.typar.com.ua) и [www.geosvit.com.ua](http://www.geosvit.com.ua). За дополнительными консультациями и технической помощью Вы можете обратиться в Инженерный отдел компании EUROIZOL.

### 1.2. Качество DuPont™

Уже более 200 лет компания DuPont™ ведет научные и технологические разработки мирового уровня, предоставляя рынку инновационные материалы и решения, такие как Teflon®, Kevlar®, Lycra®, Nylon® и т.д. Благодаря инновациям, ориентированным на рынок, ежегодно появляются тысячи новых продуктов и патентов в самых разных отраслях: сельском хозяйстве, производстве продуктов питания, электронной промышленности и услугах связи, производстве средств защиты и сфере безопасности, жилым и коммерческим строительстве, транспортной отрасли и производстве одежды.

Высочайшее инженерное мастерство и стандарты качества, которые не имеют себе равных – это лишь две из множества причин, по которым DuPont™ Typar® Geosynthetics обеспечивает надежную долгосрочную работу своих материалов для гражданских, промышленных и инфраструктурных проектов.

Изобретенный более 40 лет назад и изготовленный на предприятии DuPont™ в Люксембурге, высококачественный геотекстиль Typar® SF прошел испытание временем. На строительных объектах по всему миру уже применили более 1 миллиарда квадратных метров этого материала, что эквивалентно шестиполосной автострате шириной 23 метра, опоясывающей всю нашу планету.

Геотекстиль Typar® SF производится согласно ISO 9001. Система DuPont™ соответствует как требованиям стандартов по окружающей среде из Норм EMAS (эко-менеджмент и аудит), так и ISO 14001. Более того, геотекстиль Typar® SF сертифицирован по французской системе ASQUAL и немецкой системе внешнего аудита (стандарт DIN 18200).

Высокие стандарты качества и сервиса, совместно с накопленным опытом в области инноваций, делают DuPont™ признанным мировым лидером в производстве геосинтетических материалов.



### 1.3. Что такое Typar® SF?

Typar® SF (Тайпар СФ) – это тонкий, термически скрепленный, водопроницаемый нетканый геотекстиль, изготовленный из непрерывных 100% полипропиленовых волокон. Благодаря уникальной технологии, запатентованной компанией DuPont™ (Люксембург), Typar® SF обладает высоким начальным модулем упругости (жесткость), оптимальным удлинением (не более 55%) и высокой однородностью. Такая комбинация свойств позволяет материалу эффективно выполнять свои функции при высоких эксплуатационных нагрузках на объектах промышленного, гражданского, гидротехнического и дорожного строительства. Typar® SF – изотропный материал, то есть его механические и гидравлические характеристики одинаковы в продольном и поперечном направлениях геотекстильного полотна. Typar® SF обладает стойкостью к влаге и химическим соединениям, в частности, к кислотам и щелочам. Материал не подвержен гниению и разложению в грунте в течение 100 и более лет.

1.4. Производство волокон Turar® SF

В процессе экструзии волокон полипропилена производятся тысячи сверхтонких непрерывных нитей, которые проходят через запатентованную DuPont™ стадию “преднапряжения”. Эти тонкие, но прочные нити плотно укладываются (рис. 1), образуя изотропное полотно, которое затем термически и механически скрепляется для придания материалу максимальной прочности.



Рисунок 1. Turar® SF

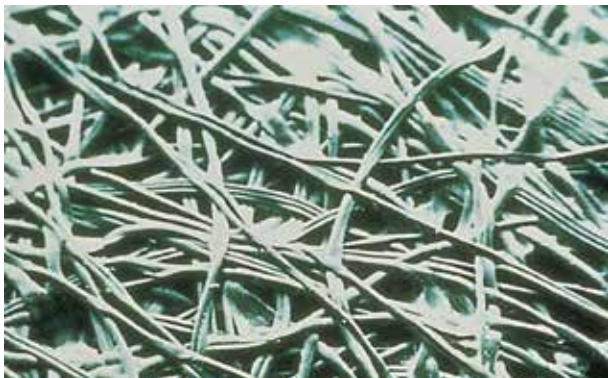


Рисунок 2. Turar® SF под микроскопом

Посредством изменения условий производства можно создать целый ряд высокопрочных нетканых структур Turar® SF с различными прочностными и физическими свойствами. Запатентованный компанией DuPont™ производственный метод является одной из основных причин уникальных свойств геотекстиля Turar® SF по сравнению с другими геотекстильными материалами.

1.5. Поведение разных видов геотекстилей при нагрузке

На рисунке 3 показан график «нагрузки - деформации» нескольких геотекстильных материалов аналогичной прочности. Геотекстиль Turar® SF имеет высокую прочность на растяжение, оптимальную эластичность и высокий начальный модуль упругости, что является идеальной комбинацией свойств для геосинтетических материалов (для сравнения см. таблицу 1).

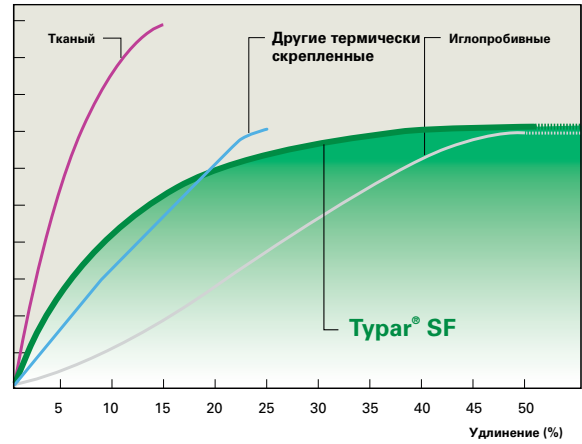


Рисунок 3. Типичные кривые «напряжения-деформации» Turar® SF и других геотекстилей

Геотекстиль Turar® SF изготовлен с высоким уровнем однородности, а контроль качества обеспечивается использованием непрерывного фотолучевого и ультразвукового онлайн-мониторинга процесса. Любой продукт, не отвечающий требуемым стандартам, снимается с линии.

В процессе производства в полипропилен добавляются стабилизаторы, которые повышают надежность геотекстиля Turar® SF. Геотекстиль сохраняет свои физико-механические характеристики при воздействии прямых солнечных лучей в период не более одного месяца. Рекомендуется накрывать геотекстиль сразу после укладки во избежание его повреждения вследствие ультрафиолетового излучения, порыва ветра или механического воздействия.

Таблица 1. Свойства разных типов геотекстилей при деформации

	Turar® SF	Тканый	Иглопробивное сшитое волокно	Иглопробивное однородное волокно	Другие термически скрепленные
Энергия абсорбции	высокая	низкая	средняя	средняя	очень низкая
Прочность на разрыв	высокая	очень высокая	средняя	высокая	высокая
Начальный модуль упругости	высокий	высокий	высокий	очень низкий	низкий
Эластичность	высокая	низкая	высокая	высокая	низкая

Функции геотекстиля Turar® SF

2.1. Вступление	6
2.2. Разделение	6
2.3. Усиление (армирование)	7
2.3.1. Сдерживание и ограничение	7
2.3.2. Мембранный механизм	7
2.3.3. Локальное усиление	8
2.4. Фильтрация	8
2.5. Дренаж	9
2.6. Устойчивость к повреждениям во время укладки. Энергия абсорбции	9



## 2. Функции геотекстиля Tyrag® SF

### 2.1. Вступление

В зависимости от различных видов применения основными функциями геотекстиля Tyrag® SF являются разделение, фильтрация, дренаж и усиление (армирование). Для большинства решений требуется одновременное сочетание нескольких функций.

Цель данного раздела состоит в том, чтобы обеспечить базовое техническое понимание этих функций и требований в отношении геотекстилей и различных механизмов в рамках каждой функции. Это понимание должно помочь при выборе соответствующего вида геотекстиля для конкретной цели и решения поставленной на проекте задачи, поскольку взаимосвязь между факторами, такими как, механические и гидравлические свойства, структура, и т. д., является весьма сложной.

### 2.2. Разделение

Разделение – это предотвращение перемешивания смежных разнофракционных грунтов и/или зернистых материалов при помощи геотекстиля.

Геотекстиль разделяет слои материалов (например, песок и щебень), препятствует их смешиванию, что сохраняет их физико-механические свойства и делает конструкцию более прочной и долговечной. При этом геотекстиль позволяет потоку воды свободно проходить сквозь него.

Геотекстиль Tyrag® SF является идеальным материалом для разделяющего и укрепляющего слоя в различных конструкциях благодаря своей прочности, долговечности, механическим и гидравлическим характеристикам.

Прежде всего, геотекстиль предотвращает потерю щебеночного материала за счет вдавливания его в слой грунта основания (рис. 4). У инженеров есть хорошая поговорка: «10 килограммов камня, засыпанного в 10 килограммов болота, равняется 20 килограммам болота». Геотекстиль создает границу между зернистым материалом и грунтом основания, таким образом достигается более высокая степень уплотнения слоя, что обеспечивает повышение несущей способности основания.

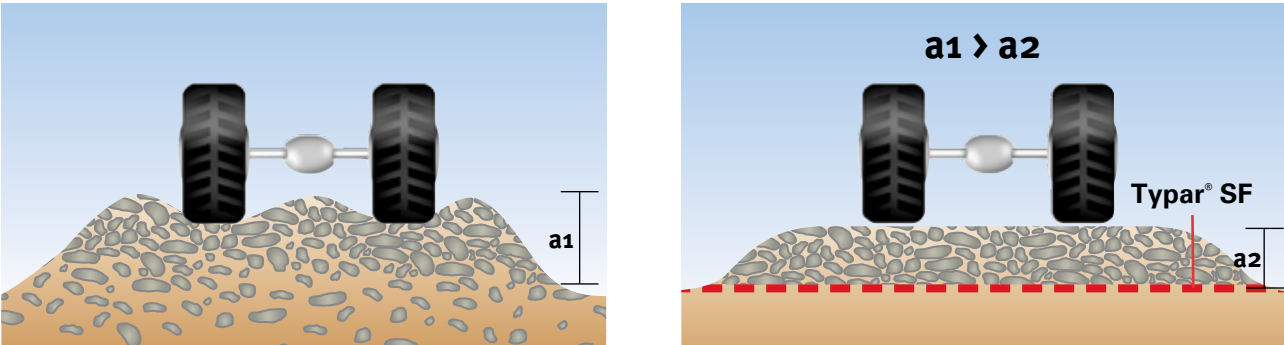


Рисунок 4. Слева: без геотекстиля (происходит потеря щебеночного материала за счет поглощения его мягким слоем грунта). Справа: с геотекстилем (без потери щебеночного материала, лучшее уплотнение)

Помимо этого, можно предотвратить загрязнение зернистого основания подстилающими грунтами, тем самым избежав снижения несущей способности. Перенос мелкодисперсных частиц грунта в чистое щебеночное основание происходит особенно интенсивно в условиях динамических нагрузок и называется «эффектом насоса». Такие мелкодисперсные частицы действуют в качестве смазки между крупными зернами щебеночного основания и могут существенно уменьшить его прочность.

Кроме того, незагрязненное щебеночное основание продолжит эффективно функционировать как дренаж, а также обеспечит более высокое сопротивление слоя эффекту морозного пучения.

### За счёт функции разделения геотекстиль Tyrag® SF:

- предотвращает уменьшение несущей способности на поверхности покрытия, вызванного разуплотнением зернистого (щебеночного) слоя из-за его перемешивания с мелкозернистым слоем основания (песок, грунт);
- увеличивает несущую способность в результате достижения максимального коэффициента уплотнения и сохранения его в процессе эксплуатации конструкции или сооружения;
- уменьшает пучинообразование зернистых слоев;
- предотвращает потребность в замене слабых грунтов основания;
- сохраняет дренажные свойства зернистых слоев посредством предотвращения попадания мелких частиц грунта основания в вышележащий несущий слой под действием динамических нагрузок и вследствие капиллярного поднятия грунтовых вод.

### 2.3. Усиление (армирование)

Во многих случаях геотекстиль выполняет функцию усиления или армирования. При усилении на геотекстиль передаются напряжения растяжения от вышележащего слоя и таким образом это улучшает работу грунта основания, уменьшая на него нагрузку.

Существует три различных механизма, с помощью которых геотекстиль может стабилизировать щебеночное основание и повысить его устойчивость к постоянным деформациям при многократных нагрузках (см. рис. 5):

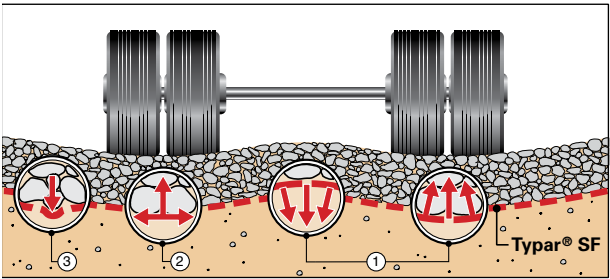


Рисунок 5. Три механизма стабилизации

Чем выше первоначальный модуль упругости геотекстиля, тем более эффективны эти механизмы. Геотекстиль с низким начальным модулем упругости будет иметь большой показатель деформации и сможет обеспечивать лишь малую степень локального усиления. Высокий начальный модуль упругости и оптимальное удлинение имеют важное значение для обеспечения сопротивления большим нагрузкам и устойчивости к повреждениям.

#### 2.3.1. Сдерживание и ограничение

Как показано на рисунке 5, существуют два типа сдерживания. Один из них связан с обратной кривизной геотекстиля за пределами отпечатка колеса, где создается давление вниз. Это является следствием возникновения дополнительного напряжения в геотекстиле, которое уменьшает сжатие подстилающего грунта основания. Другая функция, которую выполняет геотекстиль – это сдерживание, когда частицы щебеночного основания пытаются сдвинуться под действием нагрузки от колеса. Геотекстиль обеспечивает сопротивление растяжению/сдвигу щебеночного слоя. Эти функции геосинтетического материала защищают щебеночное основание, повышая его прочность, что, в свою очередь, уменьшает нагрузку на основание путем лучшего распределения нагрузки под колесом на большую площадь. Другими словами – чем больше площадь приложения нагрузки, тем меньше давление на слабые грунты основания.

#### 2.3.2. Мембранный механизм

Мембранный механизм эффективен, когда геотекстиль укладывается на очень слабое основание, на которое действуют вертикальные нагрузки. В плоскости геотекстиля создается напряжение растяжения, тем самым избавляя грунт от избыточного напряжения, которое он неспособен поглотить. Эта сила, действующая в плоскости, создает компонент напряжения перпендикулярно плоскости геотекстиля в направлении приложенной силы. Большое значение это имеет при строительстве временных дорог, где данный эффект может существенно снизить величину образования колеи. Чем выше начальный модуль геотекстиля, тем ниже будет колеобразование на поверхности зернистого слоя.

2.3.3. Локальное усиление

Действие нагрузки на отдельные камни может привести к их точечному вдавливанию в подстилающий грунт основания. Геотекстиль с высоким начальным модулем упругости позволяет распределять и уменьшать эту нагрузку, а также обеспечивать устойчивость к смещению зернистого материала.

Оптимальная величина удлинения геотекстиля позволяет избежать его локального повреждения, поскольку это дает возможность геотекстилю растягиваться вокруг продавливающего его камня без повреждения поверхности геосинтетического материала.

2.4. Фильтрация

Фильтрация определяется как «сдерживание грунта или других частиц, подверженных воздействию гидродинамических сил, при одновременном беспрепятственном пропуске воды сквозь геотекстиль».

Как правило, для описания свойств фильтрации геотекстилей используются характеристика размера пор и его водопрopusкная способность. Размер пор геотекстиля должен быть достаточно малым, чтобы удерживать более крупные частицы грунта для предотвращения его эрозии. Небольшие частицы грунта изначально должны пройти через геотекстиль для того, чтобы способствовать заклиниванию более крупных частиц, которые будут работать в качестве природного фильтра, прилегающего к геотекстилю (рис. 6). Если размер пор геотекстиля чрезмерно мал, то небольшие частицы не будут вымываться, что способствует заиливанию (кольяматаии) геотекстиля, уменьшая его водопроницаемость.

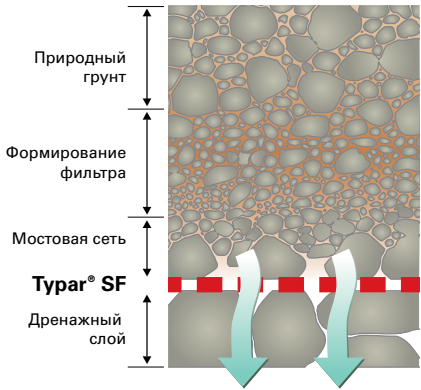


Рисунок 6. Естественный грунтовой фильтр, примыкающий к геотекстилю

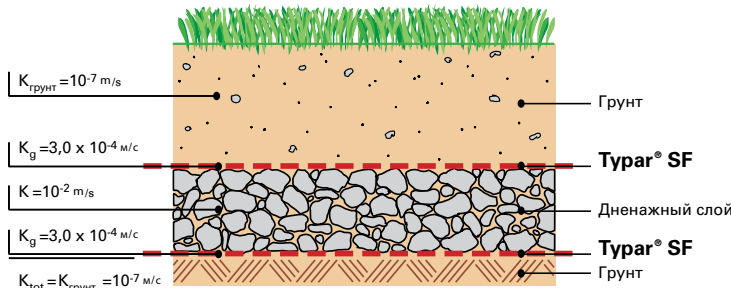


Рисунок 7. Дренажная система, грунт и геотекстиль с различными проникающими способностями. Коэффициент определяется по наименее проницаемому слою грунта.

Эффективные геотекстильные фильтры должны иметь поры разной формы и размера, а также распределение пор по поверхности геосинтетического материала должно быть максимально приближено к распределению пор в грунте.

Очень часто упускается из виду, что в системе «зернистый материал + подстилающий слой» (рис. 7) водопроницаемость всей системы определяется водопроницаемостью наименее фильтрующего слоя. Обычно грунт обладает проницаемостью значительно меньшей, чем у геотекстиля (табл. 2).

Таблица 2. Типовые коэффициенты фильтрации грунтов

Тип грунта	Коэффициент фильтрации
Гравий	$3 \times 10^{-2}$ м/с
Ил	$10^{-8}$ - $10^{-7}$ м/с
Песок	$10^{-8}$ м/с
Глина	$10^{-8}$ - $10^{-10}$ м/с

На проницаемость геотекстиля также влияет степень его сжатия. Как правило, толстый иглопробивной геотекстиль подвержен сжатию. При эксплуатации под действием вертикального давления проницаемость геосинтетического материала снижается. Это необходимо учитывать при определении требуемой проницаемости геотекстиля.

Функция фильтрации связана с сооружением фундаментов, эксплуатируемых кровель, контролем эрозии, дорожными дренажами и т.д. В этих конструкциях геотекстиль способен заменить обычный зернистый фильтр и существенно увеличить период его работы, защищая зернистый материал от загрязнения.

2.5. Дренаж

Дренаж – это сбор и перемещение осадков, поверхностных или грунтовых вод. Традиционно вода собиралась и отводилась с использованием зернистых природных материалов оптимального состава. За последние 40 лет геотекстильные фильтры все чаще заменяют или дополняют фильтры из щебеночного заполнителя для увеличения их дренажных способностей.

