

# Retic Systems

FILL SAFE FILL SMART

## STOPE FILL 1.2

Руководство пользователя

Разработано: Д Коултоном и Л Уолл

# Retic Systems

Retic Systems — инженерно-консалтинговая компания в горнодобывающей промышленности, специализирующаяся на проектировании и эксплуатации систем обратной засыпки. Мы используем собственные программные пакеты для упрощения процесса проектирования и оптимизации затрат. Кроме того, мы разрабатываем интегрированные в SCADA системы для мониторинга ретикуляции в режиме реального времени.

Компания была основана Дэйвом Коултоном, обладающим более чем пятилетним опытом проектирования и поддержки систем обратной засыпки в Европе, Азии и Африке. Дэйв имеет образование горного инженера и глубоко понимает проблемы связанные с подземной добычей. За время работы в отрасли он установил прочные связи с инженерами, разработчиками программного обеспечения для проектирования шахт и операторами установок, что позволяет ему обладать глубоким пониманием текущих потребностей и сложностей, связанных с реализацией обратной засыпки в горнодобывающей промышленности.

## Услуги

Компания Retic Systems предлагает четыре уникальных пакета услуг, каждый из которых направлен на решение операционных и проектных задач, связанных с сетями ретикуляции для гидравлических и пастообразных систем засыпки.

### Retic Router (Инструмент для Сетей Ретикуляции)

Запатентованный в скором времени пакет для проектирования и управления системой ретикуляции, который создает оптимизированную разветвленную сеть для доставки засыпки от поверхностной обогатительной фабрики ко всем подземным очистным забоям. Используя пространственные данные проекта шахты, программное обеспечение находит наилучшую сеть, соединяющую все очистные забои. Retic Router учитывает как капитальные затраты (покупка и установка труб), так и операционные расходы, обеспечивая доставку засыпки с минимальными удельными затратами на протяжении всего срока службы шахты.

### Stope Fill

Stope Fill — это бесплатный инструмент для анализа и проектирования засыпки, разработанный компанией Retic Systems. Он представляет собой легкую 3D-среду, обеспечивающую визуализацию и настройку проектов засыпки в реальном времени.

С помощью Stope Fill вы можете выбрать методику анализа напряжений, проанализировать откос и рассчитать требуемую прочность. Программа позволяет легко заполнять крышки и

заглушки— достаточно указать их толщину и необходимую прочность. Также можно установить предел сжижения для определения минимальной прочности.

Stope Fill разделяет откос на отдельные заливки, оптимизируя использование вяжущего для каждого сегмента. Программа рассчитывает объемы заливки и нормы дозировки связующего для каждого сегмента, обеспечивая составную заливку с максимальной эффективностью.

## Активный Мониторинг Ретикуляции

Для определения ослабления потока в системе обычно требуются точные гидравлические модели и данные обследования трубопровода, что является сложной задачей из-за высокой динамичности горных работ. К тому же передача результатов этих моделей операторам системы затруднена, так как она требует одновременного мониторинга десятков значений датчиков давления.

Мы предлагаем решения, которые не зависят от точных данных обследования или реологических моделей. Эти решения автоматизируют процесс обнаружения ослабления потока, используя данные датчиков давления непосредственно в системе SCADA.

## Картирование Материалов

Наш подход к проектированию и тестированию материалов основывается на глубоком понимании вариативности вашего процесса. Мы сопоставляем ваш материал с многомерной функцией плотности вероятности, которая определяет прочность и реологические свойства засыпки на всём рабочем диапазоне. Проведя оптимизированную и целенаправленную кампанию испытаний, мы разрабатываем статистические модели, описывающие изменения каждого параметра технологического процесса, влияющего на засыпку.



# Contents

- Retic Systems ..... 1
- Услуги ..... 1
  - Retic Router (Инструмент для Сетей Ретикуляции)..... 1
  - Stope Fill..... 1
  - Активный Мониторинг Ретикуляции..... 2
  - Картирование Материалов ..... 2
- 1. Что Такое Stope Fill?..... 4
  - 1.1. Почему Мне Стоит Использовать Stope Fill?..... 4
  - 1.2. Отказ от Ответственности и Ответственность Пользователей ..... 4
- 2. Импорт Моделей ..... 5
- 3. Проектирование Очистного Забоя ..... 7
  - 3.1. Разрешение Растра..... 7
  - 3.2. Модель Навигации ..... 8
  - 3.3. Показать Сетку ..... 9
  - 3.4. Показать Модели Очистного Забоя ..... 9
  - 3.5. Анализ Напряжений ..... 9
  - 3.6. Тепловая Карта ..... 9
  - 3.7. Персонализация Дизайна Очистного Забоя..... 10
    - 3.7.1. Свойства Засыпки ..... 11
    - 3.7.2. Заливка Крышки и Заглушки ..... 12
    - 3.7.3. Гарантии Дизайна..... 12
    - 3.7.4. Ориентация Экспозиции ..... 12
- 4. Дизайн Заливки ..... 13
  - 4.1. Настройка Заливки ..... 14
    - 4.1.1. Размер Заливки..... 15
    - 4.1.2. Угол Наклона Пляжа ..... 15
    - 4.1.3. Дозировка Вяжущего..... 15
  - 4.2. План Композитной Заливки..... 16

