

## ИНЪЕЦИРОВАНИЕ ГРУНТОВ ИЗ ТОННЕЛЯ РАСТВОРАМИ

*Ларченко Александр Васильевич, магистрант 2-ого курса  
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск  
(Научный руководитель - Бойко И.Л., канд. техн. наук, доцент)*

Инъекционное закрепление грунтов наиболее эффективный метод усиления грунтов. Применение его для усиления и упрочнения массива грунта за пределами обделки позволяет снизить расходы материалов и существенно улучшать его несущую способность. Однако методы инъектирования, применяемые растворы для инъекции недостаточно изучены и требуют существенной доработки. Это обуславливает **актуальность темы**.

Для укрепления грунтов используются различные виды и рецептуры инъекционных растворов. Вид раствора определяется материалом, на основе которого его приготавливают, рецептура – различными компонентами, добавками, улучшающими и регулирующими свойства раствора.

Для дополнительной защиты железнодорожных путей, платформ от возможных деформаций и просадок грунта при проходке тоннелей (с учетом, в том числе того, что деформации могут дойти до существующей поверхности с течением некоторого времени) выполняется инъектирование грунтов при проходке.

Сущность способа инъектирования заключается в следующем:

1. В лоб верхней части забоя через деревянную крепь под углом  $20^\circ$  к продольной оси щита по радиусам 2,7 м и 2,6 м погружают (забивают отбойными молотками) инъекторы длиной 3,5 м (17 штук) и 4,0 м (16 штук) соответственно. (Рис. 1). Инъекторы по радиусам забивают в шахматном порядке. Шаг забивки инъекторов по обоим радиусам составляет  $8^\circ$  (по радиусу 2,7 м шаг забивки  $\sim 0,377$  м, по радиусу 2,6 м шаг забивки  $\sim 0,363$  м). Шаг заходов забивки инъекторов в продольном направлении тоннеля составляет 2 м. Для пропуска инъекторов в деревянной крепи сверлят отверстия диаметром 34 мм.

2. После забивки в забое инъектора производят нагнетание цементного раствора на участке инъектора в 2 метра с последовательным извлечением инъектора по 0,5 м (за 4 раза по 25 л за раз). Объем закачиваемого раствора составляет 100 литров для инъекторов длиной 3,5-4 м. После окончания инъектирования инъектор извлекают. (Рис. 1).

3. После первичного нагнетания производят забивку инъекторов длиной 1,8 м, в каждое кольцо обделки вышедшее из щита, для устройства компенсационного инъектирования. Для чугунной тубинговой обделки забивку инъекторов (в двух местах на 1 кольцо) производят в два верхних отверстия для нагнетания.

4. После забивки в кольцо обделки инъектора производят компенсационное нагнетание цементного раствора на участке инъектора в 1,5 метра с

последовательным извлечением иньектора по 0,5 м (за 3 раза по 16,6л за раз). Объем закачиваемого раствора составляет 50 литров для иньекторов длиной 1,8 м. После окончания иньецирования иньектор извлекают.

5. Давление нагнетания 0,3-0,4 МПа.

6. Рекомендуемая рецептура на приготовление 100 литров раствора для иньецирования грунтов:

- вода по ГОСТ 23732-79 - 55,4 литра;
- портландцемент М500 по ГОСТ 10178-85 - 138,4 кг (около 44 литров);
- добавка полиметаллического водного концентрата по СТБ1113-98 - 1 кг;
- отношение В/Ц равно 0,4.