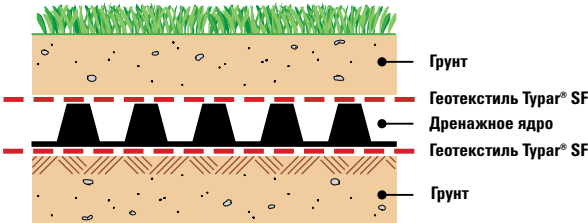


Рисунок 8. Композитный дренажный элемент

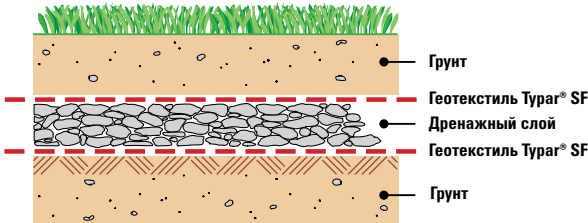


Рисунок 9. Дренажный слой из щебеночного материала

Самостоятельно геотекстиль не должен использоваться в качестве основного дренажного слоя, поскольку в реальных условиях его дренирующие возможности могут быть непредсказуемыми (хотя дренирующая способность может быть проверена в лаборатории). Также важно, чтобы дренажные системы могли поддерживать надлежащий дренажный потенциал в течение длительного времени эксплуатации, даже в тех случаях, когда они подвержены высокому давлению. Во избежание заиливания и загрязнения дренажного слоя в дренажную систему всегда должен быть включен геотекстильный фильтр.

Геокомпозиаты, имеющие в составе геотекстильный фильтр и жесткое ядро, показали себя как более экономичная альтернатива традиционным песчаным дренирующим слоям, дренажным (фильтрационным) колодцам и другим дренажным системам. Как правило, геосинтетические дренажные маты или геокомпозиаты состоят из дренажной сердцевины, расположенной между геотекстильными фильтрами наподобие сэндвича, либо из несжимаемой основы из шиповидной мембраны и геотекстиля (рисунок 8).

Фильтрующий геотекстильный материал должен обладать постоянными гидравлическими и физическими свойствами, быть долговечным и устойчивым к механическим повреждениям при укладке.

Неисправность дренажной системы может привести к серьезным проблемам всей конструкции. По крайней мере, неспособность обеспечения постоянной работы дренажа потребует дорогостоящих восстановительных работ и сопутствующих им затрат. Крайне важно, чтобы в дренажных системах использовался фильтрующий геотекстильный материал, который может эффективно и длительно функционировать весь период эксплуатации конструкции или сооружения.

2.6. Устойчивость к повреждениям во время укладки. Энергия абсорбции

Геотекстиль не сможет выполнять никаких функций, если будет поврежден во время или сразу после укладки. Результаты анализа свидетельствуют о том, что критическим периодом срока службы геотекстиля является скорее процесс строительства, нежели период эксплуатации. Таким образом, 95% повреждений, как правило, случается во время укладки, а зачастую – во время выгрузки и уплотнения зернистого материала. Обычно, если геотекстиль выдерживает нагрузки, связанные с укладкой, то он также выдержит нагрузки в процессе эксплуатации.

Была проведена значительная исследовательская работа по установлению взаимосвязи между физическими свойствами геотекстиля и его фактическим функционированием в конструкции. Проведенные испытания подтвердили тесную взаимосвязь между способностью геотекстиля поглощать ударную нагрузку (показатель «энергия абсорбции») и его повреждаемостью во время укладки.

Рисунки 10-12 демонстрируют различные формы повреждений геотекстиля и важность высокого потенциала поглощения энергии:



Рисунок 10. Оптимальный уровень удлинения позволяет геотекстилю Tyrag® SF растягиваться вокруг продавливающего его камня

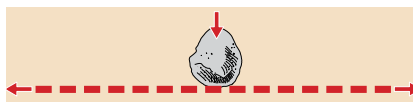


Рисунок 11. Высокая прочность позволяет геотекстилю Tyrag® SF выдерживать ударные нагрузки от падающих камней



Рисунок 12. Разрыв некачественного геотекстиля вследствие недостаточной его прочности или недостаточного удлинения.

Энергия абсорбции

Определение: Энергия — это способность физической системы выполнять работу. Стандартной единицей является Джоуль, обозначается как Дж. Один Джоуль (1 Дж) равен работе, совершаемой при перемещении точки приложения силы, равной одному ньютону (1 Н), на расстояние одного метра в направлении действия силы. Есть две основные формы энергии, называемые потенциальной и кинетической энергией. Потенциальная энергия- это та энергия, которой обладает материал.

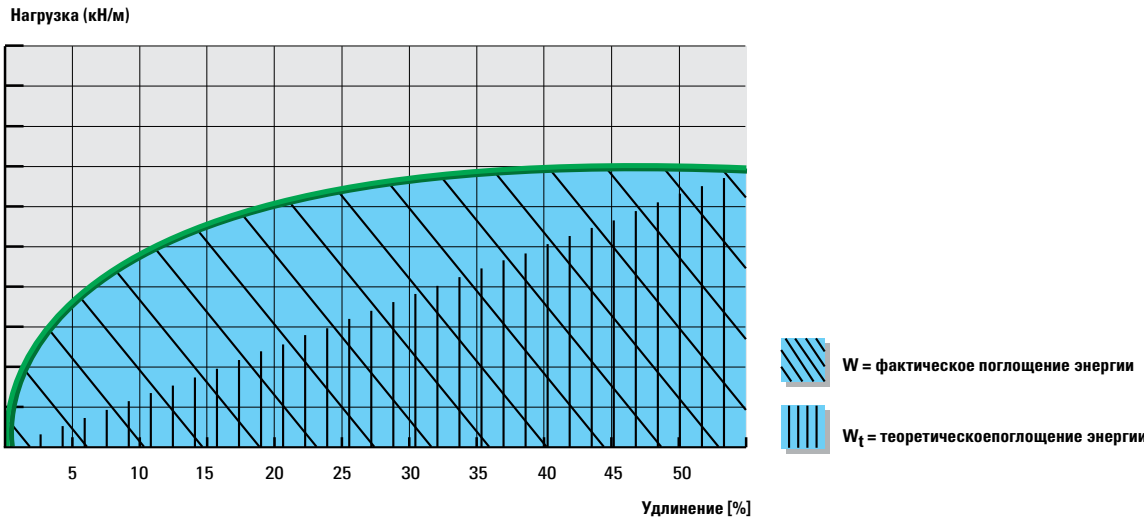


Рисунок 13. Сравнение фактического и теоретического потенциала поглощения энергии

Потенциал поглощения энергии абсорбции (W) геотекстиля может быть охарактеризован как сочетание его удлинения и приложенной силы. Он определяется с помощью кривой «нагрузка- деформация», полученной при испытании на прочность. Область под кривой (J )- это потенциал геотекстиля в поглощении энергии.

В настоящее время в ряде национальных стандартов проходит процесс принятия концепции поглощения энергии. Однако некоторые стандарты основываются на теоретических значениях или индексе поглощения энергии, а не на расчете поверхности в соответствии с кривой  $W = \int (T * \epsilon) d\epsilon$ . Упрощенный расчет:  $W_{index} = 1/2 T * \epsilon$ .

Как результат, индекс поглощения энергии абсорбции ( $W_{index}$ ) некоторых продуктов значительно выше, в то время как в других случаях теоретическое поглощение энергии ниже, чем фактический потенциал поглощения энергии, который измеряется в ходе испытания на растяжение (EN ISO 10319).

Приведенный график (рис. 13) иллюстрирует это: в нем показаны различные формы фактического поглощения энергии и теоретического потенциала поглощения энергии геотекстиля Turar® SF, что доказывает необходимость использования именно лабораторных испытаний.

Методика подбора конструкций дорожных одежд с применением геотекстиля Turar® SF

3.1. Вступление	12
3.1.1. Основные функции геотекстиля	12
3.1.2. Снижение колееобразования	12
3.2. Методика расчета	13
3.2.1. Вступление	13
3.2.2. Определение несущей способности грунта (CBR)	13
3.2.3. Определение толщины всей дорожной конструкции (T <sub>0</sub> ) в первом приближении для 1 000 проездов осей автомобиля	14
3.2.4. Корректировка толщины всей дорожной конструкции в первом приближении исходя из ее срока службы	15
3.2.5. Итоговое определение толщины всей дорожной конструкции исходя из эффективности работы ее слоев	15
3.3. Выбор корректной марки геотекстиля Turar® SF	16
3.4. Примеры расчетов	18
3.4.1. Подъездная дорога к участку строительства	18
3.4.2. Временная подъездная дорога без твердого покрытия с дальнейшим устройством на ее базе постоянной дороги к складу с покрытием из асфальтобетона	19
3.4.3. Расчет постоянной дороги к частному дому с твердым покрытием из брусчатки	21



### 3. Методика подбора конструкций дорожных одежд с применением геотекстиля Tyrag® SF

#### 3.1. Вступление

Этот раздел Технического руководства представляет собой руководство по проектированию дорожных одежд для постоянных и временных дорог с использованием геотекстиля Tyrag® SF. Данная технология применяется для конструкций, воспринимающих динамические нагрузки на взлетно-посадочных полосах, дорогах и автомагистралях, временных и подъездных дорогах, в складских зонах, на стоянках автомобилей и в спортивных сооружениях.

Процесс проектирования с применением Tyrag® SF – это результат знаний, полученных в результате ряда полномасштабных дорожных испытаний, проведенных на различных проектах за более чем 40-летний период.

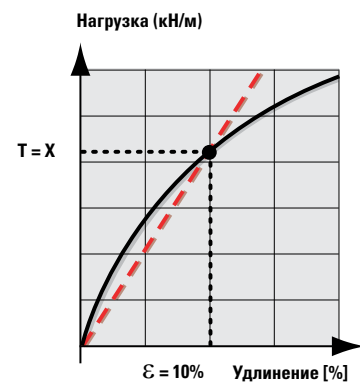


Рисунок 14. Определение начального модуля упругости геотекстиля

#### Что такое начальный модуль упругости?

Начальный модуль упругости описывает поведение геотекстиля при его минимальной деформации.

Использование начального модуля упругости, например, при напряжении 5%, дает четкое представление о свойствах геотекстиля. Начальный модуль упругости является коэффициентом наклона красной пунктирной линии (рис. 14) и определяется по формуле  $K = T/\epsilon$ . Чем круче градиент, тем выше модуль. Чем выше у геотекстиля прочность на растяжение при начальной деформации, например, 5%, тем выше его начальный модуль и тем выше его эффективность в предотвращении колееобразования на поверхности слоя!

##### 3.1.1. Основные функции геотекстиля

Комбинации необходимых функций геотекстиля отличаются в зависимости от области применения материала. Для повышения несущей способности основания главными функциями являются разделение и усиление (армирование). Исследования показали, что эффективность усиления пропорциональна и в значительной степени зависит от начального модуля упругости геотекстиля. Кроме того, с помощью геотекстиля можно существенно снизить общую проектную толщину зернистых слоев. Более подробно функции геотекстиля Tyrag® SF описаны в главе 2.

##### 3.1.2. Снижение колееобразования

Образование колеи – серьезная проблема, преимущественно характерная для временных дорог. Из-за постоянного движения колесных транспортных средств возникают напряжения, которые деформируют основание. В отличие от других материалов, геотекстиль Tyrag® SF вступает в работу сразу и распределяет напряжение за счет высокого начального модуля упругости (при малой деформации имеет более высокую прочность), что способствует значительному снижению уровня образования колеи на поверхности слоя.

На графике ниже (рис. 15) показаны результаты испытаний различных типов геотекстиля. Имитация дорожного движения (1 000 проездов) демонстрирует разницу между Tyrag® SF и двумя неткаными иглопробивными геотекстилями (NP) с низким начальным модулем упругости. Результаты испытаний указывают на корреляцию между начальным модулем упругости и образованием колеи.

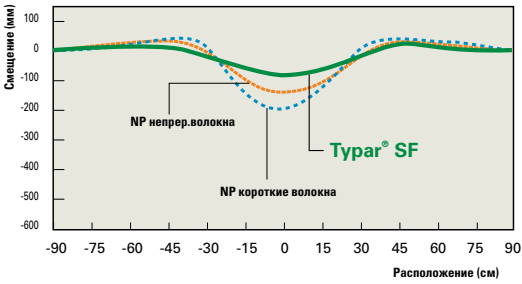


Рисунок 15. Оценочные кривые прогиба после 1 000 циклов

#### 3.2. Методика расчета

##### 3.2.1. Вступление

Предлагаемый ниже метод проектирования демонстрирует, что применение геотекстиля Tyrag® SF между зернистыми слоями и грунтовым основанием способствует:

- лучшему уплотнению зернистых слоев;
- консолидации грунтового основания при динамических нагрузках;
- усилению основания за счет образования в плоскости геотекстиля напряжений, сдерживающих подвижки зернистого материала;
- предотвращению загрязнения зернистых слоев грунтовыми частицами, тем самым продлевая срок службы конструкции;
- в конструкциях временных дорог – увеличению допустимого давления на основание до граничной несущей способности  $p = (p + 2) \cdot C_u$ , где  $C_u$  – сопротивление недренированному сдвигу.

##### 3.2.2. Определение несущей способности грунта (CBR)

CBR – калифорнийский показатель несущей способности грунта, представляющий собой отношение давлений, которые необходимо приложить к исследуемому грунту и щебню, чтобы деформировать их на одинаковую величину.

- **Если известен модуль упругости грунта  $E_{упр}$ , МПа:**  
 $CBR = E_{упр} / 9,79 \cdot 10^3$  – данная формула применима для  $CBR \leq 10 \%$  (при больших значениях погрешность при переводе величин существенно возрастает) материала;
- **Если известен модуль деформации грунта  $E_{деф}$ , МПа:**  
 $CBR = E_{деф} / 3 \cdot 10^3$  – данная формула имеет очень большую погрешность. Не рекомендуется ее использовать в случае, когда известен модуль упругости грунта;
- **Если тип грунта известен**, то CBR определяется согласно таблицы 3.

Таблица 3. Определение несущей способности грунта (CBR)

Наименования грунта	CBR, %
Торф	0
Грунты с включениями органических веществ	0-2
Мягкопластичные глины	0-2
Тугопластичные глины	1-3
Полутвердые глины	2-5
Грунты с высоким содержанием пылеватых частиц (меньше 12% глинистых и 80% частиц пылеватых 0,002-0,05мм)	1-5
Мягкопластичный суглинок или пластичная супесь	2-5
Тугопластичный суглинок или супесь	3-10
Твердые суглинок или супесь	10-20
Песок	10-20



3.2.3. Определение толщины всей дорожной конструкции (T<sub>о</sub>) в первом приближении для 1 000 проездов осей автомобиля

Для первого приближения принимается конструкция дорожной одежды, которая состоит только из одного базового слоя – щебня оптимального состава. Расчеты выполняются только по количеству осей автомобиля. Например: 1000 проездов осей эквивалентны проезду 250 четырехосных автомобилей.

Для дорог без твердого покрытия

Минимальную толщину конструкции определяем согласно графика (рис. 16). Значение X – нагрузка на ось основного транспортного средства.

Также T<sub>о</sub>, мм можно определить из зависимости:

$$T_o \text{ (мм)} = P_1 * \sqrt{P(\text{кН})}, \text{ где:}$$

P (кН) – нагрузка на ось основного транспортного средства

P<sub>1</sub> – коэффициент, который определяется согласно таблицы 4.

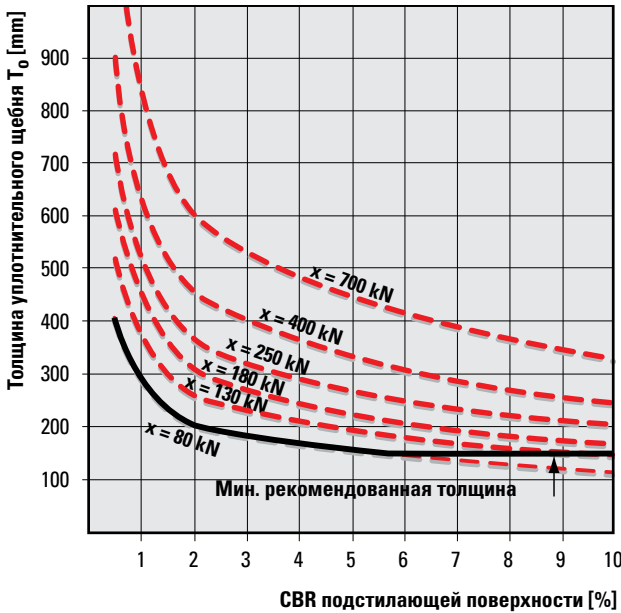


Рисунок 16. Определение толщины уплотненного щебня для 1 000 осевых нагрузок (дороги без твердого покрытия)

Таблица 4. Определение коэффициента P1

CBR [%]	P <sub>1</sub> [кН]
0,5	45.31
1	32.37
1.5	25.89
2	22.47
3	20.56
4	18.66
5	17.14
6	16.00
7	14.85
8	13.71
9	12.95
10	12.19

Для дорог с твердым покрытием (а/б; ц/б)

Минимальную толщину конструкции щебеночного слоя определяем только исходя из графика ниже.

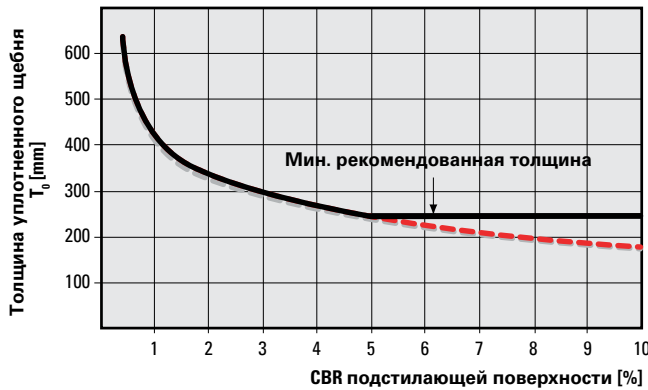


Рисунок 17. Определение толщины конструкции щебеночного слоя T<sub>о</sub>

3.2.4. Корректировка толщины всей дорожной конструкции в первом приближении исходя из ее срока службы

$$T = (0,27 * \log (\sum (N_i * ESAL) + 0,19) * T_o, \text{ где:}$$

T – искомая толщина с поправкой на срок службы;

T<sub>о</sub> – толщина, определенная ранее для 1000 проездов осей автомобиля, мм;

N<sub>i</sub> – количество проездов всех осей автомобилей с определенной нагрузкой на ось за весь срок службы конструкции;

ESAL – коэффициент приведения фактической нагрузки на ось к стандартной 80 кН (выбирается из таблицы 5).

Таблица 5. Определение коэффициента ESAL

Нагрузка на ось (кН)	ESAL	Нагрузка на ось (кН)	ESAL
10	0.0003	140	9,12
20	0,004	150	11,98
30	0,021	160	15,45
40	0,065	170	19,64
50	0,16	180	24,61
60	0,32	190	30,47
70	0,55	200	37,31
80	1,0	250	90,08
90	1,59	300	185,10
100	2,41	400	576,70
110	3,52	500	1392,30
120	4,96	600	2860,80
130	6,80	700	5259,30

Также коэффициент ESAL может быть рассчитан из зависимости ниже:

$$ESAL = (P_i / P_o)^{3,95}$$

где P<sub>i</sub>– фактическая нагрузка на ось;

P<sub>о</sub> – стандартная нагрузка на ось 80 кН.