# 1. Что Такое Stope Fill?

Stope Fill — это бесплатное настольное приложение, разработанное компанией Retic Systems, для упрощения процесса проектирования и заливки засыпки. Модели очистных забоев можно импортировать из вашего предпочитаемого программного обеспечения для проектирования шахт.

После выбора методики анализа напряжений, Stope Fill автоматически оценивает ваш забой, чтобы определить минимальные требования к его прочности. Конструкция очистного забоя может быть настроена индивидуально, включая заполнение крышки и заглушки, а также установку предел сжижение. По завершении проектирования откоса, Stope Fill разработает план композитной заливки, основной целью которого является минимизация использования цемента при сохранении стабильнос. Проект заливки также можно адаптировать к требованиям заказчика, задавая переменные параметры, такие как местоположение заливки, минимальный размер порции и угол наклона плажа.

## 1.1. Почему Мне Стоит Использовать Stope Fill?

Stope Fill разработан для предоставления всех необходимых инструментов и данных для начала проектирования обратной засыпки. Переход от единой однородной заливки к композитной значительно снижает стоимость засыпки. Stope Fill делает этот процесс простым и интуитивно понятным, позволяя настроить его под ваши нужды. Программа предоставляет сводку по каждой засыпке с подробной информацией о необходимой дозировке и объеме вяжущего вещества, готовую для передачи операторам завода.

## 1.2. Отказ от Ответственности и Ответственность Пользователей

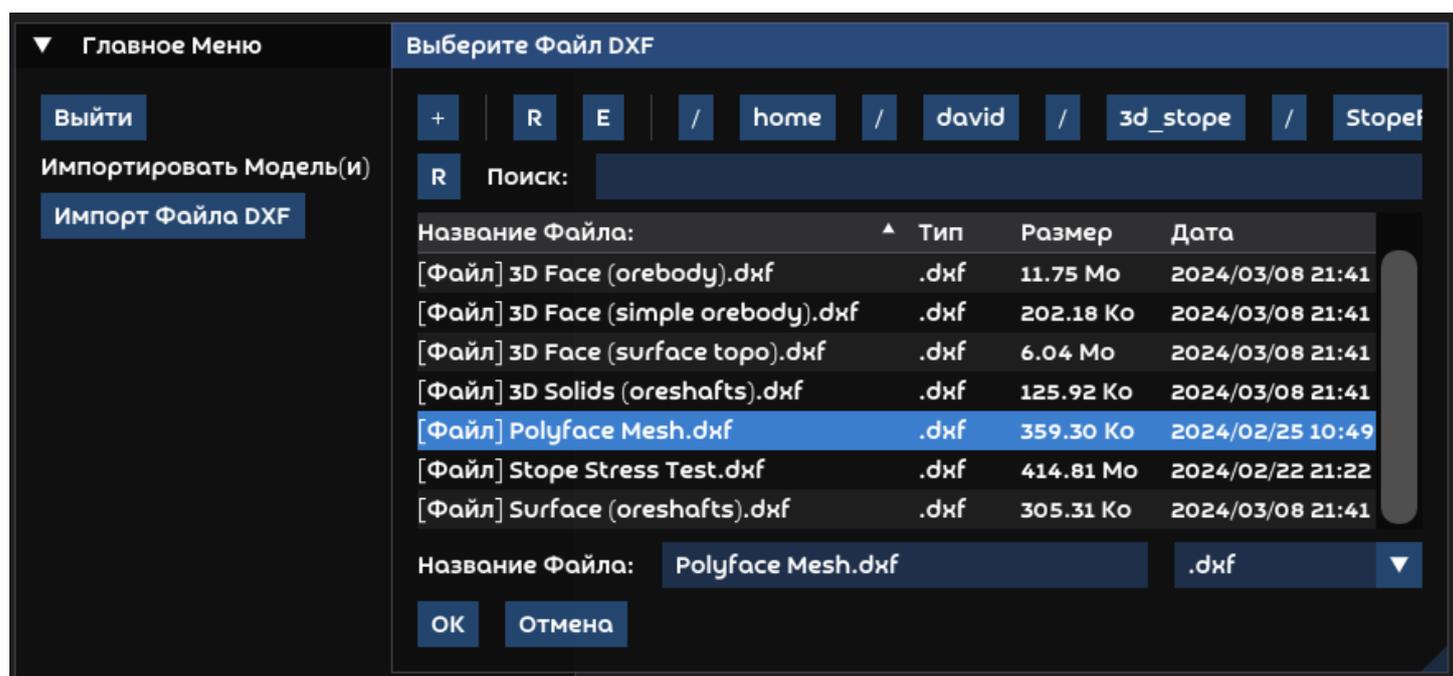
Stope Fill - это инструмент для оценки. Проекты, разработанные с помощью Stope Fill, должны быть проверены и подписаны аккредитованным инженером-геотехником перед внедрением в производственную среду.