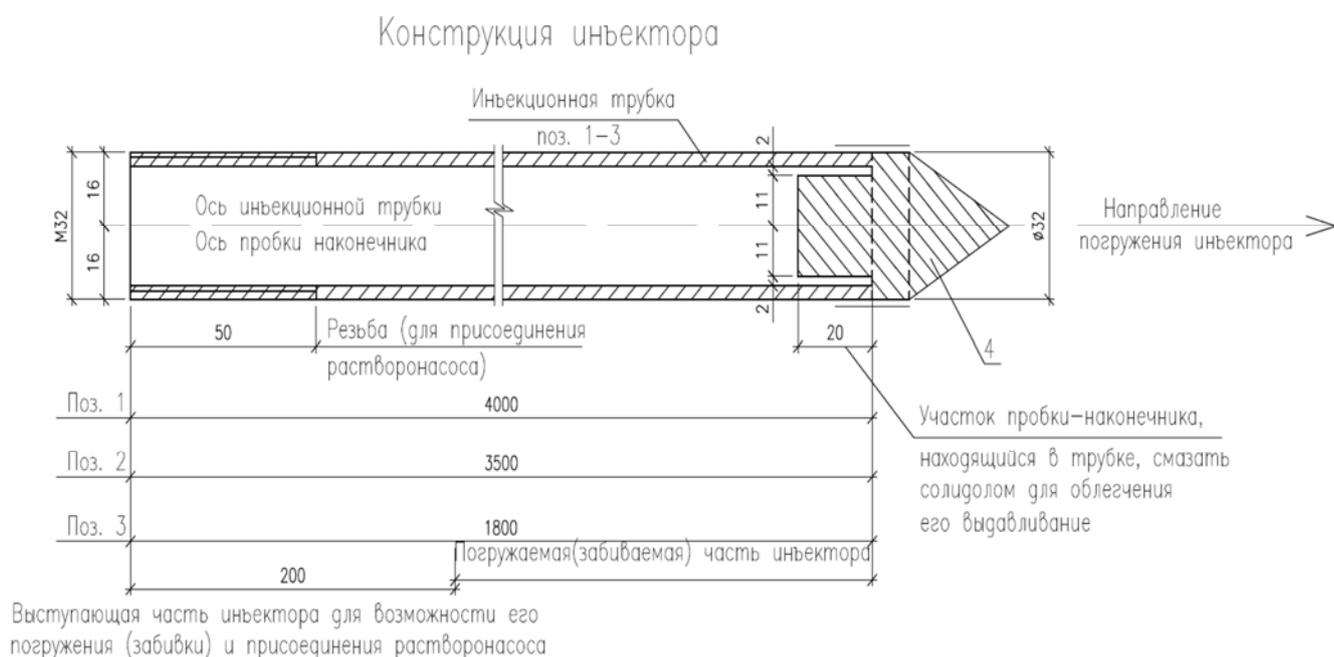


Рисунок 1 – Конструкция иньектора

Каждый иньектор извлекается и используется повторно на следующих заходках около 10 раз.

Наконечник при каждом иньецировании выдавливается давлением раствора из иньектора и остается в грунте. (Рис. 2).

Поз. 4

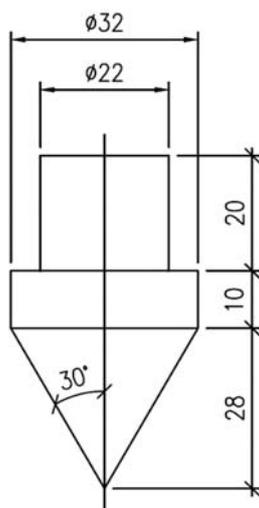


Рисунок 2 – Конструкция наконечника иньектора

Проблемы инъекционного закрепления всегда состояли в гарантированном обеспечении долговечности и прочности закрепляемых массивов грунта или конструкций, в возможности создавать массивы со значительными габаритами, а также в экологической и санитарной безопасности применяемых инъекционных составов.

Для достижения необходимого эффекта укрепления грунтов в определенных инженерно-геологических условиях могут быть использованы комплексы растворов, нагнетаемые в грунт в последовательности, установленной опытным путем.

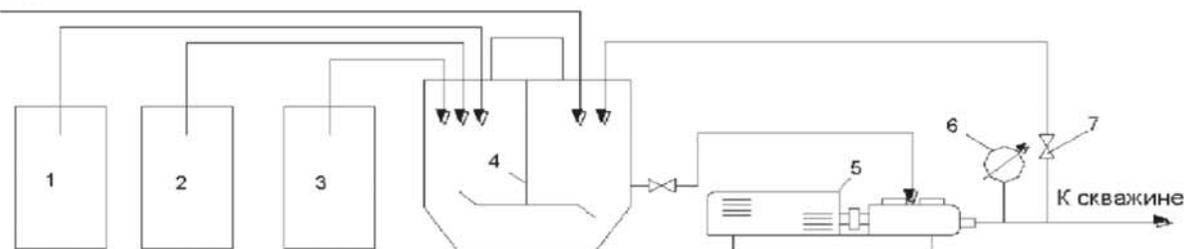
Применение особого тонкодисперсного вяжущего (ОТДВ) позволяет сочетать эффективность инъекционных технологий и устранение указанных проблем, так как, являясь минеральным вяжущим с долгим сроком сохранения инъекционных свойств, обеспечивает высокую прочность и долговечность закрепления, позволяет создавать массивы с большими габаритами и является экологически и санитарно безопасным материалом.

ОТДВ позволяет применять инъекцию не только как способ укрепления грунта и повышения его несущей способности, но и как способ превращения грунта в конструктивные элементы сооружений, что обеспечивает, например, повышение несущей способности фундаментов здания и его элементов посредством увеличения его размеров по ширине и глубине залегания.