3.2.5. Итоговое определение толщины всей дорожной конструкции исходя из эффективности работы ее слоев

За базовый слой был принят щебень оптимального состава. Исходя из коэффициентов эквивалентности слоев, подбираются толщины слоев дорожной конструкции и определяется итоговая эквивалентная толщина всей дорожной конструкции.

Коэффициент эквивалентности выражает отношение толщины заменяемого базового слоя к различным типам принятых слоев.

Рекомендуется принимать толщину слоя зернистого материала не менее, чем три размера его самых крупных зерен.

$$T_{\text{экр}} = \sum T_i / \alpha_i \text{ где:}$$

$T_{\text{экр}}$  – окончательная эквивалентная толщина пирога;

$T_i$  – толщина материала i-того слоя;

$\alpha_i$  – коэффициент эквивалентности материала i-того слоя (табл. 6).

Таблица 6. Определение коэффициента ESAL

Материал	Коэффициент эквивалентности $\alpha$
Бетон	3
Асфальтобетон	2
Брусчатка	1,5
Основание, укрепленное цементом	1,5
Основание, укрепленное битумом	1,5
Щебень марки не ниже 1000 (гранит, кварцит, галечник, габбро, диабаз)	1
Щебень оптимального состава (заклинка)	1
Щебеночно-песчаная смесь типа С5	0,9
Щебень марки не ниже 800 (известняк, доломит, песчаник)	0,8
Окатанный гравий марки не ниже 800 (гранит, кварцит, галечник, габбро, диабаз)	0,8
Щебеночно-песчаная смесь типа С7	0,8
Окатанный гравий (известняк, доломит, песчаник)	0,5
Гравийно-песчаная смесь	0,5
Известняковый щебень	0,5
Песок	0,4
Гравий насыпной или плохой гранулометрии	0,4

3.3. Выбор корректной марки геотекстиля Turar® SF

Рекомендации по проектированию, представленные в предыдущем разделе, основываются на применении геотекстиля Turar® SF класса 1. Как правило, в реальных конструкциях необходимо применять Turar® SF более высокого класса. Это связано с тем, что в расчетах необходимо учитывать влияние:

- нагрузок от движения транспорта (рис. 18);
- условий монтажа (рис. 19);
- уплотнение материала (рис. 20).

Требуемый класс геотекстиля подбирается в соответствии с рис. 18-20. Минимальные значения технических характеристик для каждого класса и рекомендуемая марка геотекстиля Turar® SF приведены в таблице 7.

Кроме этого, обязательно необходимо проверять геотекстиль на соответствие требованиям к размеру его пор (таблица 8).

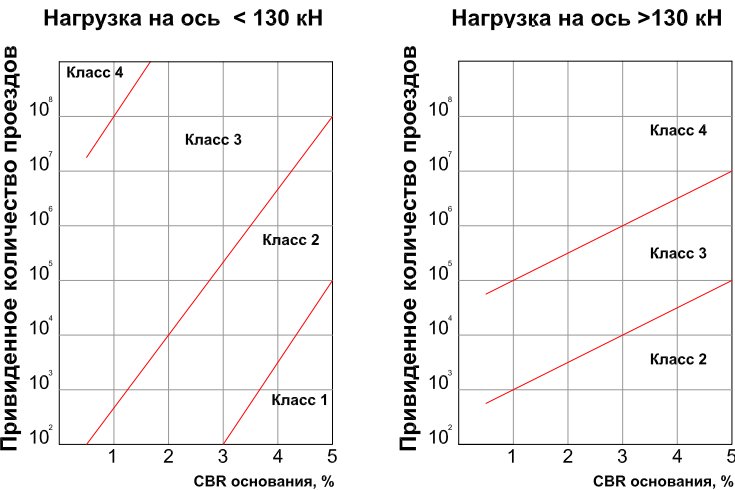


Рисунок 18. Выбор класса геотекстиля исходя из условия эффективного распределения нагрузок от движения транспорта при разной осевой нагрузке и приведенной интенсивности движения

Для выполнения своих функций на протяжении периода эксплуатации геотекстиль должен выдерживать нагрузки при укладке, особенно сброс на него зернистого материала и последующее уплотнение. На рисунке 19 отображается рекомендуемый класс геотекстиля Turar® SF в зависимости от размера зернистого материала и высоты падения.

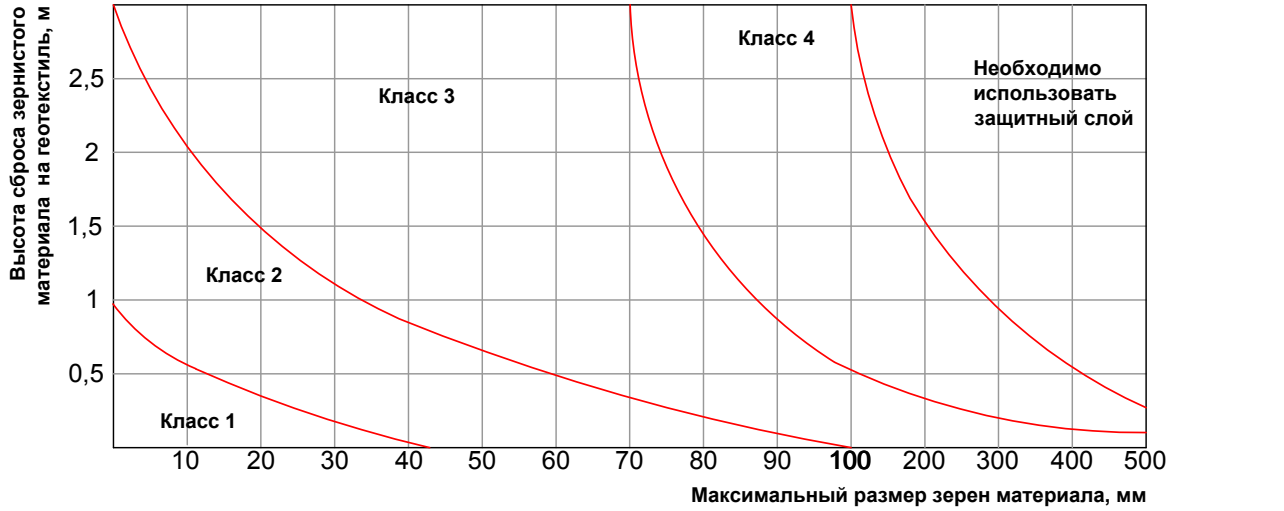


Рисунок 19. Выбор класса геотекстиля исходя из условия сохранения целостности материала в процессе его укладки

В случае, когда первый слой зернистого материала над геотекстилем имеет толщину 250 мм и выше, тогда он уже выполняет функцию защиты геоматериала от повреждений и последующие слои наброски можно выполнять исходя уже из этих условий.

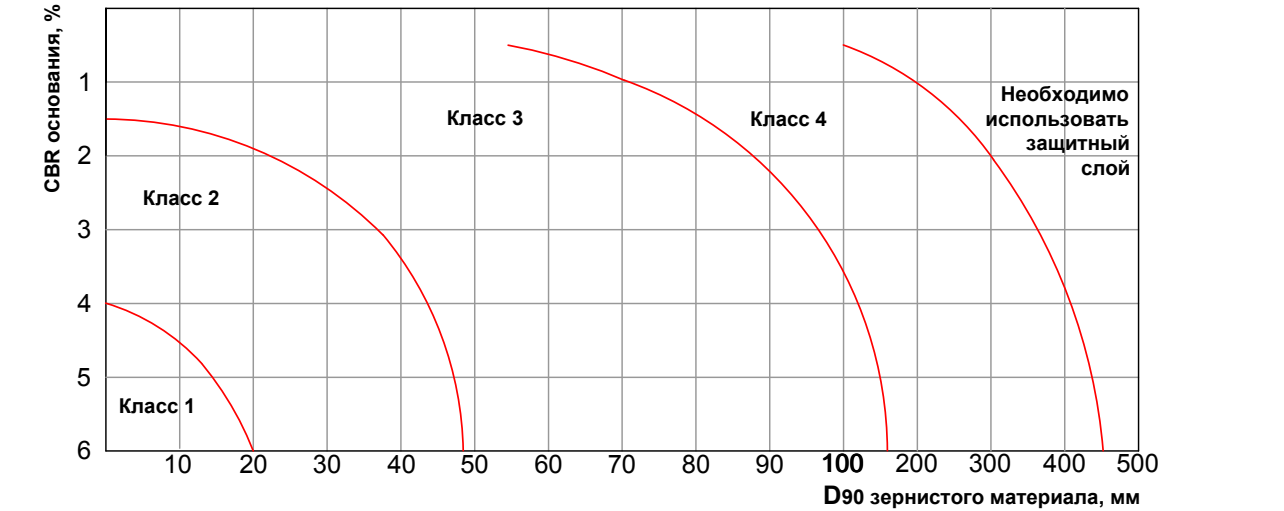


Рисунок 20. Выбор класса геотекстиля исходя из условия сохранения целостности материала в процессе уплотнения

Данный график актуален только для зернистого материала с угловатой либо полу-угловатой формой зерен. Для округлой формы зерен он не применим.

Таблица 7. Минимальные значения технических характеристик для каждого класса геотекстилей

Технические характеристики	Класс геотекстиля			
	Класс 1	Класс 2	Класс 3	Класс 4
Энергия абсорбции	1,5-3 кДж/м²	3-5 кДж/м²	5-8 кДж/м²	> 8 кДж/м²
Статическое продавливание	> 500 Н	> 1000 Н	> 1500 Н	> 2500 Н
Грейферная прочность	> 400 Н	> 700 Н	> 1000 Н	> 1500 Н
Рекомендуемая марка геотекстиля	Turar® SF 32	Turar® SF 40	Turar® SF 56	Turar® SF 77

Выбор размера пор геотекстиля  $O_{90}$  происходит исходя из необходимости удерживания геотекстилем основной массы частиц грунта основания за пределами зернистого слоя, так как смешивание этих частиц с зернистым материалом приводит к уменьшению его несущей способности. Кроме этого, загрязненный зернистый слой больше подвержен морозному пучению. Требования к размеру пор геотекстиля  $O_{90}$  представлены в таблице 8, где  $D_{85}$  – размер фракции (мм), мельче которой в грунте содержится 85% частиц за массой сухого грунта.

Таблица 8. Требования к размеру пор геотекстиля  $O_{90}$

Тип грунта основания	Требования к размеру пор геотекстиля $O_{90}$
несвязные грунты	$O_{90} \leq 2 * D_{85}$
связные грунты	$O_{90} \leq 0,2 \text{ мм}$

3.4. Примеры расчетов

3.4.1. Подъездная дорога к участку строительства

Исходные данные:

- грунт основания – глина с примесью органических веществ, CBR = 2,5%;
- вид транспорта и интенсивность его движения – грузовик с тремя осями, нагрузка на ось  $P=80 \text{ кН}$ , интенсивность движения  $N=6$  проездов в день;
- срок эксплуатации дороги – 5 месяцев;
- доступный материал для строительства дороги – местный гравий с коэффициентом эквивалентности  $\alpha=0,4$ , максимальной фракции 40 мм;
- максимальная высота сброса материала на геотекстиль – 1 м.

CBR = 2,5%	$N = 6$ проездов в день
$P = 80 \text{ кН}$	$\alpha = 0,4$

Расчет:

- определение толщины всей дорожной конструкции в первом приближении для 1 000 проездов
- Исходя из графика (рис. 16) для дорожных конструкций без твердого покрытия

$T_o = 190 \text{ мм}$  (при заданных условиях **CBR = 2,5%**, нагрузка на ось **P = 80 кН**).  
Коэффициент приведения фактической нагрузки на ось к стандартной 80 кН, ESAL=1;  
Количество типов транспортных средств  $i=1$ ;  
Количество проездов  $N_1 = 5 \text{ месяцев} * 30 \text{ дней} * 6 \text{ проездов/день} * 3 \text{ оси} = 2700$   
Искомая толщина с поправкой на срок службы и количество проездов осей  
 **$T = (0,27 * \log(\sum(N_i * ESAL) + 0,19) * T_o = (0,27 * \log(2700 * 1) + 0,19) * 190 = 212 \text{ мм}$**

- Итоговое определение толщины всей дорожной конструкции исходя из эффективности работы ее слоев.

Был принят 1 слой гравия низкого качества –  $\alpha = 0,4$ . Количество слоев  $i=1$ .  
Окончательная эквивалентная толщина пирога  
 **$T_{э\text{кв}} = \sum(T_i / \alpha_i) = 212 / 0,4 = 530 \text{ мм}$**

- Выбор класса геотекстиля

Методика	Вводные данные	Необходимый класс геотекстиля
п.3.3. (рис. 18)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Основная нагрузка на ось = 80 кН</li><li>• CBR = 2,5%</li><li>• Приведенное кол-во проездов <math>N_e = \sum(N_i * ESAL) = 2700 * 1 = 2700</math></li></ul>	Класс 2
п.3.3. (рис. 19)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Высота сброса зернистого материала на геотекстиль = 1м</li><li>• Максимальный размер фракции = 40 мм</li></ul>	Класс 3
п.3.3. (рис. 20)	<ul style="list-style-type: none"><li>• CBR=2,5%</li><li>• Максимальный размер фракции = 40 мм</li></ul>	Класс 3
п.3.3. (табл. 8)	Связные грунты основания	$O_{90} \leq 0,2 \text{ мм}$

Таким образом, необходимый класс геотекстиля – третий, максимальный размер пор = 0,2 мм. Этим требованиям соответствует геотекстиль Турар® SF 56.

3.4.2. Временная подъездная дорога без твердого покрытия с дальнейшим устройством на ее базе постоянной дороги к складу с покрытием из асфальтобетона

Исходные данные:

- грунт основания – неоднородный, CBR=1 %;
- тип транспорта и интенсивность его движения:
  - строительная техника (используется только в период строительства), нагрузка на ось **P<sub>1</sub> = 80 кН**, приведенная интенсивность движения **N = 3000** проездов до устройства постоянной дороги;
  - груженная фура с четырьмя осями, нагрузка на ось **P<sub>2</sub> = 80 кН**, с интенсивностью движения равной 32 проездам в день по постоянной дороге;
  - пустая фура с четырьмя осями, нагрузка на ось **P<sub>3</sub> = 30 кН**, с интенсивностью движения равной 8 проездам в день по постоянной дороге.
- срок эксплуатации постоянной дороги – 15 лет;
- доступный материал для строительства дороги:
  - гравийно-песчаная смесь (максимальная фракция 40 мм) с коэффициентом эквивалентности  $\alpha_1=0,5$ . Сбрасываться материал на геотекстиль будет с высоты 0,5 м;
  - щебень марки 800  $\alpha_2=0,8$ ;
  - асфальтобетон ( $\alpha_3=2$ ).
- принято решение:
  - выполнить временную дорогу только из гравийно-песчаной смеси;
  - слой асфальтобетона составит 70 мм.

Расчет:

- Определение толщины всей дорожной конструкции (до устройства постоянной дороги) в первом приближении для 1 000 проездов осей автомобиля

Исходя из графика (рис. 16) для дорожных конструкций без твердого покрытия

**$T_o = 280 \text{ мм}$  (CBR = 1 %, основная нагрузка на ось **P<sub>1</sub> = 80 кН**).**

• Корректировка толщины всей дорожной конструкции в первом приближении, исходя из ее срока службы

Количество расчетных типов транспортных средств  $i=1$ . Коэффициент приведения фактической нагрузки на ось к стандартной  $P_0=80$  кН, ESAL=1. Количество проездов  $N_1 = 3\,000$ .

$$T = (0,27 * \log(\sum(N_i * ESAL) + 0,19) * T_0 = (0,27 * \log(3000 * 1) + 0,19) * 280 = 320 \text{ мм}$$

• Итоговое определение толщины дорожной конструкции исходя из эффективности работы ее слоев

Был принят 1 слой гравийно-песчаной смеси –  $\alpha_i = 0,5$ . Количество слоев –  $i=1$ . Окончательная эквивалентная толщина пирога временной дороги  $T_{1экв} = \sum(T_i / \alpha_i) = 320 / 0,5 = 640 \text{ мм}$

• Далее производим расчет дорожной одежды постоянной дороги

Исходя из графика (рис. 17) для дорожных конструкций с твердым покрытием:

$$T'_0 = 420 \text{ мм (CBR=1\%, } P_1 = 80 \text{ кН)}$$

Определяем коэффициент ESAL и количество проездов:

$$\begin{aligned} ESAL_{\text{грунт}} &= (P/P_0)^{3,95} = (80/80)^{3,95} = 1 \\ ESAL_{\text{пуст}} &= (30/80)^{3,95} = 0,021 \\ N_{\text{грунт}} &= 32 * 365 * 15 * 4 = 700\,800 \\ N_{\text{пуст}} &= 8 * 365 * 15 * 4 = 175\,200 \\ T' &= (0,27 * \log(700800 * 1 + 175200 * 0,021) + 0,19) * 420 = 745 \text{ мм} \end{aligned}$$

• Итоговое определение толщины всей дорожной конструкции исходя из эффективности работы ее слоев

Ранее рассчитана толщина гравийно-песчаной смеси  $T_{1экв}=640$  мм при  $\alpha_1=0,5$ .  
Также принята толщина асфальтобетонного покрытия  $T_{3экв}=70$  мм при  $\alpha_3=2$ .  
Необходимо найти толщину слоя щебня марки 800  $T_{2экв}$  с коэффициентом эквивалентности  $\alpha_2=0,8$ .  
Необходимо все уже известные/принятые толщины слоев привести к эквивалентной толщине, для которой  $\alpha=1$ :

$$\begin{aligned} T_{1экв} &= 640 \text{ мм при } \alpha_1 = 0,5 \text{ для } \alpha = 1 \\ T_1 &= T_{1экв} * \alpha_1 = 640 * 0,5 = 320 \text{ мм.} \\ T_{3экв} &= 70 \text{ мм при } \alpha_3=2 \text{ для } \alpha = 1 \\ T_3 &= T_{3экв} * \alpha_3 = 70 * 2 = 140 \text{ мм.} \\ \text{Было определено, что для } \alpha &= 1 \text{ } T = 745 \text{ мм} \\ 745 &= T_1 + T_2 + T_3 = 320 + T_2 + 140 \rightarrow T_2 = 285 \text{ мм} \\ T_{2экв} &= T_2 / \alpha_2 = 285 / 0,8 = 360 \text{ мм} \\ \text{В этом случае } T_{\text{общая экв}} &= T_{1экв} + T_{2экв} + T_{3экв} = 640 + 360 + 70 = 1\,070 \text{ мм} \end{aligned}$$

• Выбор класса геотекстиля

Методика	Вводные данные	Необходимый класс геотекстиля
п.3.3. (рис. 18)	<ul style="list-style-type: none"><li>Основная нагрузка на ось = 80 кН</li><li>CBR = 1 %</li><li>Приведенное количество проездов <math>N_0 = \sum(N_i * ESAL) = 3000 * 1 + 700800 * 1 + 175200 * 0,021 = 707\,479,20</math></li></ul>	Класс 3
п.3.3. (рис. 19)	<ul style="list-style-type: none"><li>Высота падения зернового материала – 0,5 м</li><li>Максимальный размер фракции – 40 мм</li></ul>	Класс 2
п.3.3. (рис. 20)	<ul style="list-style-type: none"><li>CBR=1 %</li><li>Максимальный размер фракции – 40 мм</li></ul>	Класс 3
п.3.3. (табл. 8)	Связные грунты основания	$O_{90} \leq 0,2 \text{ мм}$

Таким образом, необходимый класс геотекстиля – третий, максимальный размер пор = 0,2 мм. Этим требованиям соответствует геотекстиль Turar® SF 56.