Расчеты Stope Fill расчеты по заполнению откосов учитывают вертикальное обнажение в некондиционном массиве горных пород, для зон с ограничивающими напряжениями или горизонтальных зон засыпка откосов НЕ применяется

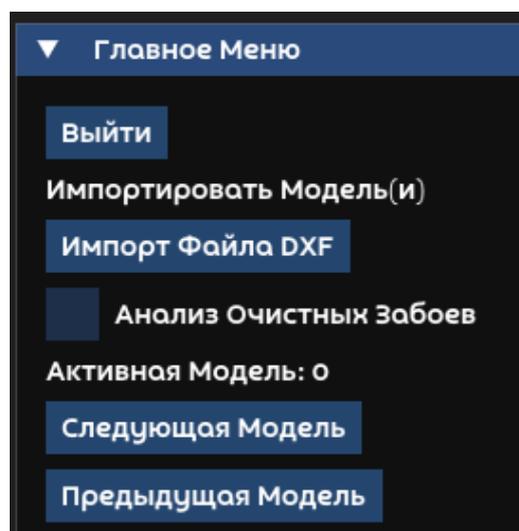
Используя Stope Fill, Приступая к работе, вы соглашаетесь снять всю ответственность перед Retic Systems за любые ошибочные проекты или убытки, возникшие в результате несоблюдения данного руководства.

## 2. Импорт Моделей

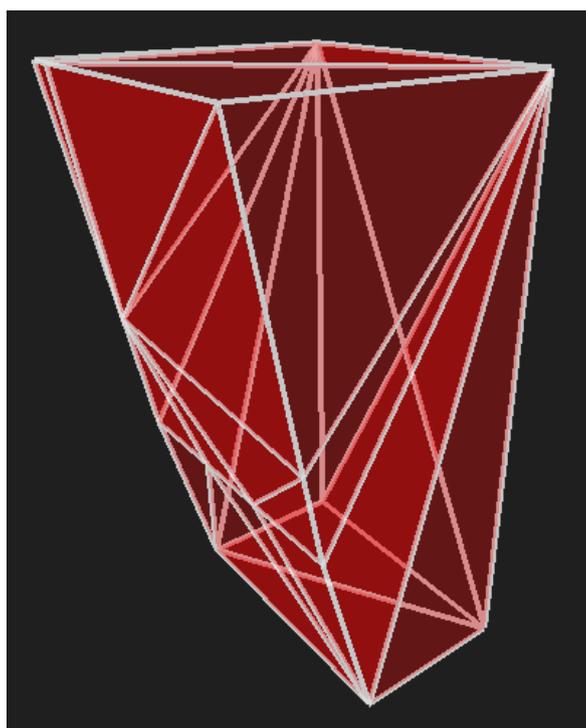
Stope Fill позволяет импортировать файлы в формате DXF, который легко экспортируется из всех пакетов проектирования шахт. При нажатии на кнопку «Импорт Файлы DXF» открывается окно просмотра файлов, где можно выбрать файл DXF для импорта. Файл DXF может содержать от одного до тысячи и более объектов забои и Stope Fill обрабатывает данные, выделяя каждый объект для индивидуального анализа.



Если вы импортировали несколько очистных забоев, вы можете переключаться между моделями с помощью кнопок «Следующая модель» и «Предыдущая модель», пока не найдете очистной забой, для которого хотите разработать дизайн обратной засыпки.

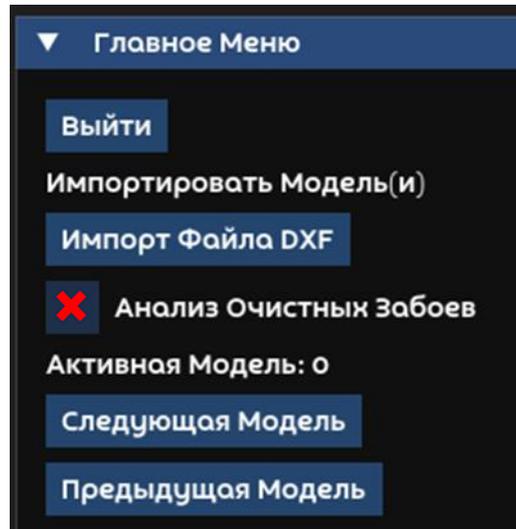


Импортированные объекты отображаются в виде поверхностной и каркасной моделей, где поверхности окрашены красным, а края выделены белым. Модель можно вращать, удерживая правую кнопку мыши и перетаскивая её в нужном направлении.