Технологическая схема инъекции грунтов представлена на рисунке 3.

## Приготовление и нагнетание растворов на основе цемента

Вода



1- емкость бентонитового раствора (склад глинопорошка),  
2- емкость жидкого стекла,  
3- склад вяжущего цемента,

4- растворешалка,  
5- растворонасос,  
6- манометр,  
7- кран шаровой.

### Цементобентонитосиликатные растворы (расход материалов на 1 м<sup>3</sup> раствора)

В / Ц	Вода, л	Цемент, кг	Бентонит, кг	Жидк. стекло, л/кг	Плотность р-ра, г/см <sup>3</sup>
10	924	60	12	45 / 64	1.08
8	918	104	11	44 / 63	1.1
5	894	166	13	46 / 66	1.14
4	884	205	16	43 / 61	1.17
3	865	275	18	38 / 55	1.21
2	833	397	20	28 / 40	1.29
1.5	796	505	25	26 / 38	1.36
1.33	777	557	28	27 / 39	1.40
1	731	696	35	24 / 35	1.50
0.8	693	841	25	18 / 25	1.58
0.67	656	951	28	16 / 24	1.66
0.6	633	1024	31	14 / 21	1.71

Примечание - В таблицу включены материалы:

- вода по ГОСТ 23732,
- цемент по ГОСТ 10178,
- бентонитовый глинопорошок (бентонит) по ТУ 39-0147001-105-93 [10],
- жидкое стекло по ГОСТ 13078.

## Конструкция инъекционной скважины

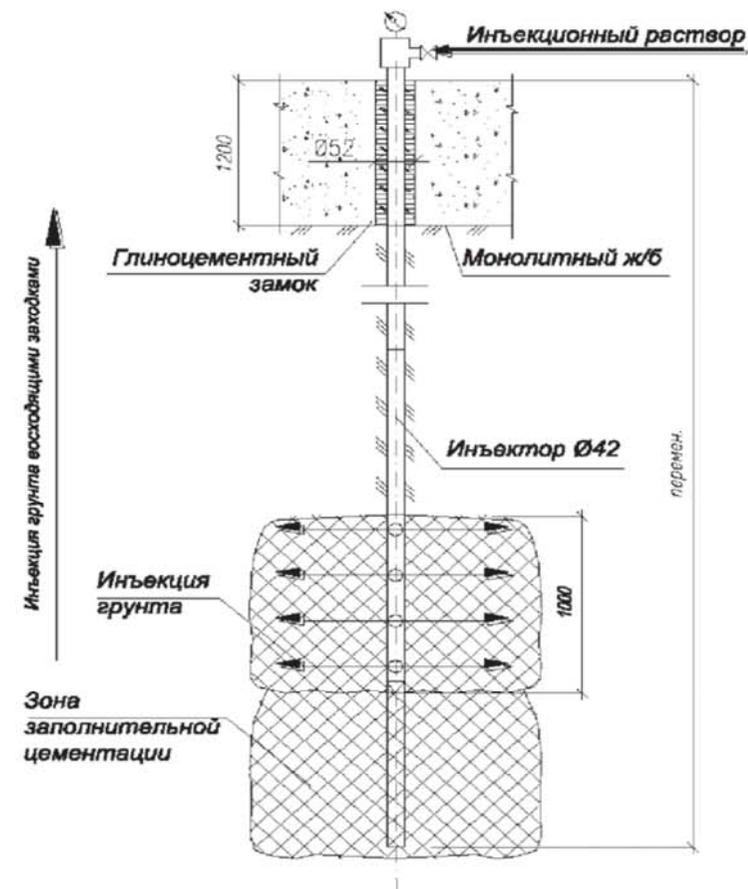


Рисунок 3 – Технологическая схема инъектирования грунтов через забивные перфорированные иньекторы

## Литература:

1. Кузёмкина, Г.М. Основы научных исследований: пособие для студентов технических специальностей / Г.М. Кузёмкина. - Гомель: УО «БелГУТ», 2005 - 82 с.
2. Реброва, И.А. Планирование эксперимента: учебное пособие / И.А. Реброва. – Омск: СибАДИ, 2010. – 105 с.
3. Основы научных исследований / под ред. В.И. Крутова. - М.: Высшая школа, 1989 - 400 с.
4. Рогов, В.А. Методика и практика технических экспериментов: учеб. / В.А. Рогов, Г.Г. Позняк. -М.: Академия, 2005. -288 с.
5. Проектирование транспортных сооружений: Учебник для вузов/ М.Е. Гибшман, В.И. Попов. – М:Транспорт, 1988. – 447с.