3.4.3. Расчет постоянной дороги к частному дому с твердым покрытием из брусчатки

Исходные данные:

- Грунт основания – суглинок, CBR=4 %;
- Тип транспорта и интенсивность его движения:
  - техника по обслуживанию септика и других установок, нагрузка на ось  $P_1 = 80$  кН, три оси, 20 проездов в год;
  - легковое авто, нагрузка на ось  $P_2=10$  кН, две оси, 30 проездов в день.

- Срок эксплуатации постоянной дороги – 30 лет.
- Доступный материал для строительства дороги:
  - щебеночно-песчаная смесь типа С7 (максимальная фракция 40 мм) с коэффициентом эквивалентности  $\alpha_1=0,8$ . Сбрасываться материал на геотекстиль будет с высоты 0,5 м;
  - брусчатка толщиной 60 мм с коэффициентом эквивалентности  $\alpha_1=1,5$ , которая укладывается на подстилающий слой из песка 30-50 мм (подстилающий слой в расчете не участвует).

Расчет:

- Определение толщины всей дорожной конструкции в первом приближении для 1 000 проездов осей автомобиля.

Исходя из графика (рис. 16) для дорожных конструкций с твердым покрытием  $T_0=270$  мм (CBR = 4%, основная нагрузка на ось  $P_2=80$  кН.

• Корректировка толщины всей дорожной конструкции в первом приближении исходя из ее срока службы

Количество расчетных типов транспортных средств –  $i = 2$ .  
Коэффициент приведения фактической нагрузки на ось к стандартной  $P_1 = 80$  кН, ESAL = 1. Коэффициент приведения фактической нагрузки на ось к стандартной  $P_2 = 10$  кН, ESAL = 0,0003.  
Количество проездов  $N_1 = 30 \text{ лет} * 20 \text{ проездов/год} * 3 \text{ оси} = 1\,800$ .  
Количество проездов  $N_2 = 30 \text{ лет} * 12 \text{ месяцев} * 30 \text{ дней} * 30 \text{ проездов/день} * 2 \text{ оси} = 648\,000$ .  
Тогда искомая толщина с поправкой на срок службы:

$$T = (0,27 * \log(\sum(N_i * ESAL) + 0,19) * T_0 = (0,27 * \log(1800 * 1 + 648000 * 0,0003) + 0,19) * 270 = 292 \text{ мм.}$$

• Итоговое определение толщины всей дорожной конструкции исходя из эффективности работы ее слоев

Принята толщина брусчатки  $T_{2экв} = 60$  мм при  $\alpha_2=1,5$ .  
Необходимо найти толщину слоя щебеночно-песчаной смеси  $T_{1экв}$  с коэффициентом эквивалентности  $\alpha_1=0,8$ .  
Необходимо все принятые толщины слоев привести к эквивалентной толщине, для которой  $\alpha = 1$ .

$$\begin{aligned} T_{2экв} &= 60 \text{ мм при } \alpha_1 = 1,5 \text{ для } \alpha = 1 \\ T_2 &= T_{2экв} * \alpha_1 = 60 * 1,5 = 90 \text{ мм} \\ \text{Было определено, что для } \alpha &= 1 \text{ } T = 292 \text{ мм} \\ 292 &= T_1 + T_2 = T_1 + 90 \text{ для } \alpha = 1 \rightarrow T_1 = 202 \text{ мм} \\ T_{1экв} &= T_1 / \alpha_1 = 202 / 0,8 = 252,5 \text{ мм} \end{aligned}$$

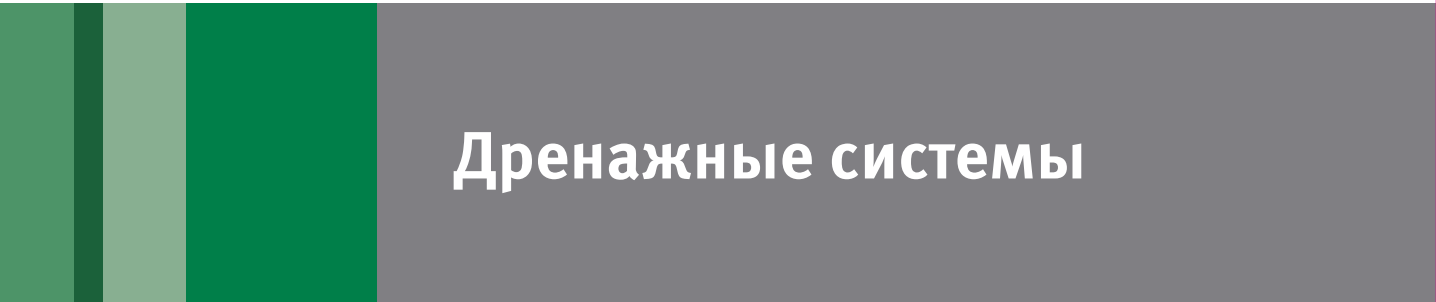
Таким образом, необходимо использовать 260 мм щебеночно-песчаной смеси.



• Выбор класса геотекстиля

Методика	Вводные данные	Необходимый класс геотекстиля
п.3.3. (рис. 18)	<ul style="list-style-type: none"><li>Основная нагрузка на ось = 10 кН</li><li>CBR = 4 %</li><li>Приведенное количество проездов <math>N_e = \sum(N_i * ESAL) = 1\,800 * 1 + 648\,000 * 0,0003 = 1\,995</math></li></ul>	Класс 1
п.3.3. (рис. 19)	<ul style="list-style-type: none"><li>Высота падения зернового материала – 0,5 м</li><li>Максимальный размер фракции – 40 мм</li></ul>	Класс 2
п.3.3. (рис. 20)	<ul style="list-style-type: none"><li>CBR=4 %</li><li>Максимальный размер фракции – 40 мм</li></ul>	Класс 2
п.3.3. (табл. 8)	<ul style="list-style-type: none"><li>Связные грунты основания</li></ul>	$O_{90} \leq 0,2\text{ мм}$

Таким образом, необходимый класс геотекстиля – второй, максимальный размер пор = 0,2 мм. Этим требованиям соответствует геотекстиль Tyrag® SF 40.



<b>4.1. Вступление</b>	<b>24</b>
<b>4.2. Функции</b>	<b>24</b>
<b>4.3. Свойства геотекстиля</b>	<b>25</b>
<b>4.4. Проектирование дренажных систем</b>	<b>25</b>
4.4.1. Критерии удерживания частиц грунта	26
4.4.2. Критерий водопроницаемости	27
4.4.3. Особые грунты	28
4.4.4. Комментарии и дополнительные критерии выбора	28
<b>4.5. Типовые дренажные системы</b>	<b>29</b>
4.5.1. Беструбные дренажи	29
4.5.2. Дренаж обочины (прикромочный дренаж)	29
4.5.3. Дренаж участка	30
4.5.4. Пластовый дренаж	30
4.5.5. Дренаж с использованием геокомпозитных материалов	31
<b>4.6. Регламент по укладке Tyrag® SF</b>	<b>32</b>
4.6.1. Траншейный дренаж	32
4.6.2. Пластовый дренаж	32
4.6.3. Вертикальный дренаж с использованием фитильных дрен	33

## 4. Дренажные системы

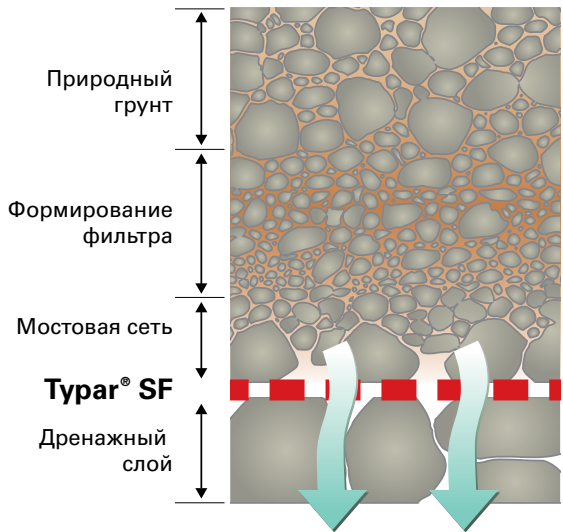
### 4.1. Вступление

Этот раздел представляет собой руководство по использованию геотекстиля Tygar® SF в качестве фильтра при проектировании и конструировании дренажных систем. Процесс проектирования с использованием Tygar® SF является результатом знаний, приобретенных в процессе лабораторных и полевых испытаний материала, а также многолетнего опыта использования геотекстиля по всему миру.

### 4.2. Функции

В области применения дренажных систем стало обычной практикой менять стандартный гранулированный фильтр на геотекстильный. Геотекстильный фильтр выполняет ту же функцию: он предотвращает засорение дренажной системы, но имеет преимущество в простоте укладки и самом качестве фильтра, чего нельзя достичь при стандартной технологии строительства. Использование геотекстилей ведет к значительной экономии средств благодаря сокращению сроков строительства и объема земельных работ, а также позволяет экономить на объемах зернистых материалов.

На свойства геотекстильного материала в значительной степени влияет его структура. Как правило, структура тканого геотекстиля из-за малого числа пор имеет низкий процент открытой поверхности. К тому же одинаковый диаметр (размер) пор такого текстиля способствует их забиванию частицами грунта. Иглопробивные геотекстили из-за своей толщины создают препятствия для прохождения воды, поэтому небольшие частицы грунта легко в них застревают. Такое частичное засорение (заиливание) и их чувствительность к сжатию от вертикального давления приводят к значительному снижению их водопрпускной способности.



Геотекстиль Tygar® SF из-за своей структуры обладает превосходными фильтрационными и дренажными свойствами благодаря широкому диапазону размеров и форм пор. Он хорошо удерживает крупные частицы грунта и способствует образованию естественного фильтра на его поверхности. Мелкие частицы грунта не будут забивать Tygar® SF из-за его тонкой термически спрессованной структуры (толщины), которая также предотвращает сжатие геотекстиля от вертикального давления, обеспечивая постоянные гидравлические характеристики.

Кроме того, геотекстиль должен выдерживать нагрузки при укладке для того, чтобы он мог надлежащим образом в дальнейшем выполнять функцию фильтра. Благодаря высокому начальному модулю упругости и оптимальному удлинению Tygar® SF обладает мощным потенциалом поглощения энергии, делающим его устойчивым к повреждениям во время монтажа, это также обеспечивает стабильность размеров пор и постоянную водопроницаемость геотекстильного материала.

Рисунок 21. Природный почвенный фильтр, прилегающий к геотекстилю

### Как работает Tygar® SF?

Геотекстиль Tygar® SF за счет своей структуры способствует образованию на контакте с геотекстилем природного грунтового фильтра. Возникшая в результате этого фильтрующая система функционирует лишь в том случае, если геотекстиль обладает достаточным и разнообразным размером пор и их распределением по поверхности (рис. 21). Приведенные ниже рекомендации помогут Вам правильно подобрать геотекстильный фильтр.

### 4.3. Свойства геотекстиля

Во всем мире проводятся обширные исследования для того, чтобы определить эффективность фильтрации геотекстильной продукции путем корреляции между распределением частиц, которые должны быть отфильтрованы, и гидравлическими условиями для распределения частиц по размеру пор и проницаемостью воды через геотекстиль.

Наиболее важными свойствами геотекстильного фильтра являются размер его пор и проницаемость. Характеристику размера пор можно рассчитать с помощью распределения пор геотекстиля по его поверхности. Это распределение определяется с помощью частиц согласно EN 12956 или стеклянных бусин определенных размеров согласно ASTM D4751. Результатом является определение отверстий  $O_{90}$  или  $O_{95}$ , описывающих размер пор, через которые проходит 90 / 95% частиц грунта/стеклянных гранул.

Выбор правильного размера пор имеет весьма важное значение для функционирования дренажной системы. Он обеспечивает соответствие водопрпускной способности природного грунтового фильтра и геотекстиля. Неправильный размер пор в геотекстиле может привести к постоянному образованию каналов в грунте и его эрозии, а иногда и к снижению водопроницаемости всей дренажной системы.

Проницаемость геотекстиля может быть определена коэффициентом фильтрации. Он определяет скорость потока воды, перпендикулярного к плоскости грунта или геотекстиля. Коэффициент фильтрации геотекстиля (k) может быть полезен при сравнении водопроницаемости геотекстиля и прилегающего грунта. Для оценки пригодности геотекстилей разных способов производства, имеющих разные структуры, лучше всего сравнивать их водопроницаемость под нагрузкой. На приведенном ниже рисунке 22 показано, как меняется водопроницаемость толстого (иглопробивного) сжимаемого нетканого геотекстиля под давлением по сравнению с термически скрепленным Tygar® SF.

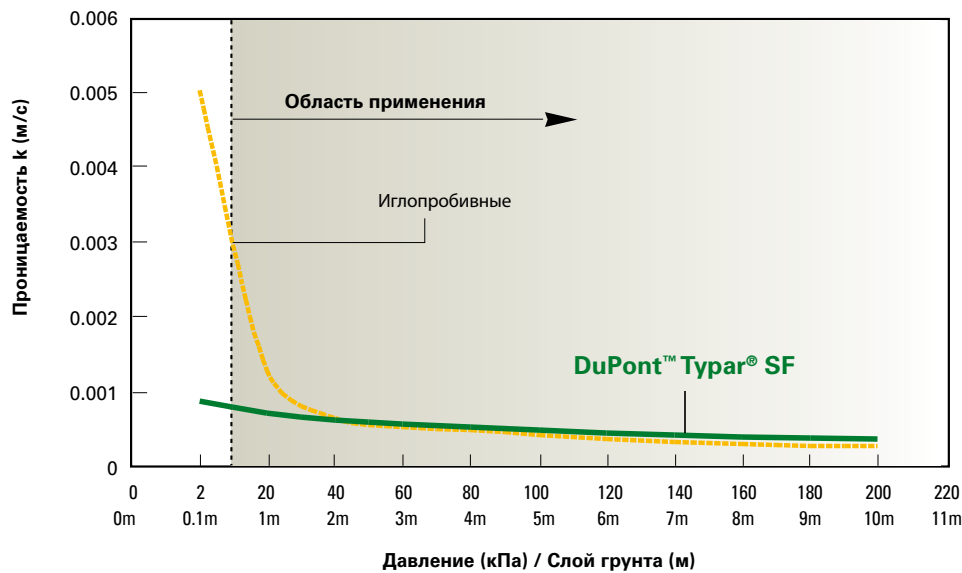


Рисунок 22. Сравнение водопроницаемости под нагрузкой иглопробивного геотекстиля с термически скрепленным Tygar® SF

Другим критерием, оценивающим водопроницаемость геотекстиля, является гидравлическая проводимость или скорость потока  $л/м^2 \cdot с$  при заданном водяном столбе, например,  $V_{H50}$  в соответствии со стандартом EN 11058. Наиболее важный аспект при этом – выбор прилегающего фильтрующего геотекстиля с водопроницаемостью, превышающей водопроницаемость грунта. Это необходимо для обеспечения постоянной пропускной способности всей дренажной системы.

### 4.4. Проектирование дренажных систем

Выбор правильного геотекстильного фильтра является сложным процессом, поскольку взаимодействие между грунтом и фильтром определяется рядом факторов:

- свойства геотекстиля: распределение по размеру пор ( $O_{90}$ ), водопроницаемость, сжимаемость геотекстиля и структура;
- характеристики грунта: распределение размеров частиц, коэффициент однородности, уплотнение, пластичность, сцепление (когезия);
- гидравлические условия: однонаправленная или двунаправленная фильтрация, градиент напора,

- наличие осадков или иных частиц в воде;
- условия укладки и работы геотекстиля: механические повреждения во время укладки и химический состав грунтовых вод.

Двумя основными критериями, которые следует учитывать при подборе геотекстильного фильтра, являются способность удерживания геотекстилем частиц грунта и водопроницаемость (коэффициент фильтрации) прилегающего грунта.

4.4.1. Критерии удерживания частиц грунта

Выбор начинается с определения гранулометрического состава грунта. Далее определяются пределы максимального размера пор геотекстиля  $O_{90}$ . Основной критерий для стандартных ситуаций (постоянный поток, низкий градиент) следующий:

$$O_{90} < 2 * D_{85}$$

Для условий, в которых ограничение вымывания частиц грунта является доминирующим фактором, должны применяться следующие критерии (табл. 9).

Таблица 9. Критерии выбора геотекстильного фильтра для различных грунтов и условий потока воды

Вид потока	Тип грунта		
	Очень мелкие, связные грунты $D_{85} < 0,06$ и $D_{10} < 0,002$	Мелкие, несвязные грунты $D_{40} < 0,06$	Крупнообломочная почва $D_{40} > 0,06$
Постоянный	$O_{90} < 0.200$	$O_{90} < 6 * D_{60}$	$O_{90} < 5 * D_{10} \sqrt{C_u}^{21}$
Динамический	Требуется лабораторное испытание		$O_{90} < 1,5 * D_{10} \sqrt{C_u}$ $O_{90} < D_{60}$

В случае, когда гранулометрический состав грунта очень неоднородный, например, как показано на графике (рис. 23),  $D'_{85}$  следует использовать вместо  $D_{85}$ . Чтобы определить  $D'_{85}$ , продлите линию гранулометрии более мелких частиц, как показано на рис. 23, и линию горизонтального участка гранулометрии. Пересечение этих линий определяет  $D'_{100}$  для более мелких частиц. Соединением  $D'_{100}$  и  $D_0$  определяется  $D'_{85}$  (см. рис. 23).