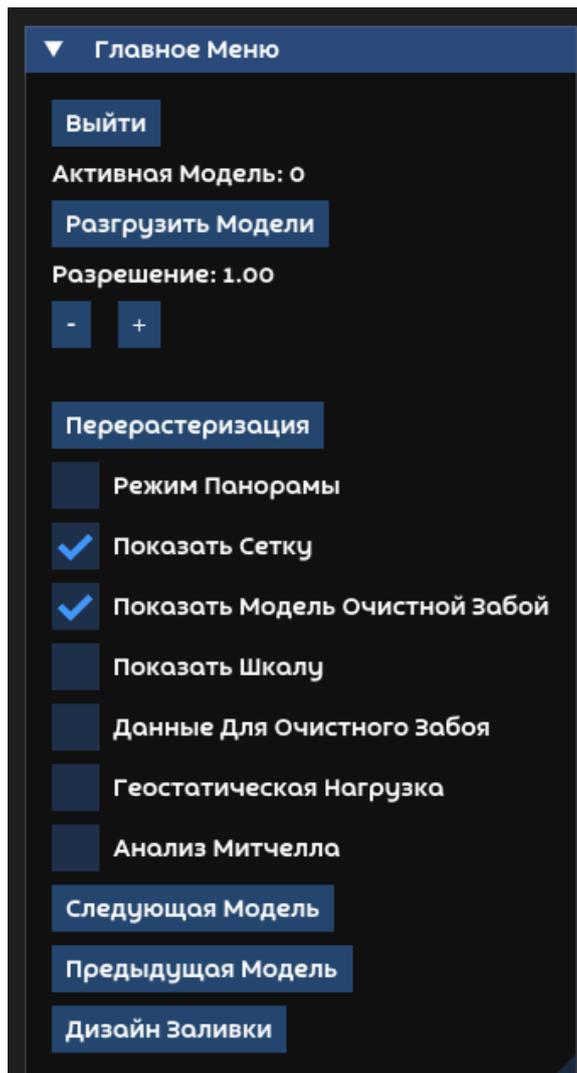
## 3. Проектирование Очистного Забоя

После того как вы найдете забой, который хотите спроектировать, начните процесс, установив чек-бокс «Анализ Очистных Забоев».



### 3.1. Разрешение Растра

При входе в режим проектирования очистного забоя в главном меню будут доступны дополнительные опции. Первым параметром является инкрементор "-" и "+", позволяющий настраивать переменное разрешение растра. Разрешение определяет размер заполненных вокселей (кубов), созданных Stope Fill для представления твердых тел очистного забоя. Меньшее разрешение обеспечивает более точное определение объемов заливки и расширяет возможности оптимизации для систем с жестким контролем обратной засыпки. Для внесения изменений в разрешение нажмите "Перерастертзация". Обратите внимание, что разрешение не должно быть менее 0,5 метра. Это может привести к увеличению времени загрузки (1-2 минуты) при очень больших объемах забоя (>50 000 м<sup>3</sup>) при проектировании конструкции заливки.



## 3.2. Модель Навигации

Режим панорамирования можно включать и выключать, устанавливая или снимая флажок. Когда режим панорамирования активен, вы можете перемещать модель по вертикали или горизонтали относительно экрана, удерживая левую кнопку мыши и перетаскивая её в нужном направлении.

Увеличивайте и уменьшайте масштаб модели, нажимая «Ц» во время прокрутки колесиком мыши.

Нажатие 'Левый Shift' + 'Ц' во время прокрутки позволяет сдвигать модель вверх и вверх по оси Z (высота).

'Левый Shift' + 'M' можно использовать для сброса вида на модель по умолчанию, если вы заблудились.

### 3.3. Показать Сетку

Опция "Показать Сетку" включает и выключает отображение границ вокселей заливки. Эта функция особенно полезна в режиме "Проектирование Заливки".

### 3.4. Показать Модели Очистного Забоя

Опция "Показать Модели Очистного Забоя" позволяет включать и выключать отображение оригинальной модели очистного забоя (красные поверхности). Одновременное отображение модели очистного забоя и вокселей заливки обеспечивает визуальную проверку точности Stope Fill.

