

емком учатске нагрєва (рис.2) было достигнуто снижение расхода природного газа на 13% по сравнению с показателями действующей печи.

Список литературы

1. Малый С.А. Экономичный нагрев металла/ С.А. Малый. – М.: «Металлургия», 1967. – 192с.
2. Бутковский А.Г. Оптимальное управление нагревом металла/ А.Г. Бутковский, С.А. Малый, Ю.Н. Андреев. – М.: «Металлургия», 1972. – 440с.
3. Управление нагревом металла. Изд. 2-е перераб. и доп. / Бутковский А.Г., Малый С.А., Андреев Ю.Н. – М.: Металлургия, 1981. – 272с.
4. Поливанчук А.С. Моделирование процесса нагрева металла в камерной печи при минимизации расхода топлива/ А.С. Поливанчук, С.В. Василец// Автоматизация технологических объектов та процесів. Пошук молодих. / Збірник наукових праць XI науково-технічної конференції аспірантів та студентів в м. Донецьку 17–20 травня 2011 р. – Донецьк, ДонНТУ, 2011, С. 64–68.
5. Качан Ю.Г. О повышении энергоэффективности камерных нагревательных печей с выкатным подом путем изменения положения горелочных устройств/ Ю. Г. Качан, В.В. Степкин, Ю. Б. Лиуш //Теория и практика металлургии.- 2012.-№5-6.-С.87-91.
6. Качан Ю.Г. Оптимизация нагревательных газовых печей с выкатным подом по критерию энергоэффективности/ Ю. Г. Качан, В.В. Степкин, Ю. Б. Лиуш// Металлургическая и горнорудная промышленность. -2013.-№3.-С.123-125.
7. Автоматизация металлургических печей/ В.Ю. Каганов, О.М. Блинов, Г.М. Глишков, В.А. Морозов. – М.: «Металлургия», 1975. – 376с.

Рекомендовано до друку: д-ром техн. наук, проф. Волковим А.В.

УДК 622.267.023.67:624.138.4

А.В. Попов

Украина, Антрацит, ООО «Тисса»

Е.Е. Дудля

Украина, Днепрпетровск, ГВУЗ «Национальный горный университет»

ТЕХНОЛОГИИ ПОВЫШЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТИ ОСНОВАНИЙ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Для ослабления влияния непредсказуемых факторов в современном строительстве обычно увеличивают жесткость грунтов в месте застройки и в ближайших окрестностях. Самый прогрессивный способ увеличения жесткости – армирование грунта.

Современная технология предлагает несколько способов армирования грунтов:

- сеткой, которая позволяет перераспределять нагрузку от сооружения в горизонтальном направлении;
- вертикальными сваями из уплотненного грунта;
- цемента-грунтовыми сваями;
- согласно струйной технологии;
- согласно инъекционной технологии.

Инъекционная технология, по нашему мнению, является наиболее гибкой из всех перечисленных, а поэтому пригодна для большинства осложнений и позволяет выполнять повторное укрепление основания при изменении геологических условий.

Согласно нормативным документам Украины цементация в строительстве применяется:

- как вспомогательное средство при химическом закреплении грунтов для увеличения контакта сооружения с основанием;
- для закрепления трещиноватых и полускальных пород, включая крупнообломочные грунты;
- для закрепления лессовых и других грунтов низкой проницаемости в режиме разрыва пласта с армированием пространственными элементами цементного раствора.

При закреплении глинистых и других грунтов напорной инъекцией цементных растворов в режиме разрыва пласта происходит изменение физико-механических характеристик массива вследствие:

- уплотнения грунта под давлением нагнетания раствора;
- укрепления грунта цементным камнем.

Эти два фактора увеличивают несущую способность основания, уменьшают его деформируемость на глубину нагнетаний и уменьшают его размокаемость.

Согласно данным работы после инъекции в грунте общий модуль деформации увеличивается в 2,5 – 3,2 раза, а первое критическое давление в 1,23 – 2,2 раза. Прочность армирующего цементного камня может достигнуть 30 МПа, модуль деформации в зависимости от содержания цемента колеблется от 50

до 500 МПа.

В ООО «ТИССА» для закрепления трещиноватых скальных пород и осадочных пород низкой проницаемости применяют разную технологию.