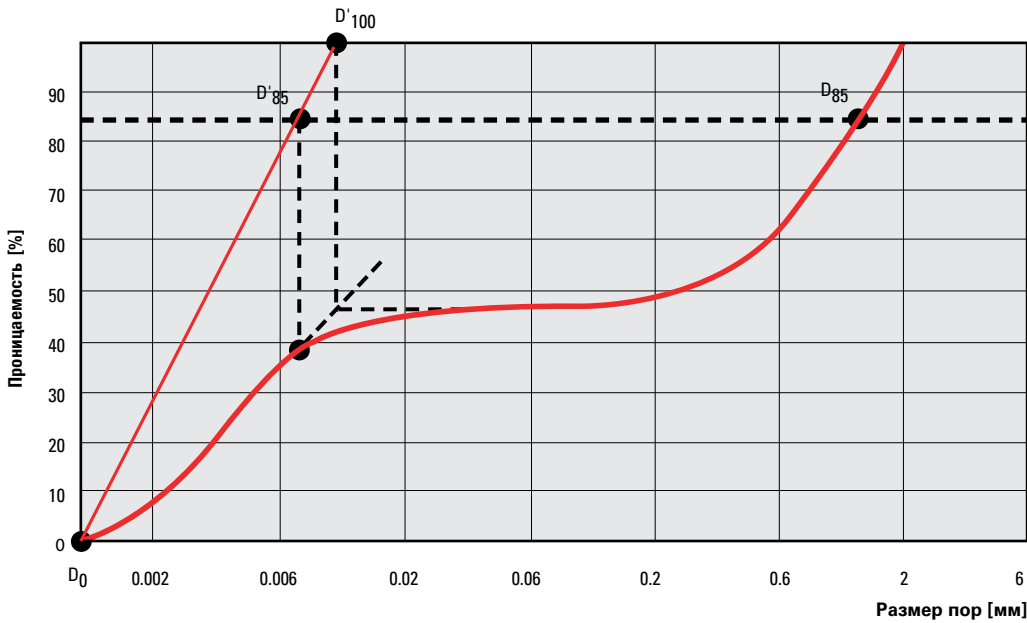


Рисунок 23. Гранулометрический состав грунта

4.4.2 Критерий водопроницаемости

Основное правило: водопроницаемость геотекстиля должна быть выше, чем у прилегающего грунта. Сравнивая зернистые и геотекстильные фильтры, всемирно известный ученый Жан-Пьер Жиру предположил, что для обеспечения эквивалентной дренажной способности пропускная способность геотекстиля должна превышать водопроницаемость грунта в 10 раз. Результаты других исследований показывают коэффициент 10 для тканых и тонких нетканых ( $\leq 2$  мм) и коэффициент 100 для толстых нетканых геотекстильных материалов ( $> 2$  мм), используемых в дорожных и дренажных системах.

Можно предложить:

$$K_{\text{геотекстиля}} > 5-10 * K_{\text{грунта}}$$

Водопроницаемость грунта может быть приближенно определена исходя из размера ее частиц  $D_{20}$  при помощи зависимости, отображенной на рис.24.

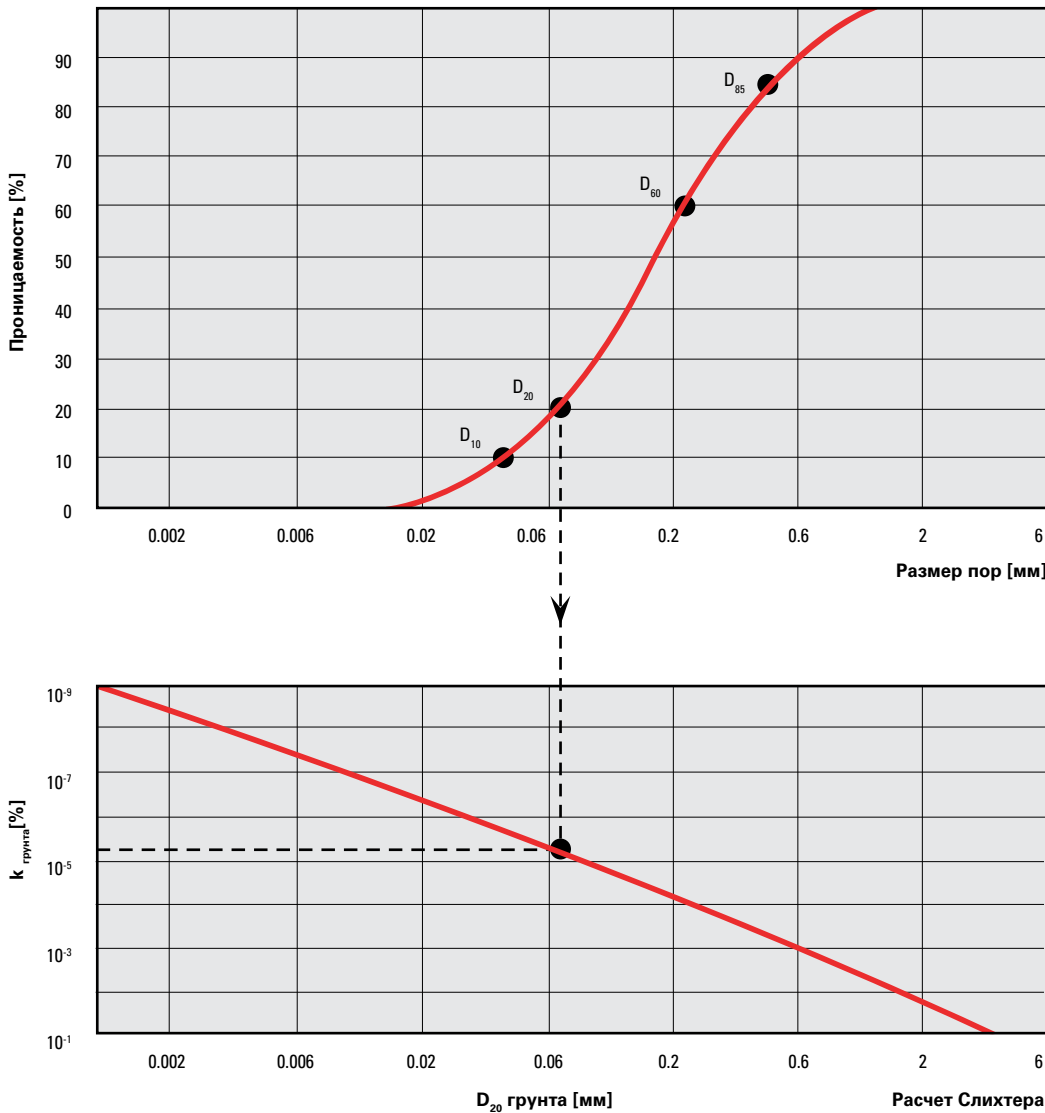


Рисунок 24. Определение водопроницаемости грунта исходя из размера ее частиц  $D_{20}$ .

4.4.3. Особые грунты

Из рисунка 25 можно сделать следующие выводы:

- грунты, гранулометрическая кривая которых полностью находится в серой зоне, нельзя использовать с указанной маркой геотекстиля, так как перед выбором данного геотекстильного изделия требуется проведение лабораторных испытаний. Когда кривая гранулометрического состава почвы пересекает затемненные области, применяются обычные критерии фильтрации;
- грунты, у которых кривая гранулометрии пересекает затемненный прямоугольник, не соответствуют указанной марке геотекстиля по водопроницаемости.

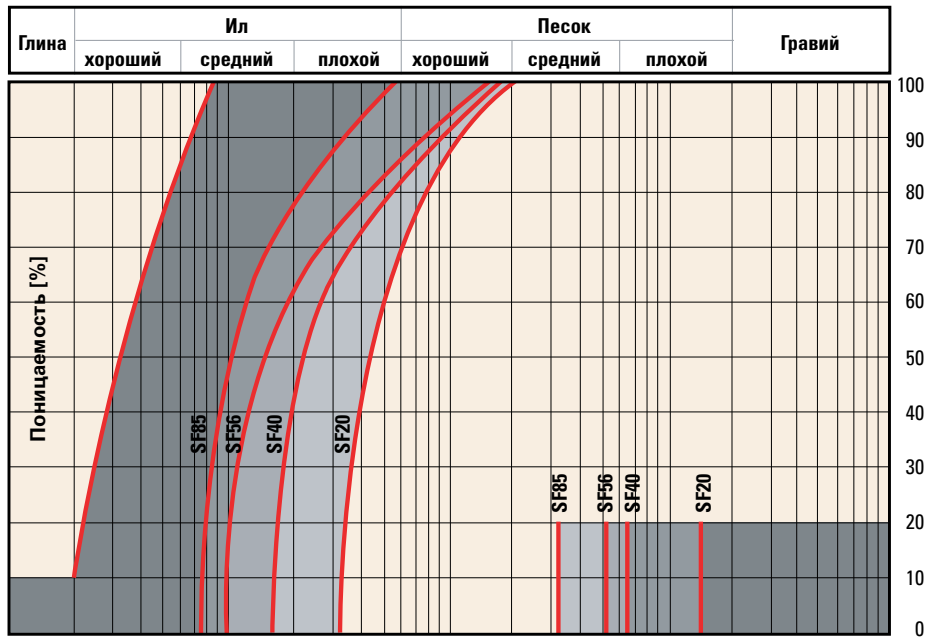


Рисунок 25. Особые грунты, требующие дополнительного внимания при выборе марки Тураг® SF

4.4.4. Комментарии и дополнительные критерии выбора

Лабораторные испытания и реальный опыт работы показали, что геотекстиль Тураг® SF с размером пор больше, чем те, которые определяются в вышеуказанных критериях для фильтра, хорошо справлялись со своей работой на протяжении длительного периода времени, функционируя даже в мелкодисперсных грунтах.

Учитывая условия укладки (высота сброса зернистых материалов, фракция и способ уплотнения зернистого материала), может быть рекомендован более прочный тип Тураг® SF, чем тот, что необходим для обеспечения только водопроницаемости или требований по фильтрации. В таблице 10 указаны рекомендуемые марки геотекстиля для дренажа.

Таблица 10. Рекомендуемые марки Тураг® SF для различных областей применения

Применение	Рекомендуемая марка Тураг® SF
Дренаж в сельском хозяйстве	SF 27
Дренажные системы с использованием щебня фракции < 20 мм	SF 32
Дренажные системы с использованием щебня фракции > 20 мм	SF 40

4.5. Типовые дренажные системы

4.5.1. Беструбные дренажи

Геотекстиль Тураг® SF широко применяется при строительстве классических дренажей, где Тураг® SF используется в качестве фильтра и обеспечивает высокую водопропускную способность дренажного зернистого ядра. Пропускная способность беструбных дренажей пропорциональна как их поперечному сечению, так и градиенту напора.

Таблица 11. Пропускная способность беструбных дренажей

Фракция щебня [мм]	Уклон дренажа [%]	Сечения дренажа (ширина x глубина), мм				
		0.3 x 0.3	0.3 x 0.6	0.6 x 0.6	0.6 x 0.9	0.6 x 1.2
50	1.0	0.7	1.4	2.8	4.2	5.6
	2.0	1.4	2.8	5.6	8.4	11.2
19 - 25	1.0	0.4	0.8	1.6	2.4	3.2
	2.0	0.8	1.6	3.2	4.8	6.4
9 - 12	1.0	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8
	2.0	0.2	0.4	0.8	1.2	1.6
6 - 9	1.0	0.02	0.04	0.08	0.12	0.16
	2.0	0.04	0.08	0.16	0.24	0.32

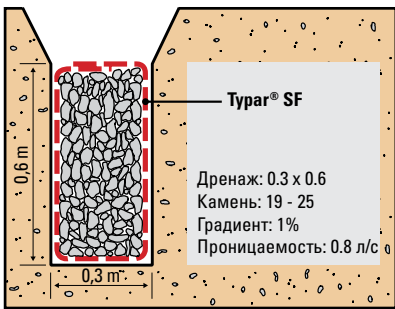


Рисунок 26. Обычные беструбные дренажи

4.5.2. Дренаж обочины (прикромочный дренаж)

Дорожный прикромочный дренаж (дренаж обочины) должен быстро отвести инфильтрационную воду, чтобы предотвратить ухудшение свойств грунтового основания, вызванных его переувлажнением (рис. 27).

W = дорога + ширина обочины      L = расстояние между выпускными трубами или дренажными колодцами, [м]  
i = уклон дренажа [%]                  R = максимальная интенсивность дождя [м/с]  
P<sub>Р</sub> = проникновение осадков [%]

Водопропускная способность Q определяется по формуле:

$$Q = 103 * L * W * R * P_R$$

Необходимое сечение конструкции дренажа определяется с помощью таблицы 11, приведенной выше.

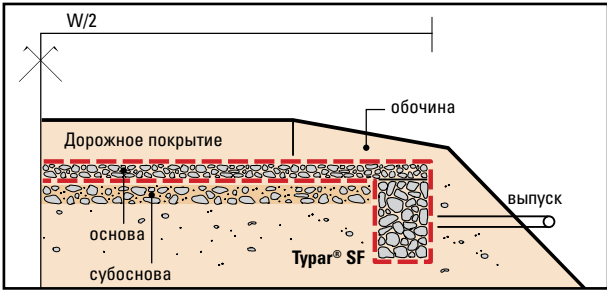


Рисунок 27. Дренаж обочины



4.5.3. Дренаж участка

В случаях, когда переувлажнение вызвано чрезмерным количеством осадков, используют понижающий систематический траншейный дренаж. Расстояние между дренажами (S) определяются согласно таблицы 12. Пропускная способность данной дренажной системы определяется по формуле:

$$Q = 103 \cdot S \cdot L \cdot R$$

L – расстояние между выпускными трубами или дренажными колодцами, м;

R – максимальная интенсивность дождя, м/с.

Необходимая площадь поперечного сечения дренажа определяется согласно таблице 11.

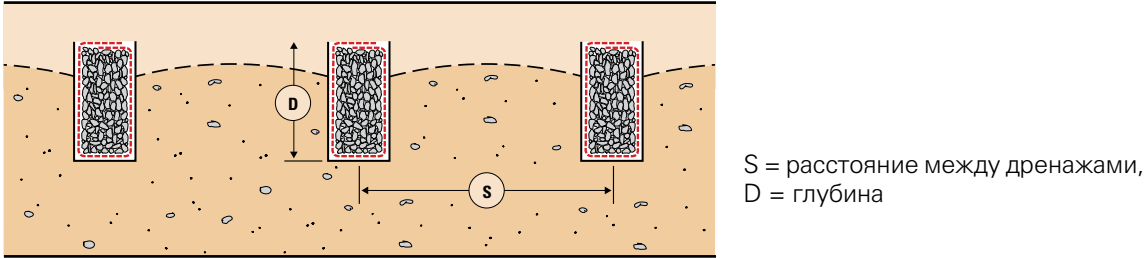


Рисунок 28. Систематический дренаж

Таблица 12. Необходимое расстояние между дренажами (S) осушаемого участка

Тип грунта	Кэфф. фильтрации	Глубина		
		D = 1,0 м	D = 1,3 м	D = 1,6 м
Глины	3,0 x 10-7	5 м	6 м	8 м
Суглинки	5,0 x 10-6	18 м	25 м	30 м
Супеси	3,0 x 10-5	47 м	62 м	77 м
Пески	7,0 x 10-5	67 м	88 м	109 м

4.5.4. Пластовый дренаж

Типичным примером необходимости применения пластового дренажа являются спортплощадки. Пластовый дренаж должен размещаться под поверхностью и растительностью для обеспечения быстрого отвода воды от сооружений. Пластовый дренаж монтируется между двумя слоями геотекстиля Tyrag® SF, чтобы предотвратить заиливание дренажного слоя, выступая в качестве фильтра.



Рисунок 29. Участок с применением двух дренажных слоев Tyrag® SF

Толщина пластового дренажа t рассчитывается по формуле:

$$t = s / 2 \sqrt{R/K_d}$$

- где:
- t = толщина пластового дренажа [м]
  - s = расстояние между дренами [м]
  - $k_d$  = коэффициент фильтрации дренирующего материала [м/с]
  - R = максимальное количество осадков [м/с]

Для обеспечения надежности и долговечности работы данной дренажной конструкции мы рекомендуем использовать коэффициент запаса 10 для коэффициента фильтрации Kd. Для расчета расстояния S необходимо

использовать формулу, приведенную ниже. Для определения площади поперечного сечения траншейного дренажа можно использовать таблицу 11 или

$$Q = 103 \cdot S \cdot L \cdot R$$

Следует отметить, что поверхность грунта должна обладать достаточной водопроницаемостью для быстрого отвода поверхностных вод в дренажный слой.

4.5.5. Дренаж с использованием геокомпозитных материалов



Рисунок 30. Установка геокомпозитного материала в качестве дренажа дорожного покрытия

В последние годы на рынке геосинтетической продукции появился новый продукт, быстро приобретающий популярность в строительстве – геокомпозит Enkadrain®.

Осушительная система с различными схемами расположения дрен состоит из жесткого синтетического сердечника, завернутого или заключенного в геотекстильный фильтр. Сердечник имеет довольно открытую, но неподдающуюся сжатию структуру, которая обеспечивает свободное прохождение воды, а геотекстильный фильтр защищает сердечник от забивания грунтом.

Существует много видов геокомпозитов, которые подбираются в зависимости от специфики их применения:

- дренажные системы дорог;
- захоронение отходов: отвод газа или сбор фильтрата;
- пластовый дренаж спортивных сооружений;
- сельскохозяйственная мелиорация;
- вертикальные дренажи;
- пристенные дренажи для защиты подземных стен, фундаментов, подземных паркингов;
- пластовый дренаж для террас, зеленых кровель, балконов.

В последних трех областях применения геотекстиль Tyrag® SF, как правило, используется в комплексе с шиповидной геомембраной Изолит® (рис. 32).

Геокомпозиты все чаще заменяют традиционные дренажные системы, состоящие из зернистых наполнителей, обернутых в геотекстиль. Промышленное производство и простота установки делают их экономической альтернативой традиционным дренажным системам.

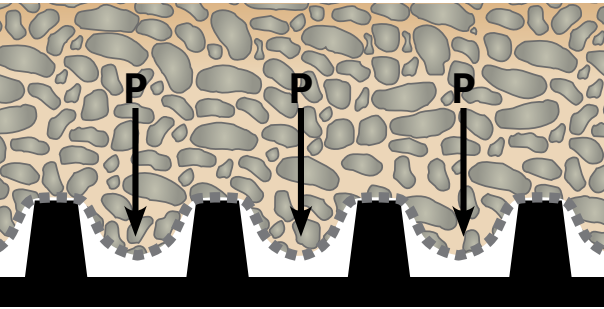


Рисунок 31. Снижение дренажной способности из-за деформации фильтрующего материала (например, иглопробивного геотекстиля)

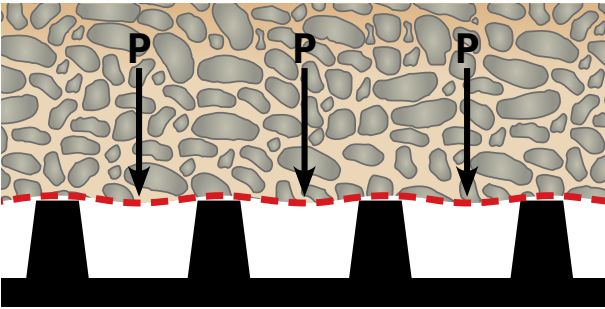


Рисунок 32. Tyrag® SF и его превосходная производительность в качестве фильтра в составе дренажной системы

4.6. Регламент по укладке Tyrap® SF

Следует помнить, что геотекстиль Tyrap® SF необходимо как можно скорее накрыть последующим слоем. Во время дождей из грунта вымываются небольшие частицы, которые могут засохнуть на геотекстиле, образовав непроницаемый слой грунта (глину). При установке Tyrap® SF нужно соблюдать следующие правила, касающиеся различных дренажных систем.