### 3.5. Анализ Напряжений

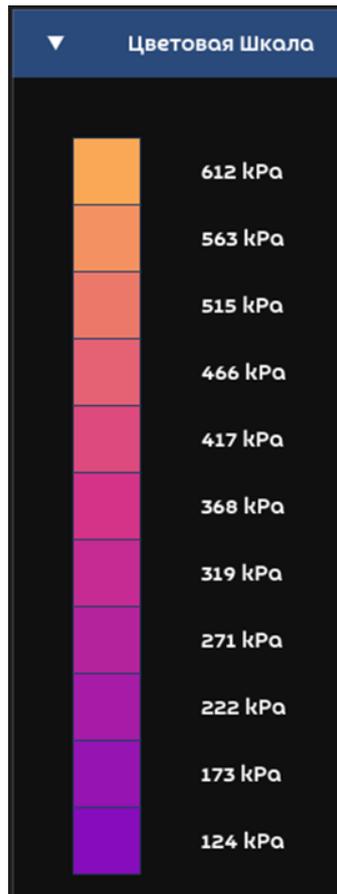
В Stope Fill доступны две методики анализа напряжений: "Геостатическая нагрузка" и "Анализ Митчелла". Эти методики взаимоисключающие, и одна из них должна быть выбрана перед переходом к этапу "Проектирование заливки".

Геостатическая нагрузка применяет консервативное напряжение =  $\rho gh$  к вокселям (где  $h$  — глубина ниже поверхности).

Анализ Митчелла выполняет анализ фрикционного скольжения блока, как описано в работе Mitchell et al. 1982. Подробности о расчетах можно найти в документе Stope Fill дополнительную информацию.

### 3.6. Тепловая Карта

После выбора методики анализа напряжений Stope Fill автоматически кодирует цветом каждый воксель в зависимости от оценочного напряжения в этом вокселе. Легенду тепловой карты можно включить и выключить для просмотра напряжения для каждого цвета. Цвета назначаются по континууму, и тепловая карта отображает только 10-й перцентиль этого континуума.



Обратите внимание, что если не выбрана методика анализа напряжений, построение будет неверным.

### 3.7. Персонализация Дизайна Очистного Забоя

Для настройки дизайна очистного забоя или изменения параметров методик анализа напряжений перейдите в раздел "Дизайн Очистного Забоя", это откроет новое окно под названием "Данные для Очистного Забоя". В этом окне представлена сводка характеристик очистного забоя, включая его расположение, объем, размер и ориентацию (азимут в градусах для каждого), а также несколько опций для настройки дизайна очистного забоя.

Отрегулируйте параметры дизайна очистного забоя в соответствии с вашими специфическими потребностями. Значения можно установить, перемещая ползунок или вводя точные значения. Примените любые изменения, нажав кнопку "Обновить Изменения В Очистного Забоях". Изменения должны немедленно отразиться в раскраске вокселей модели очистного забоя.

▼ Данные Для Очистного Забоя

Центр Очистного Забоя: 2781.5, 990.3, -613.5  
 Ширина: 13.0 | Длина: 13.0 | Высота: 26.0  
 Поперечная Грань Нормальная: 0.0  
 Продольная Грань Нормальная: -90.0  
 Объем: 4134.0

<input type="checkbox"/>	2.000	Плотность Пасты
<input type="checkbox"/>	10.000	Угол Внутреннего Трения
<input type="checkbox"/>		Крышка Заливки
<input type="checkbox"/>	0.000	Толщина Крышки
<input type="checkbox"/>	0.000	прочности Крышки
<input type="checkbox"/>		Подключите Заливку
<input type="checkbox"/>	0.000	Толщина Заглушки
<input type="checkbox"/>	0.000	Прочность Заглушки
<input type="checkbox"/>		Минимум Сжижения
<input type="checkbox"/>	0.000	Прочность При Сжижении
<input type="checkbox"/>	1.200	Коэффициент Безопасности
<input type="checkbox"/>		Поперечная Экспозиция
<input type="checkbox"/>		Продольная Экспозиция

Обновить Изменения В Очистного Забоях

### 3.7.1. Свойства Засыпки

Плотность и внутренний угол трения засыпки могут быть настроены, они влияют на расчеты методики анализа напряжений и, следовательно, на требуемую прочность для каждого вокселя. Внутренний угол трения влияет только на методику анализа Митчелла.

### 3.7.2. Заливка Крышки и Заглушки

Заливка крышки и заглушки легко включается и выключается, установив соответствующий флажок. Толщина и прочность для каждой из них могут быть настроены независимо. Встроенные проверки сравнивают результаты анализа напряжений с требованиями к заливке крышки заглушки и выбирают наиболее нагруженный вариант.

### 3.7.3. Гарантии Дизайна

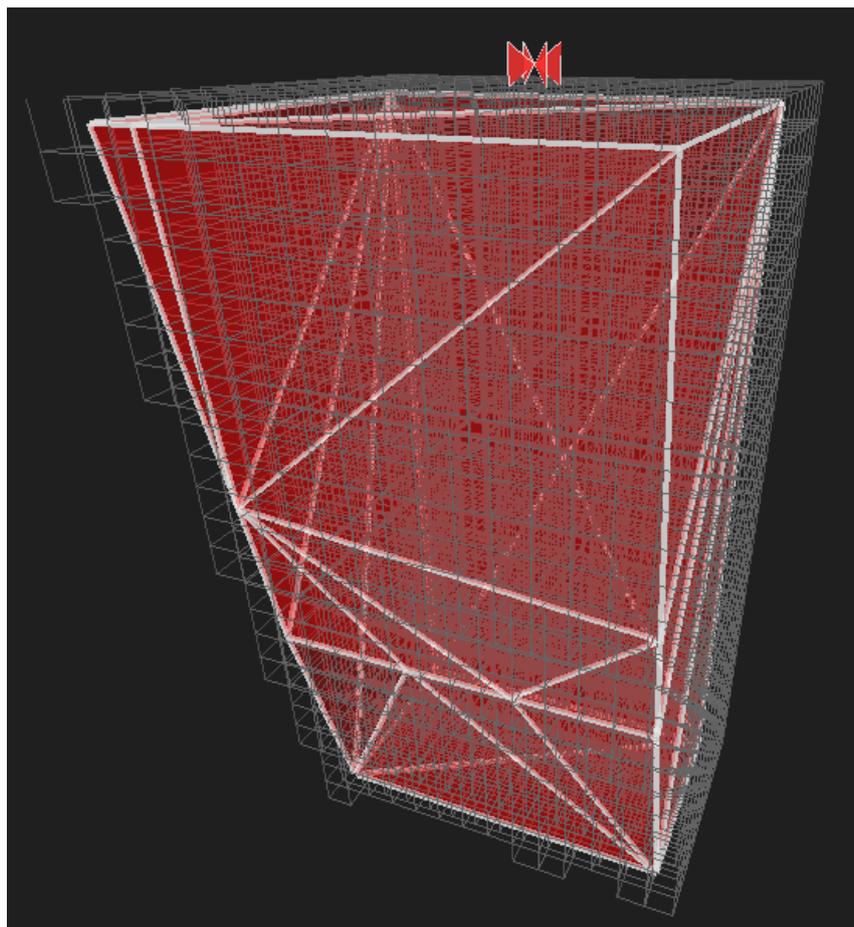
Минимальное требование к прочности может быть определено путем активации "Минимум Сжижение" и установки прочность на разжижение. Коэффициент надежности, используемый в методиках анализа напряжений, также может быть отрегулирован в соответствии с вашими предпочтениями.

### 3.7.4. Ориентация Экспозиции

При проведении анализа Митчелла на не квадратных очистных забоях, ориентация экспозиции может значительно влиять на требования к прочности. Поэтому очень важно правильно выбрать открытую скальную поверхность. Если вы экспонируете в обе стороны, следует использовать наиболее нагруженное направление.

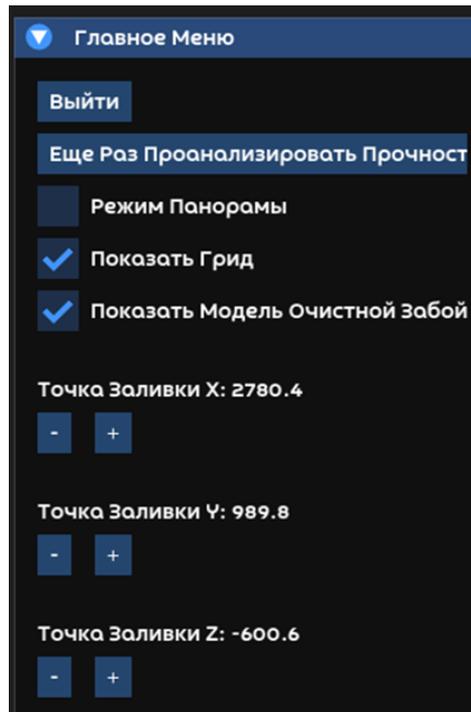
## 4. Дизайн Заливки

После завершения проектирования очистного забоя, для перехода в режим проектирования заливки нажмите кнопку "Дизайн Заливки" в главном меню. Пространство модели затем обновится, освободив воксели и оставив только сетку и объект очистного забоя (если вы установили их видимыми).