4.6.1. Траншейный дренаж

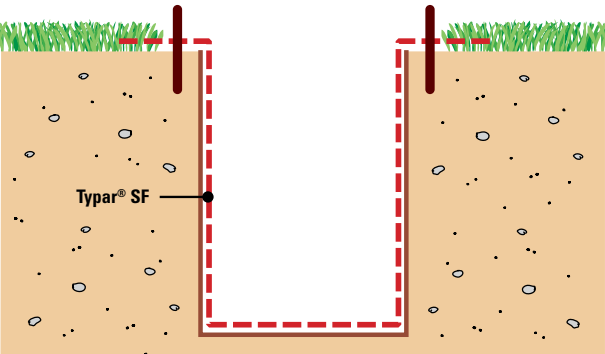


Рисунок 33. Закрепите Tyrap® SF, чтобы избежать его смещения

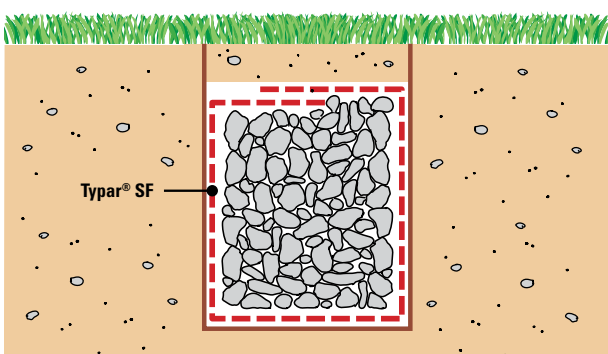


Рисунок 34. Оберните дренажный зернистый материал с помощью Tyrap® SF (нахлест полотен составляет минимум 30 см)

Последовательность монтажа:

- дно и боковые стены траншеи не должны содержать корни, камни и другие включения, которые вызывают неровность поверхности траншеи;
- расстелите Tyrap® SF параллельно траншее и закрепите края геотекстиля (рис. 33);
- не помещайте геотекстиль в грязь. Это может привести к отложению на поверхности Tyrap® SF большого количества тонкодисперсных частиц, образующих непроницаемую пленку;
- аккуратно выгружайте дренажный зернистый материал во избежание смещения боковых частей геотекстиля;
- для заполнения траншеи не используйте слишком большие камни. Для обеспечения хорошего контакта между тканью и грунтом требуется гравий фракции до 2 см;
- уплотните дренажный зернистый материал и оберните его геотекстилем Tyrap® SF перед засыпкой верхней части траншеи;
- нахлест полотен Tyrap® SF составляет не менее 30 см.

4.6.2. Пластовый дренаж

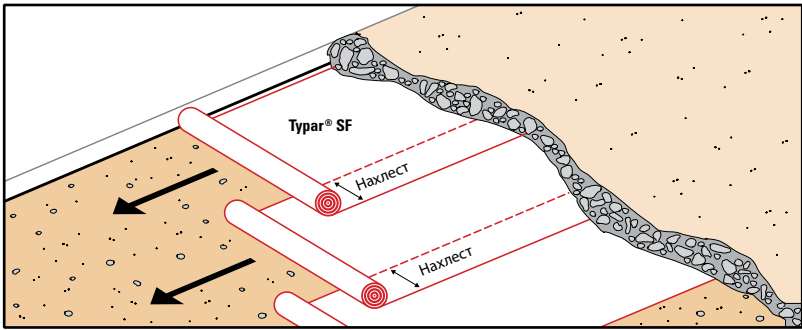


Рисунок 35. Применение Tyrap® SF для пластового дренажа

Последовательность монтажа:

- нахлесты полотен должны составлять не менее 30 см;
- не рекомендуется разматывать Tyrap® SF заранее, особенно в ветренную погоду;
- для обеспечения отличного контакта между геотекстилем и грунтом используйте зернистый наполнитель сравнительно небольшого размера.

4.6.3. Вертикальный дренаж с использованием фитильных дрен

При сооружении насыпей на переувлажненных основаниях для ускорения их консолидации (осадки) устраиваются вертикальные дренажи с использованием фитильных дрен (рис. 36). В таких случаях в основании насыпей между двумя слоями геотекстильного фильтра Tyrap® SF укладывается дренажный щебеночный слой. Данный слой будет выполнять роль пластового дренажа, обеспечивающего быстрый отвод отжатой влаги от основания насыпи.

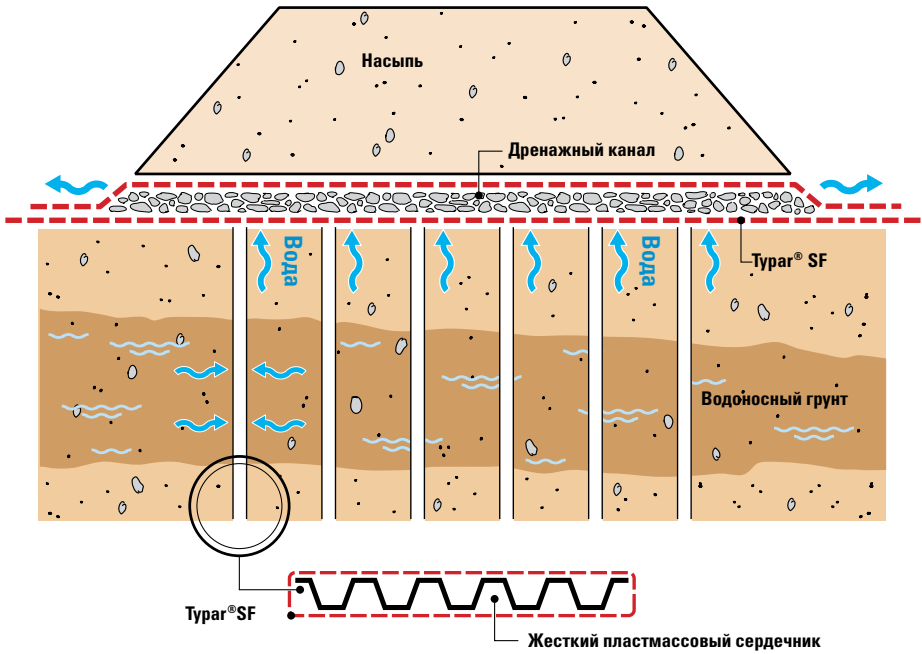


Рисунок 36. Быстрое удаление воды в насыщенных сжимаемых грунтах с использованием сборных вертикальных дренажей

# Контроль эрозии

<b>5.1. Вступление</b>	<b>36</b>
<b>5.2. Функции</b>	<b>36</b>
<b>5.3. Выбор правильной марки Turag® SF</b>	<b>37</b>
5.3.1. Критерии фильтрации	37
5.3.2. Критерии энергии абсорбции	37
<b>5.4. Инструкции по монтажу</b>	<b>37</b>

## 5. Контроль эрозии

### 5.1. Вступление

Контроль эрозии определяется как «использование геотекстильных или подобных материалов для предотвращения перемещения грунта или других частиц по поверхности, например, на склоне».

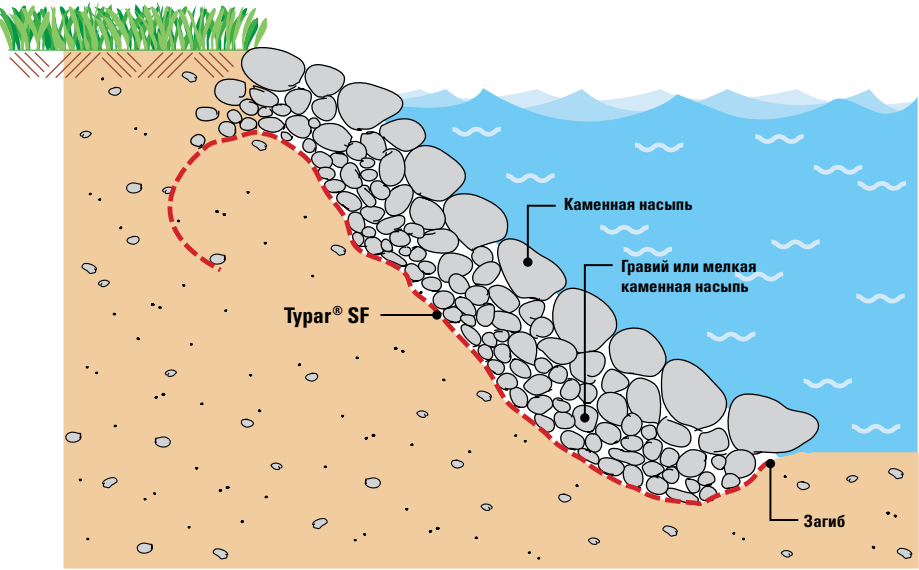


Рисунок 37. Применение Turpar® SF для контроля эрозии

Процесс эрозии – часть геологического цикла, природного явления, где вода и воздух являются особенно агрессивными факторами, приводящими к истощению грунта. Геотекстиль используется в рамках системы контроля эрозии для защиты грунтов (склонов морского побережья, берегов рек и т.п.) от такого воздействия.

### 5.2. Функции

Основная функция геотекстиля в рамках борьбы с эрозией (вымыванием) заключается в удерживании основной массы частиц без создания избыточного давления воды в порах удерживаемого грунта. Геотекстиль заменяет традиционный гранулированный мелкозернистый фильтр между удерживаемым грунтом и габионами, бутом или бетонными плитами, которые защищают поверхность (рис. 37). Правильно подобранный размер пор геотекстиля позволяет удерживать грунт, тем самым предотвращая его эрозию.

Геотекстиль Turpar® SF является идеальным фильтром для борьбы с эрозией и используется для замены стандартных зернистых фильтров сложной гранулометрии, ввиду того, что:

- его прочная и однородная структура поглощает и рассеивает энергию набегающей волны, тем самым обеспечивая сопротивление расслоению грунтов;
- высокая водопроницаемость позволяет пропускать воду в обе стороны, удерживая при этом частицы грунта, тем самым, не создавая чрезмерного гидростатического давления;
- его структура пор более универсальна и оптимальна в сравнении с зернистыми классическими фильтрами.

### 5.3. Выбор правильной марки Turpar® SF

К важным параметрам, которые должны быть рассмотрены инженером при проектировании систем контроля эрозии, относятся топография, уровень грунтовых вод и гранулометрический состав грунта (геология). Выбор геотекстиля происходит по двум критериям: фильтрации и энергии абсорбции.

#### 5.3.1. Критерии фильтрации

Геотекстиль, используемый в системах контроля эрозии, должен соответствовать критерию фильтрации в условиях динамического потока. Например, для грунтов с  $D_{40} \geq 0,06$  мм необходимая характеристика размера пор следующая:

$$O_{90} \leq D_{60} \text{ и } O_{90} \leq 1,5 \cdot D_{10} \cdot \sqrt{Cu}$$

Что касается водопроницаемости, то следует рассмотреть следующие аспекты:

- условия контакта между подстилающим грунтом и Turpar® SF: геотекстиль должен плотно прилегать к подстилающему грунту из-за возможности возникновения эффекта воздушного шара в результате обратного стока воды. То есть геотекстиль всегда должен быть пригружен. Для обеспечения плотного прилегания геотекстиля к грунту, в случае использования крупнозернистого материала, его фракция должна быть не более 100 мм;
- влияние верхнего слоя на водопроницаемость: водопроницаемость Turpar® SF определяется с учетом характеристик подстилающего грунта. Однако могут возникнуть ситуации, когда необходима корректировка исходя из водопроницаемости верхнего слоя. Например, в случаях, когда бетонные блоки прилегают непосредственно к Turpar® SF, вода из подстилающего грунта выходит в основном через швы между блоками, что снижает общую площадь фильтрации. Для устранения этого эффекта и обеспечения некоторой дополнительной защиты от повреждений при установке между геотекстилем и бетонными блоками укладывается слой гравия или песка.

#### 5.3.2. Критерии энергии абсорбции

В ходе строительства системы контроля эрозии (например, защита берега каменной наброской) на геотекстиль могут сбрасываться крупные камни. В этом случае необходимо выбрать геотекстиль Turpar® SF с высоким потенциалом поглощения энергии.

При локальных деформациях грунтового основания, в то время как внешне верхний слой остается без изменений, в геотекстиле возникают огромные напряжения растяжения. Такая локальная деформация грунтового основания может быть вызвана вследствие его неравномерной осадки либо смещением массы грунта под полотном Turpar® SF. Высокий начальный модуль упругости стабилизирует грунт. Геотекстиль с высокой энергией абсорбции оптимально приспособлен для того, чтобы выдерживать столь суровые условия и свести потенциальный ущерб к минимуму.

### 5.4. Инструкции по монтажу

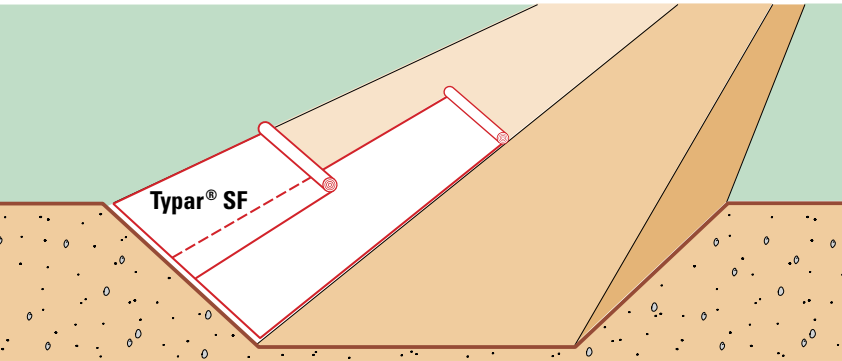


Рисунок 38. Схема укладки при длине откоса до 8м

При монтаже системы следует соблюдать такие рекомендации:

- если это возможно, необходимо выровнять и уплотнить поверхность склона(откоса);
- если длина откоса менее 8 м, то сначала Turpar® SF укладывается по длине в нижней части откоса, а затем – на



верхнюю половину откоса с перекрытием от 0,5 до 1 м (рис. 38);

- если длина откоса выше 8 м, геотекстиль Typar® SF следует раскатывать по склону сверху вниз. Перекрытие нужно делать в сторону направления водного потока – для предотвращения подмыва;
- анкерные траншеи для закрепления геотекстиля Typar® SF устраиваются в верхней и нижней части склона (рис. 39);
- в случае использования бута, габионов, геосот работы начинаются с основания склона во избежание сползания материалов;
- при использовании бута, чтобы обеспечить необходимый контакт между геотекстилем и грунтом основания, сперва необходимо уложить по Typar® SF слой фракцией до 100 мм. Этот слой также поможет избежать повреждения геотекстиля тяжелым бутом;
- геотекстиль в анкерной траншее сверху склона закрепляется с помощью грунта и растительности. Этот метод фиксации предотвращает попадание под геотекстиль больших объемов поверхностных вод, из-за чего вероятно подмытие снизу всей конструкции.

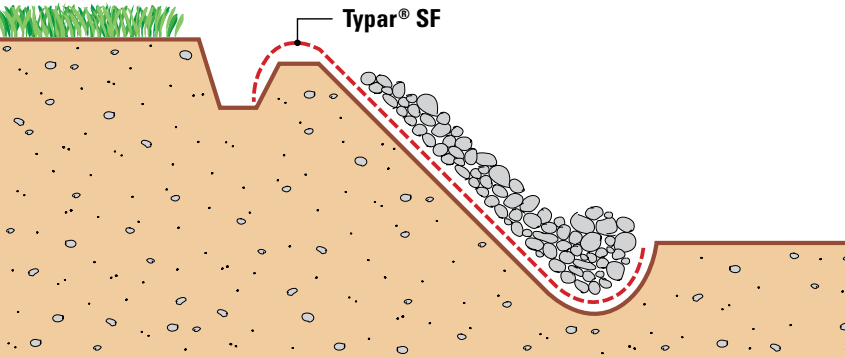


Рисунок 39. Фиксация Typar® SF на верхнем краю склона

При необходимости укладки геотекстиля под водой Typar® SF будет всплывать, поскольку плотность полипропилена меньше, чем плотность воды (0,91 г/см3). Для того чтобы уложить геотекстиль в проектное положение, необходимо его пригружать сразу песком или гравием.

Для быстрого и последовательного монтажа можно пригружать геотекстиль стальными стержнями (например, арматурой диаметром 10 мм) через каждые 5 метров (рис. 40). Эти стержни позволят сохранить параллельность укладки полотнищ, не прибегая к использованию услуг водолазов. Допустимо также применение нахлестов меньшей ширины.

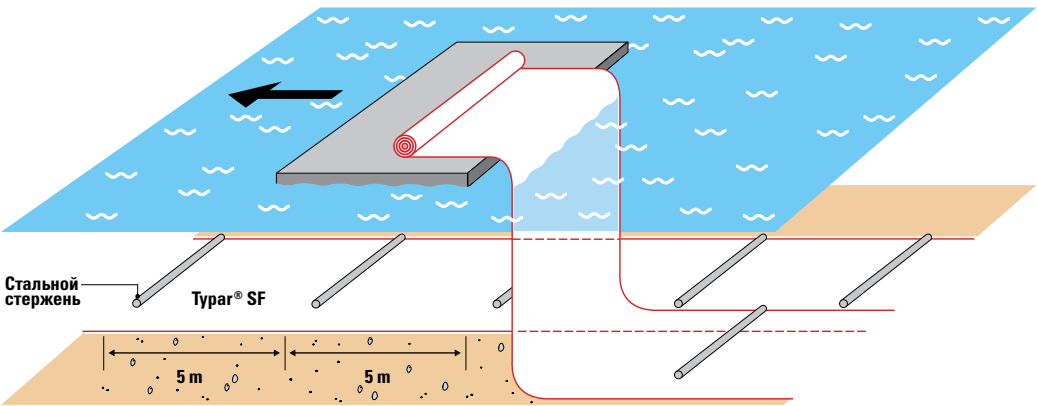


Рисунок 40. Укладка геотекстиля Typar® SF под водой

# Рекомендации по применению

<b>6.1. Дороги и промышленные полы</b>	<b>40</b>
Железные дороги	40
Подъездные, пешеходные дороги, тротуары	41
Промышленные полы	41
<b>6.2. Дренажи, фундаменты и трубопроводы</b>	<b>41</b>
Беструбные дренажи	41
Обернутые дренажные трубы	42
Трубопроводы на слабых грунтах	42
Прерывание попадания влаги в стены здания через фундамент	42
Дренаж фундамента	42
Дренаж фундаментных стен	43
Плитный фундамент	43
<b>6.3. Водоемы и кровли</b>	<b>43</b>
Искусственные пляжи	43
«Зеленые» кровли	44
Эксплуатируемые кровли	44
Защита гидроизоляционной мембраны	44
Армирование напыляемых гидроизоляционных материалов	44
Волнорезы и причалы на слабом морском дне	45
Расширение прибрежной полосы	45

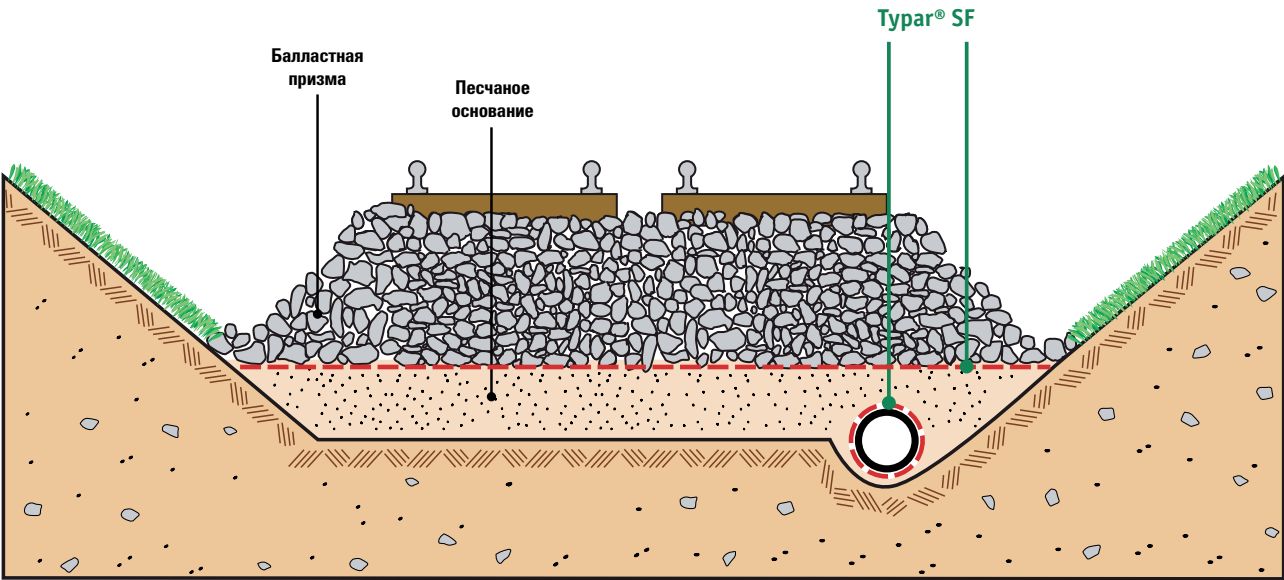
## 6. Рекомендации по применению

Кроме наиболее распространенных применений в проектах по строительству дорог, дренажей и контролю эрозии, геотекстиль Turar® SF также широко используется во множестве других конструкциях:

- пешеходные дорожки и тротуары;
- автодороги всех категорий;
- железные дороги и трамвайные пути;
- промышленные полы;
- дренажные системы и системы канализации;
- ландшафтные работы;
- благоустройство территорий;
- пляжи, набережные и искусственные водоемы;
- спортивные площадки;
- стоянки транспорта;
- отсыпка и защита фундаментов;
- эксплуатируемые кровли.