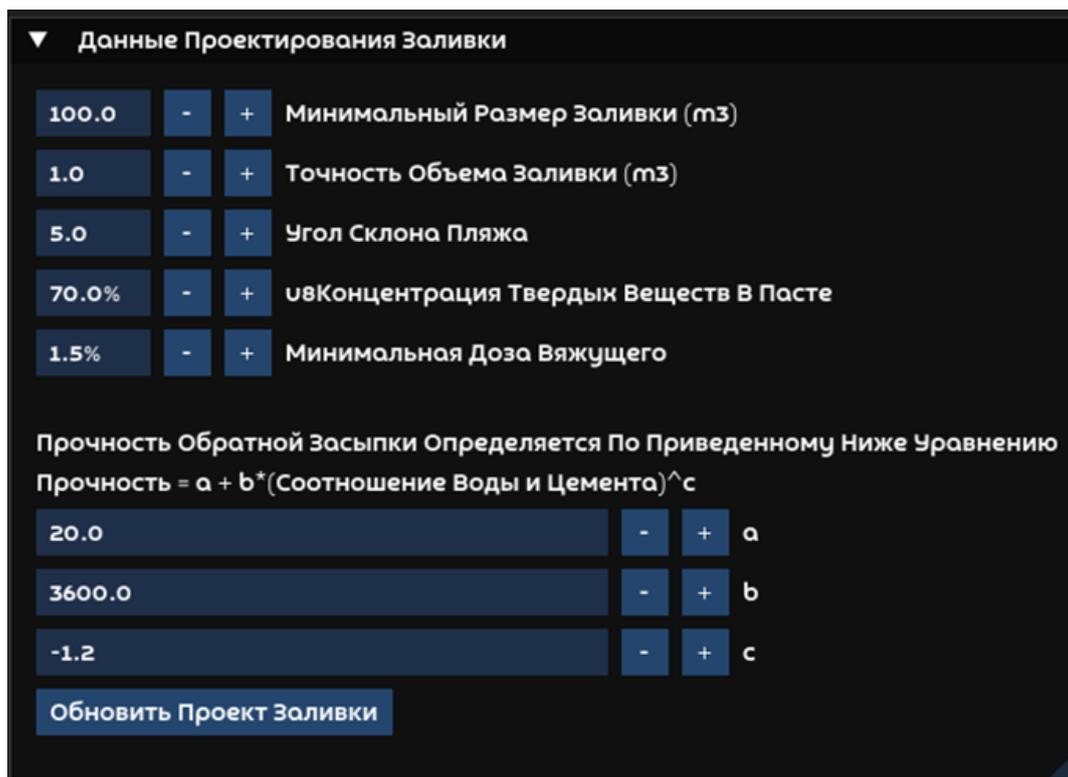
На главном экране вы можете настраивать положение точки залива (точки выпуска ретикуляции), которая обозначается красным флагом на вершине очистного забоя. Позиционирование точки залива может быть критическим шагом при оптимизации композитного залива, особенно при работе с крутыми углами наклона пляжей и длинными/широкими очистными забоями.

Если вы хотите вернуться в режим проектирования очистного забоя, чтобы отрегулировать дизайн или переключиться на другой очистной забой, нажмите "Еще Раз Проанализировать Прочность".



## 4.1. Настройка Заливки

При входе в режим проектирования заливки откроется новое окно, где вы можете настроить несколько параметров для управления тем, как Stope Fill будет генерировать план композитной заливки.