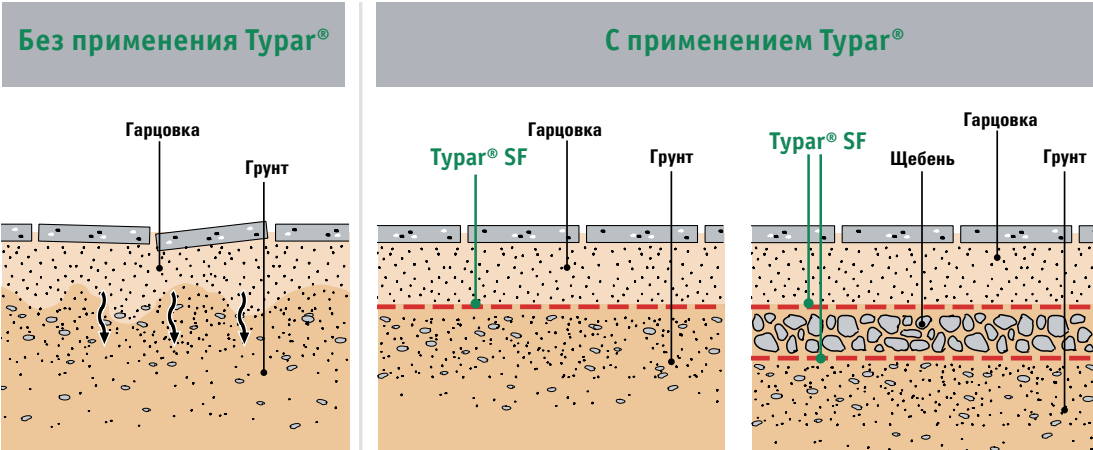
### 6.1. Дороги и промышленные полы

#### Железные дороги



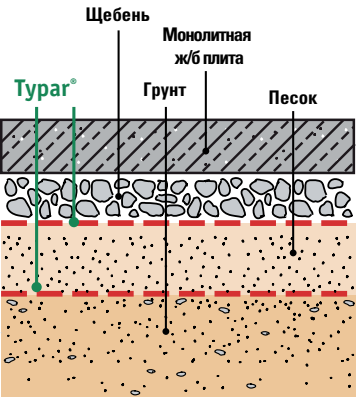
В современной практике возведения железных и автомобильных дорог применяется Turar® SF, который сокращает стоимость строительства, делает конструкцию более прочной и долговечной. Turar® SF не позволяет насыпи проседать, «тонуть», перемешиваться, действуя как разделительно-фильтрационная мембрана

### Подъездные, пешеходные дороги, тротуары



Укладка геотекстиля Turar® SF в основание пешеходной или подъездной дороги повышает несущую способность конструкции и ограничивает ее осадку. Turar® SF предотвращает вдавливание щебня в грунт и вымывание гарцовки в щебеночный слой, который выполняет функцию дренажа. В другом случае, благодаря Turar® SF, гарцовка не смешивается с грунтом основания, поэтому не происходит осадка плитки.

### Промышленные полы

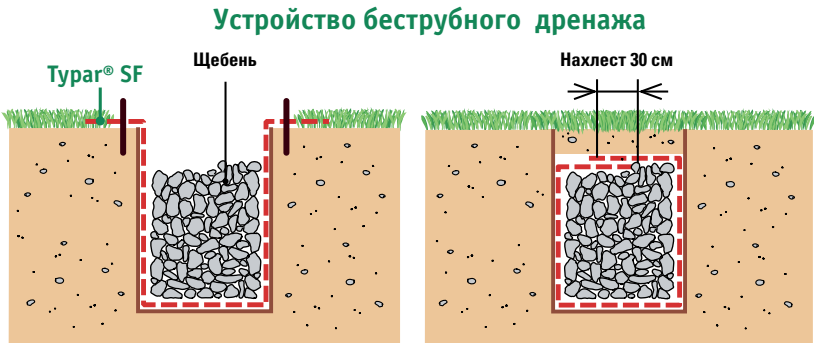


В современной практике возведения железных и автомобильных дорог применяется Turar® SF, который сокращает стоимость строительства, делает конструкцию более прочной и долговечной.

Turar® SF не позволяет насыпи проседать, «тонуть», перемешиваться, действуя как разделительно-фильтрационная мембрана.

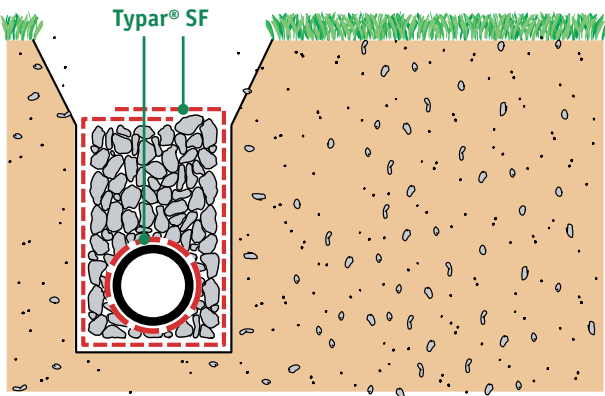
### 6.2. Дренажи, фундаменты и трубопроводы

#### Беструбные дренажи



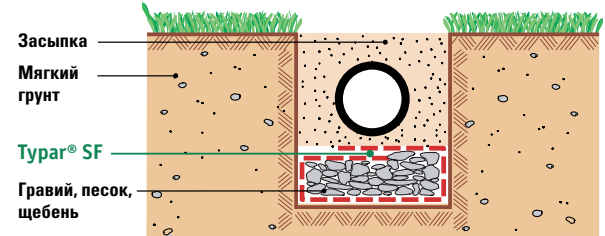
Благодаря своей высокой прочности и хорошей водопроницаемости при сохранении превосходной фильтрующей способности Turar® SF позволяет создавать простые и эффективные системы дренажей для отвода грунтовых и поверхностных вод.

Обернутые дренажные трубы



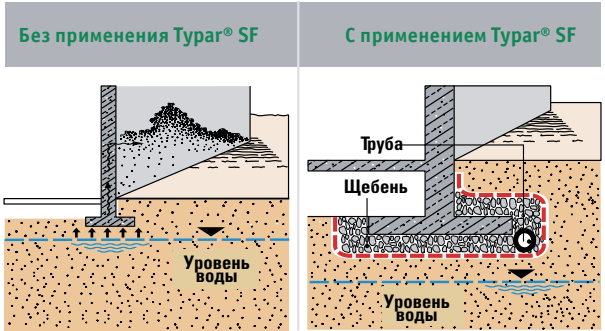
Дренажные системы из перфорированных труб служат намного дольше и будут более эффективны, если их предварительно обернуть материалом Turar® SF, что предотвратит заиливание трубы и щебеночного заполнителя.

Трубопроводы на слабых грунтах



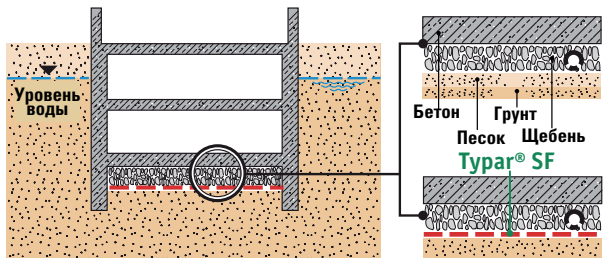
Подушка из зернистого материала, обернутая в геотекстиль Turar® SF, обеспечивает надежное основание под трубопроводом и предотвращает его осадку.

Прерывание попадания влаги в стены здания через фундамент



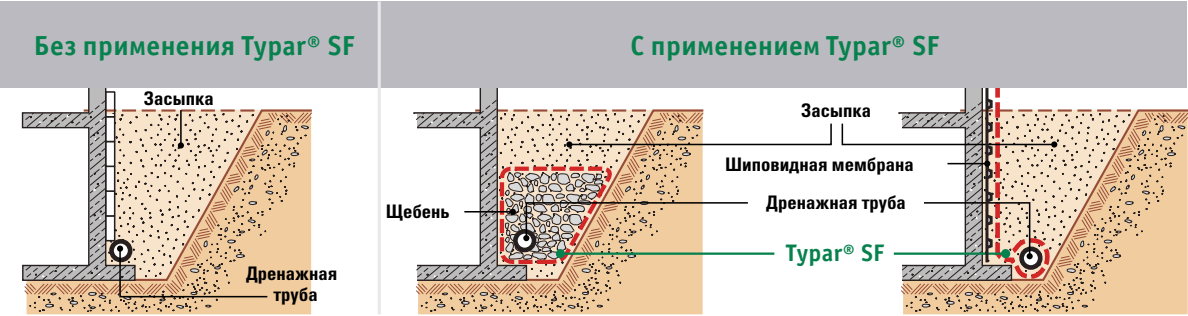
В мелкозернистых грунтах высокий уровень грунтовых вод и капиллярное поднятие вызывает увлажнение фундаментных стен и разрушение конструкции. Засыпка слоя щебня в оболочке из геотекстиля Turar® SF под основанием фундамента эффективно препятствует капиллярному подъему воды к стенам конструкции. Щебень при этом надежно защищен геотекстилем от загрязнения и смешивания с грунтом основания.

Дренаж фундамента



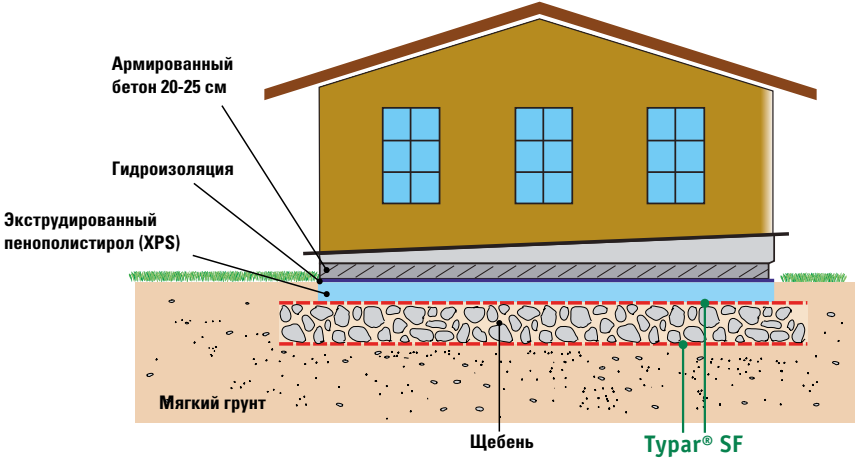
При использовании стандартного решения существует риск заиливания дренажного слоя и возникают сложности при монтаже во влажную погоду. В случае использования Turar® SF упрощается процесс монтажа, а дренажный слой надежно защищен от смешивания и загрязнения грунтами основания.

Дренаж фундаментных стен



Для защиты фундаментных стен от проникновения влаги создаются эффективные и простые в установке дренажи с использованием материала Turar® SF, который предотвращает проникновение мелких фракций грунта в дренажную полость (например, между Turar® SF и шиповидной мембраной), а также предотвращает заиливание дренажных труб.

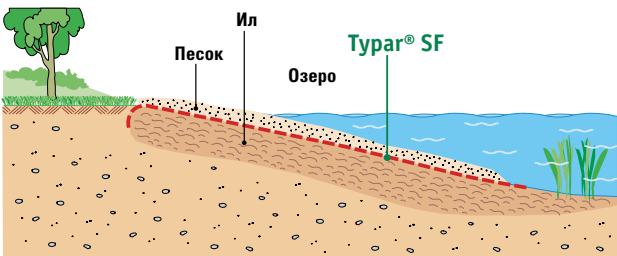
Плитный фундамент



При строительстве легких каркасных домов в качестве фундамента используется бетонная плита. Слой щеня под плитой выполняет функцию основания и дренажа. Утеплитель (XPS) предотвращает промерзание грунта под плитой и исключает пучинообразование. Нижний слой Turar® SF не позволяет щебню проседать («тонуть»), перемешиваться, загрязняться мелкими частицами грунта, действуя как разделительно-фильтрационная мембрана. Верхний слой Turar® SF защищает XPS от повреждений (продавливания щебня в XPS).

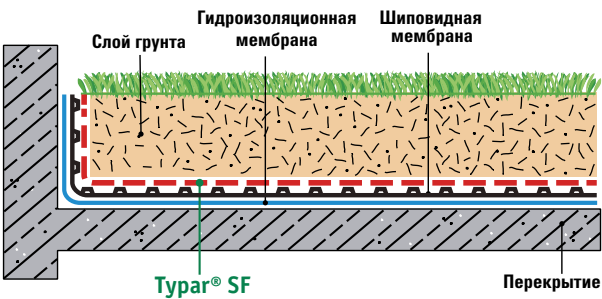
6.3. Водоемы и кровли

Искусственные пляжи



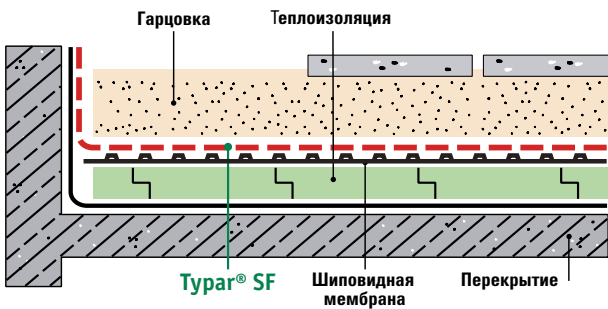
Turar® SF предотвращает потери песка в илистом грунте берегов водоема. В широтах, где зимой водоемы покрываются льдом, Turar® SF и песок можно уложить прямо на замерзшую поверхность. – При таянии льда они опустятся на дно водоема.

«Зеленые» кровли



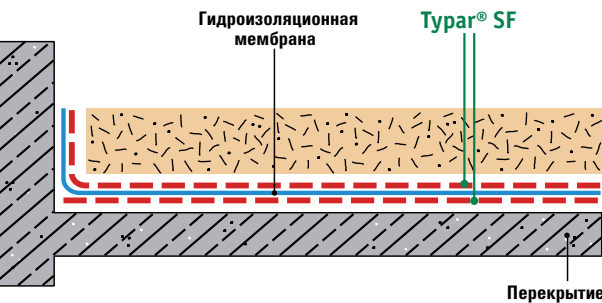
Турар® SF создает надежный дренажный слой (совместно с шиповидной мембраной) и предотвращает вымывание плодородного слоя грунта в дренаж.

Эксплуатируемые кровли



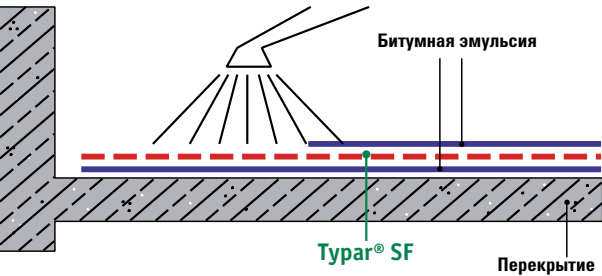
Турар® SF применяется в качестве фильтра для создания дренажного слоя (совместно с шиповидной мембраной). Турар® SF предотвращает загрязнение мелкими частицами дренажного слоя и распределяет нагрузку по площади шиповидной мембраны, что позволяет создавать надежные конструкции эксплуатируемых кровель.

Защита гидроизоляционной мембраны



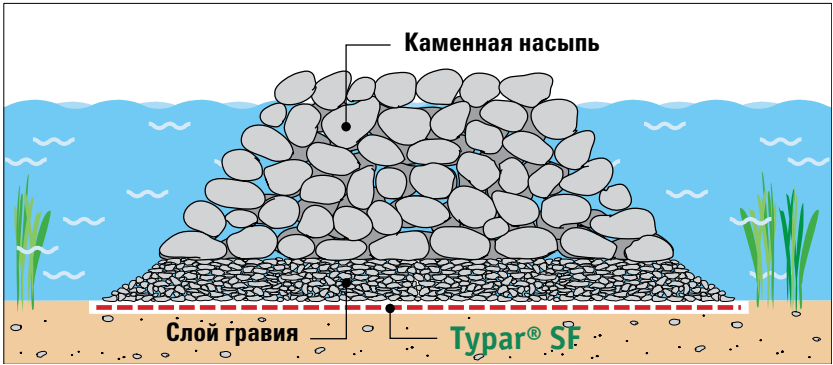
Турар® SF защищает гидроизоляционную мембрану от механических повреждений. Применение Турар® SF в качестве защиты сверху и снизу слоя гидроизоляции увеличивает ее надежность и срок службы.

Армирование напыляемых гидроизоляционных материалов



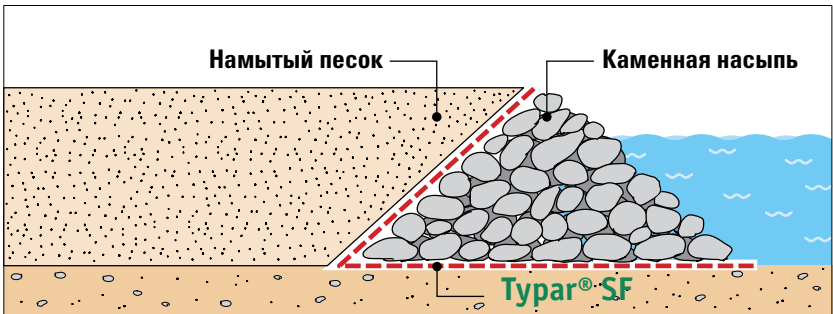
Турар® SF используется в качестве армирующего полотна при устройстве гидроизоляции из напыляемых гидроизоляционных материалов. Турар® SF обеспечивает повышенную прочность гидроизоляционного покрытия к механическим повреждениям и стабильность размеров при температурных воздействиях «на расширение/сжатие». Максимальная температура напыляемого материала при укладке не должна превышать 140 °С

Волнорезы и причалы на слабом морском дне



Разделительный слой Турар® SF предотвращает погружение каменной наброски в слабый грунт. Для защиты от повреждений геотекстиль Турар® SF сперва необходимо перекрыть каменным материалом меньшей фракции (не более 100 мм).

Расширение прибрежной полосы



Разделительно-фильтрационный слой Турар® SF не требует прокладки труб в намывной насыпи. Кроме этого, нет необходимости применять дорогие и сложные для установки дополнительные фильтрационные слои.



ПРИЛОЖЕНИЯ

<b>7.1. Стандартные методы испытаний</b>	<b>48</b>
7.1.1. Общие характеристики	48
7.1.2. Механические характеристики	48
7.1.3. Гидравлические характеристики	49
<b>7.2. Долговечность</b>	<b>49</b>
7.2.1. Устойчивость к окислению	49
7.2.2. Устойчивость к микроорганизмам	50
7.2.3. Устойчивость к химическим соединениям	50
<b>7.3. Типовое применение марок Турар® SF</b>	<b>52</b>
<b>7.4. Характеристики Турар® SF</b>	<b>53</b>

# ПРИЛОЖЕНИЯ

## 7.1. Стандартные методы испытаний

Поскольку геотекстиль изначально изготавливался в сфере текстильной промышленности, его свойства измерялись с использованием стандартов для текстильных изделий. Вскоре стало очевидно, что эти свойства и стандарты не связаны с таким применением геотекстилей, как, например, фильтрация и разделение.

Институты в различных странах разработали новое испытательное оборудование и методы испытаний, которые больше подходят для конечного использования геотекстильной продукции. Испытания на соответствие европейскому стандарту дают общую основу (см. 7.1.1-7.1.3) и применяются не только по всему Европейскому союзу, но и по всей Европе, а также гармонизированы со стандартами ISO (Международной организации по стандартизации).

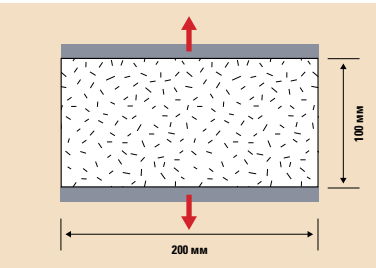
### 7.1.1. Общие характеристики

Эти свойства не являются показателями производительности геотекстильной продукции, а просто описывают физические свойства продукта.

Масса на единицу площади (EN 965) – масса, определяемая по весу небольших образцов известных размеров, которые были взяты по всей ширине и длине образца.

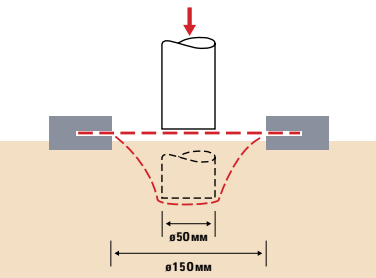
Толщина при указанном давлении (EN 964-1) – толщина геотекстиля, определяемая при давлении от 2 кПа до 200 кПа, что имитирует эксплуатацию геотекстильной продукции.

### 7.1.2. Механические характеристики



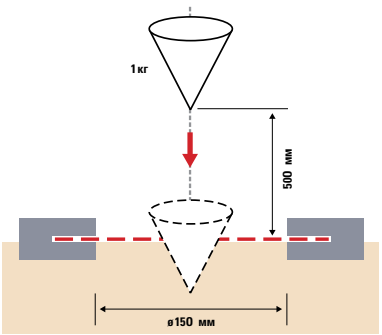
#### Испытание прочности на разрыв по ширине (EN ISO 10319)

Это испытание проводится для всех видов геотекстилей и георешеток на образце шириной 200 мм и длиной 100 мм. Продольная сила применяется к образцу до разрыва, при котором измеряются максимальная сила натяжения, относительное удлинение и энергия абсорбции. Этот тест аналогичен стандарту ASTM D4595. Основным различием между этим методом и другими, такими как DIN 53857, ASTM D1682 и т. д., является ширина образца или диапазон нагрузки.



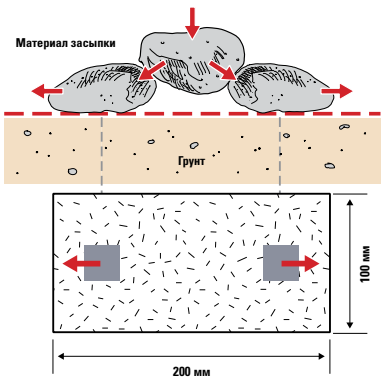
#### Испытание на статическое продавливание CBR (EN ISO 12236)

Статическое прокалывания CBR характеризует сопротивление геотекстиля пробиванию, который измеряют силой, необходимой для проталкивания плоской головки плунжера диаметром 50 мм через полотно. Статическое продавливание CBR характеризует способность геотекстиля противостоять локальным вертикальным нагрузкам, например, от каменного материала, без повреждения.



#### Конусное погружение (EN 918)

С расстояния 50 см в центр зафиксированного образца геотекстиля сбрасывается стальной конус весом 1 кг. Степень проникновения измеряется по диаметру отверстия. Данное испытание моделирует поведение геотекстиля во время сброса на него каменного материала или при резкой нагрузке.



#### Грейферная прочность (ASTM D4632)

Грейферная прочность характеризует сопротивление геотекстиля растяжению, возникающему в результате вертикального давления каменного материала, в результате которого каменный материал пытается сместиться в сторону. Данный параметр характеризует локальную передачу нагрузки от каменного материала на геотекстиль.

### 7.1.3. Гидравлические характеристики

#### Размер пор $O_{90w}$ (EN ISO 12956)

Размер пор  $O_{90w}$  характеризует размер отверстий, который позволяет меньшим частицам грунта проходить через геотекстильный материал, а большим задерживаться на его поверхности. Данный параметр необходим для того, чтобы рассчитать геотекстиль по критерию сдерживания грунта и по критерию незабивания фильтра (обеспечение условия, когда определенные частички грунта не вымываются из толщ грунта и не заиливают дренажный слой).

#### Водопроницаемость $V_{H50}$ (EN 11058)

Водопроницаемость  $V_{H50}$  характеризует скорость прохода потока воды в направлении, перпендикулярном плоскости геотекстиля при постоянной высоте водяного столба 50 мм. Данный параметр необходим для того, чтобы рассчитать геотекстиль по критерию водопроницаемости фильтра (геотекстиль должен быть достаточно водопроницаемым, чтобы обеспечить максимально свободное прохождение воды).

#### Водопроницаемость под нагрузкой (DIN 60500-4)

Данный показатель описывает скорость прохождения потока воды, направленного перпендикулярно к плоскости геотекстиля и проходящего через него (согласно DIN 60500-4 испытания проводятся при нагрузках 20 кН/м² и 200 кН/м²). Структура геотекстиля очень сильно влияет на водопроницаемость под нагрузкой. Как показывают результаты испытаний, водопроницаемость толстого (иглопробивного) геотекстиля значительно уменьшается под давлением по сравнению с термически скрепленным Tyrag® SF.

## 7.2. Долговечность

В процессе производства Tyrag® SF в полипропилен добавляются специальные стабилизаторы, которые увеличивают долговечность геотекстиля.

### 7.2.1. Устойчивость к окислению

Многочисленные испытания на старение показали, что срок службы геотекстиля Tyrag® SF значительно превышает срок 100 лет. Кроме того, в соответствии с требованиями маркировки CE, Tyrag® SF, согласно прогнозам, будет долговечным в течение не менее 100 лет во всех стандартных грунтах.

Устойчивость к окислению (prEN ISO 13438) – это:

- испытание в печи (**результат Тураг® SF – 100% остаточной прочности**);
- испытание на высокое давление (**результат Тураг® SF – 100% остаточной прочности**).

7.2.2. Стойкость к микроорганизмам

Тураг® SF произведен из 100% полипропилена, что делает его устойчивым к гниению и влаге.  
Сопrotивляемость к воздействию микробов Тураг® SF проводится в соответствии со стандартом EN 12225.  
**Результат Тураг® SF - 100%.**

7.2.3. Устойчивость к химическим соединениям

Испытания на устойчивость к химическим соединениям проводится в соответствии со стандартом EN 14030:

- метод А для кислотной среды (**результат Тураг® SF – 100% остаточной прочности**);
- метод В для щелочной среды (**результат Тураг® SF – 100% остаточной прочности**).

Вещество	Концентрация, %	Температура, °C	Время, часы/ месяцы	Влияние на Тураг® SF
Кислоты				
Уксус	100	20°	6 месяцев	Отсутствует
Хром	10	21°	10 часов	Отсутствует
Бромистоводородная кислота	10	21°	10 часов	Отсутствует
Соляная кислота	10	21°	1000 часов	Отсутствует
Соляная кислота	37	71°	10 часов	Отсутствует
Азотная кислота	10	99°	10 часов	Отсутствует
Азотная кислота	70	21°	10 часов	Отсутствует
Азотная кислота	95	21°	1000 часов	Значительное
Фосфорная кислота	85	21°	10 часов	Отсутствует
Серная кислота	60	99°	10 часов	Отсутствует
Серная кислота	96	21°	1000 часов	Отсутствует
Муравьиная кислота	100	20°	6 месяцев	Отсутствует
Соляная кислота	30	60°	6 месяцев	Отсутствует
Соляная кислота	30	100°	6 месяцев	Разложение
Серная кислота	98	20°	6 месяцев	Отсутствует
Серная кислота	98	60°	6 месяцев	Значительное
Серная кислота	98	100°	6 месяцев	Разложение
Щелочи				
Аммиак	30	20°	6 месяцев	Отсутствует
Аммиак	58	21°	1000 часов	Отсутствует
Гидроксид натрия	50	21°	6 месяцев	Отсутствует
Гидроксид натрия	50	21	6 месяцев	Отсутствует
Гипохлорид натрия	20	20°	6 месяцев	Отсутствует
Гипохлорид натрия	20	100°	6 месяцев	Значительное
Органические химикаты				
Ацетон	100	20°	6 месяцев	Отсутствует
Ацетон	100	56°	6 месяцев	Отсутствует
Бензол	100	21°	1000 часов	Отсутствует

Вещество	Концентрация, %	Температура, °C	Время, часы/ месяцы	Влияние на Тураг® SF
Бензол	100	20°	6 месяцев	Умеренное
Бензол	100	60°	6 месяцев	Значительное
Тетрахлорметан	100	20°	6 месяцев	Значительное
Циклогексан	100	20°	6 месяцев	Отсутствует
Циклогексан	100	60°	6 месяцев	Значительное
Этанол	96	20°	6 месяцев	Отсутствует
Этанол	96	60°	6 месяцев	Отсутствует
Этанол	96	81°	6 месяцев	Отсутствует
Этиленгликоль	100	20°	6 месяцев	Отсутствует
Этиленгликоль	100	60°	6 месяцев	Отсутствует
Диметилформамид	100	93°	10 часов	Отсутствует
Диметилформамид	100	153°	10 часов	Разложение
Диметилсульфоксид	100	93°	10 часов	Отсутствует
Бензин	100	20°	6 месяцев	Значительное
Льняное масло	100	20°	6 месяцев	Отсутствует
Льняное масло	100	60°	6 месяцев	Отсутствует
Метиленхлорид	100	20°	6 месяцев	Значительное
Перхлорэтилен	200	93°	10 часов	Значительное
Перхлорэтилен	250	121°	10 часов	Разложение
Раствор Стоддарда	100	93°	10 часов	Отсутствует
Трансформаторное масло	100	20°	6 месяцев	Отсутствует
Трансформаторное масло	100	60°	6 месяцев	Значительное
Трихлорэтилен	100	20°	6 месяцев	Значительное
Терпентин	100	100°	6 месяцев	Отсутствует
Метаксилен	100	93°	10 часов.	Отсутствует
Метаксилен	100	20°	6 месяцев	Значительное

7.3. Типовое применение марок Tyrap® SF

Сферы применения	Марки Tyrap® SF												
	SF20	SF27	SF32	SF37	SF40	SF44	SF49	SF56	SF65	SF77	SF85	SF94	SF111
Разделение/стабилизация													
Спортивные площадки	❖	❖		❖	❖	❖							
Промышленные полы									❖				
Парковки для легковых автомобилей			❖	❖		❖	❖						
Парковки для грузовых автомобилей							❖		❖	❖			
Лесные и подъездные дороги			❖	❖		❖	❖						
Подъездные дороги для тяжелого транспорта							❖		❖	❖			
Шоссе, автомагистрали			❖	❖	❖	❖		❖					
Дороги с малой загруженностью			❖	❖									
Насыпи > 2 м				❖	❖	❖	❖	❖					
Взлетно-посадочные полосы					❖		❖	❖	❖				
Железные дороги											❖	❖	❖
Молю, волнорезы, дамбы											❖	❖	❖
Фильтрация													
Дренажные системы	❖	❖		❖	❖								
Дренаж фундамента		❖	❖	❖									
Дренаж эксплуатируемой кровли				❖		❖	❖	❖					
«Французские» дренажи	❖	❖		❖	❖								
Дренаж «зеленой» кровли		❖		❖	❖								
Контроль эрозии													
Речные, озерные набережные			❖	❖	❖	❖		❖					
Морские набережные								❖	❖		❖	❖	
Морские берега – в открытое море								❖	❖		❖	❖	
Морские берега в залив				❖	❖	❖							
Защита от подмыва основы фундамента								❖	❖		❖	❖	
Полигоны захоронения													
Защита гидроизоляционных мембран									❖	❖	❖	❖	❖
Разделительное и фильтрац. покрытие			❖	❖		❖	❖						
Разделение и фильтрац. бока/дна					❖	❖	❖		❖				

	Наиболее часто применяемые марки
❖	Предлагаемые марки

7.4. Характеристики Tyrap® SF

Вид полимера	100% полипропилен, УФ-стабилизированный	Тип волокна	бесконечное волокно													
Плотность сырья	0,91 кг/м³	Диаметр волокна	40–50 мкм													
Температура плавления	165 °С	Тип упрочения	термическое													

Характеристики	Стандарт	Ед. изм.	Марки Tyrap®													
			SF 20	SF 27	SF 32	SF 37	SF 40	SF 44	SF 49	SF 56	SF 65	SF 70	SF 77	SF 85	SF 94	SF 111
Физические характеристики																
Поверхностная плотность	EN ISO 9864	г/м²	68	90	110	125	136	150	165	190	220	240	260	290	320	375
Толщина при нагрузке 2 кН/м²	EN ISO 9863-1	мм	0,35	0,39	0,43	0,45	0,47	0,48	0,49	0,57	0,59	0,65	0,65	0,73	0,74	0,83
Толщина при нагрузке 200 кН/м²	EN ISO 9863-1	мм	0,28	0,31	0,35	0,37	0,39	0,40	0,40	0,48	0,53	0,59	0,59	0,69	0,69	0,79
Механические характеристики																
Энергия абсорбции	EN ISO 10319	кДж/м²	1,0	1,8	3,0	3,6	3,7	4,5	5,8	5,8	7,4	8,2	8,6	9,8	11,4	13,0
Прочность на разрыв	EN ISO 10319	кН/м	3,4	5,0	7,0	8,5	9,0	10,3	12,6	13,1	16,5	16,7	20,0	21,3	25,0	30,0
Предельное удлинение	EN ISO 10319	%	35	40	45	52	52	52	52	52	55	55	55	55	55	55
Прочность при 5% удлинении	EN ISO 10319	кН/м	1,8	2,6	3,3	3,8	4,0	4,5	5,2	5,7	6,8	7,2	8,2	8,8	10,0	11,5
Продавливание CBR*	EN ISO 12236	Н	500	750	1000	1200	1250	1575	1800	1850	2350	2400	2900	3150	3500	4250
Конусное погружение	EN 918	мм	50	45	35	33	29	27	30	22	25	23	22	16	17	14
Грейферная прочность	ASTM D4632	Н	300	450	625	725	750	900	1050	1100	1400	1450	1680	1750	2050	2350
Прочность на раздир	ASTM D4533	Н	160	220	290	320	370	385	335	460	440	570	450	610	570	600
Гидравлические характеристики																
Размер пор O <sub>90w</sub>	EN ISO 12956	мкм	225	175	140	130	120	100	90	80	80	75	75	70	70	65
Скорость потока при высоте водяного столба 10 см	BS 6909-3	л/(м²*с)	240	175	110	80	75	70	50	60	35	40	23	30	15	15
Проницаемость V <sub>H50</sub>	EN ISO 11058	10³ мм/с	180	100	70	50	50	40	25	35	18	20	12	15	5	5
Водопроницаемость при нагрузке 20 кН/м²	DIN 60500-4	10⁻⁴ м/с	5,2	4,7	4,6	3,2	2,8	2,6	1,7	1,9	1,6	1,8	1,4	1,6	1,1	1,0
Водопроницаемость при нагрузке 200 кН/м²	DIN 60500-4	10⁻⁴ м/с	3,2	3,1	2,9	1,8	2,0	1,8	1,2	1,4	1,2	1,3	1,0	1,2	0,8	0,7
Геометрические характеристики																
Ширина рулона	-	м	4,50	5,20	5,20	5,20	5,20	5,20	5,20	5,20	5,20	5,20	4,50	4,50	4,50	4,50
Длина рулона	-	м	200	200	150	150	150	150	100	100	100	100	100	100	100	100
Площадь рулона	-	м²	900	1040	780	780	780	780	520	520	520	520	450	450	450	450

\*Эквивалент DIN 54307 и BS 6906-4



This image shows a full page of blank graph paper. The grid consists of small, uniform squares formed by thin, light gray lines. There are no margins, text, or other markings on the page.

This image shows a full page of blank graph paper. The grid consists of small, uniform squares formed by thin, light gray lines. There are no margins, text, or other markings on the page.

## This image shows a full page of blank graph paper. The grid consists of small, uniform squares formed by thin, light gray lines. There are no margins, text, or other markings on the page.



**Группа компаний EUROIZOL –  
официальный партнер DuPont и эксклюзивный  
поставщик Typar® SF в Украине**



## Техническое руководство Typar® SF

г. Киев, вул. Бориспольская, 7-а  
+38 044 230 22 33  
+38 044 566 73 37

Консультации, проектирование  
+38 050 566 78 78  
consulting@mizol.com

[www.mizol.ua](http://www.mizol.ua)  
[www.geosvit.com.ua](http://www.geosvit.com.ua)  
[www.typar.com.ua](http://www.typar.com.ua)