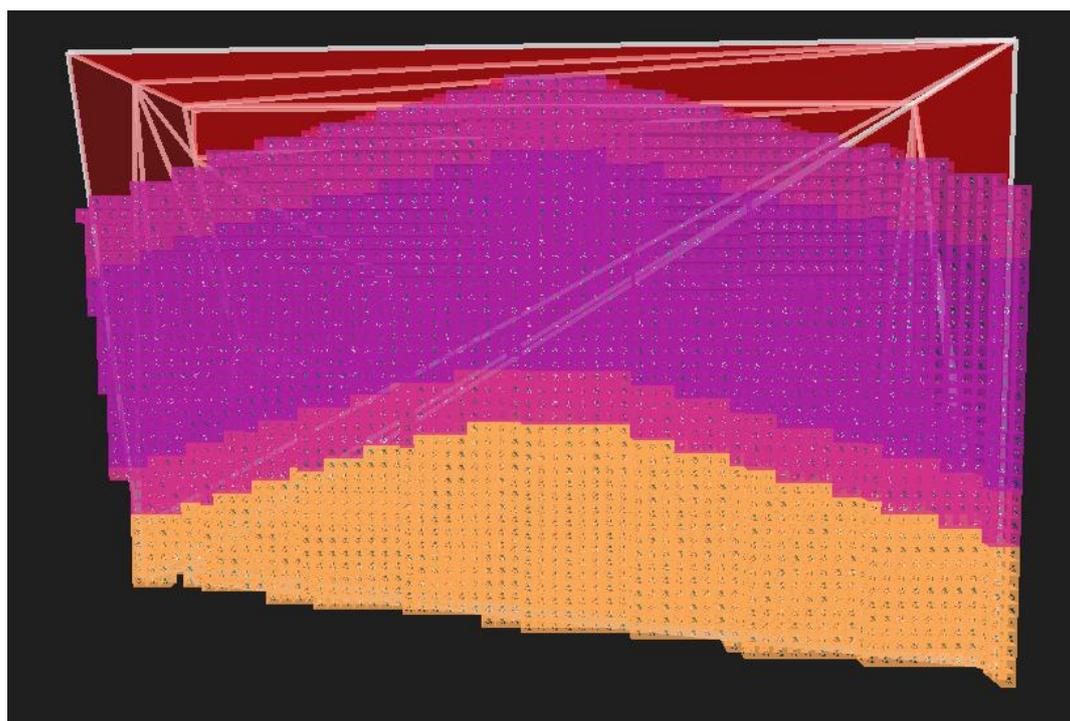


### 4.1.1. Размер Заливки

Можно установить минимальный размер заливки, что определяет количество сегментов (этапов заливки), которые Stope Fill создаст. Точность объема заливки отражает точность контроля на вашем заводе. Например, если вы измеряете объем пасты с точностью до  $10 \text{ м}^3$ , то установка точности объема заливки на  $10 \text{ м}^3$  обеспечит дополнительные  $10 \text{ м}^3$  запаса для каждого сегмента заливки.

### 4.1.2. Угол Наклона Пляжа

Угол наклона пляжа значительно влияет на последовательность заполнения очистного забоя и на план композитной заливки. Крутые углы наклона пляжа могут привести к частичному заполнению больших очистных забоев. Наложите модель очистного забоя или сетку, чтобы увидеть последствия этого.



### 4.1.3. Дозировка Вяжущего

Требуемая дозировка вяжущего рассчитывается с использованием указанной вами концентрации твердых частиц и функции прочности соотношения В/Ц (вода/цемент), показанной ниже, с возможностью настройки констант для соответствия вашему материалу. Кроме того, можно задать минимальную дозировку вяжущего, если это необходимо.

$$\text{Прочность (kPa)} = a + b \times \text{ВЦ Соотношение}^c$$

## 4.2. План Композитной Заливки

После настройки параметров проектирования заливки нажмите "Обновить Проект Заливки", и Stope Fill составит последовательный и оптимизированный план заливки очистного забоя (для очень больших очистных забоев и низкого разрешения это может занять 1-2 минуты). После завершения сегментации заливки откроется новое окно "Композитной План Заливки". В этом окне представлена разбивка композита каждого сегмента, необходимого для заполнения очистного забоя. Состав сегментов разработан так, чтобы соответствовать геотехническим требованиям, при этом минимизируя использование вяжущего для всего очистного забоя. Каждый сегмент можно включать и выключать для визуальной проверки плана композитной заливки.

▼ Композитный План Заливки				
Общая Заливка	Объем: 4134.0	Прочность (kPa): 432.0	вяжущие (%): 6.2%	вяжущие (t): 540.5
<input checked="" type="checkbox"/> Заливка 1:	Объем: 118.0	Прочность (kPa): 892.2	Вяжущие (%): 11.9%	вяжущие (t): 29.6
<input checked="" type="checkbox"/> Заливка 2:	Объем: 126.0	Прочность (kPa): 857.9	Вяжущие (%): 11.5%	вяжущие (t): 30.5
<input checked="" type="checkbox"/> Заливка 3:	Объем: 126.0	Прочность (kPa): 823.6	Вяжущие (%): 11.1%	вяжущие (t): 29.5
<input checked="" type="checkbox"/> Заливка 4:	Объем: 126.0	Прочность (kPa): 789.3	Вяжущие (%): 10.7%	вяжущие (t): 28.4
<input checked="" type="checkbox"/> Заливка 5:	Объем: 140.0	Прочность (kPa): 754.9	Вяжущие (%): 10.3%	вяжущие (t): 30.4
<input checked="" type="checkbox"/> Заливка 6:	Объем: 140.0	Прочность (kPa): 720.6	Вяжущие (%): 9.9%	вяжущие (t): 29.2
<input checked="" type="checkbox"/> Заливка 7:	Объем: 140.0	Прочность (kPa): 686.3	Вяжущие (%): 9.5%	вяжущие (t): 28.0
<input checked="" type="checkbox"/> Заливка 8:	Объем: 140.0	Прочность (kPa): 652.0	Вяжущие (%): 9.1%	вяжущие (t): 26.8