Технология закрепления трещиноватых скальных пород

Для закрепления трещиноватых скальных пород бурят скважину на проектную глубину. Если присутствуют осадочные грунты, их перекрывают обсадной трубой – кондуктором. Нагнетание выполняют через пакер или через запорный клапан обсадной трубы. Схема инъекции через пакер приведена на рис. 1.

Радиус закрепления согласно работе [1], определяется так:

$$R = \sqrt{\frac{V}{\pi M m}},$$

где V – объем цементно-силикатного раствора; M – мощность закрепляемых пород (глубина скважины); m – пустотность пород согласно исследованиям, %;

Давление нагнетания P должно быть больше, чем его потери при течении цементного раствора по трещине, т.е.

$$P \geq \frac{\tau_0 R}{\delta},$$

где τ_0 – динамическое сопротивление сдвига закрепляющего раствора; δ – ширина трещин.

Если трещины скального массива заполнены глинистым материалом, то давление на забое скважины должно быть увеличено на размер первого критического давления P_k грунта, заполняющего трещины, а именно:

$$P_k \geq \frac{\tau_0 R}{\delta} + D_k.$$

Технология закрепления малопроницаемых осадочных грунтов

Для закрепления малопроницаемых осадочных грунтов применяют технологию перфорированного иньектора, через который выполняют нагнетание цементно-силикатного раствора. Схема инъекции через двойной пакер приведена на рис. 2.

При нагнетании цементного раствора в грунт через перфорацию иньектора образуется цементное уширение. Толщина его Δh_{cem} определяется свойствами грунта и давлением нагнетания [1]:

$$\Delta h_{cem} = \frac{P}{E_0} m,$$

где P – давление нагнетания в пакере, МПа; E_0 – модуль общей деформации грунта, МПа; m – толщина уплотняемого слоя грунта или расстояние между зонами перфорации, м.

Радиус закрепления грунта определяют как

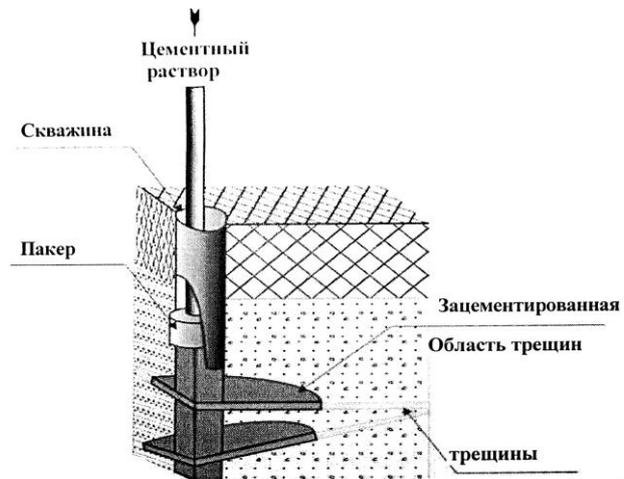


Рис.1. Схема закрепления трещиноватых скальных пород

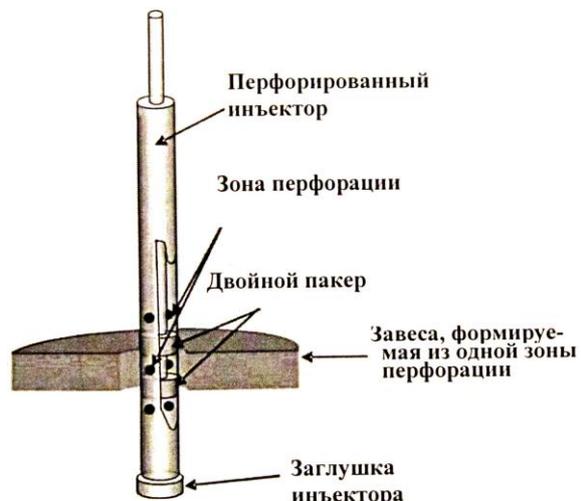


Рис.2. Схема инъекции через двойной пакер

$$R = \sqrt{\frac{V}{\pi \Delta h_{\text{сеп}}}}$$

Давление нагнетания должно быть больше чем давление разрыва грунта.

Опыт LTD "TISSA" по устройству оснований сооружений в различных геологических условиях Крыма является примером успешного применения инъекционного армирования грунта.

Укрепление откоса котлована в г. Ялта

Строительство здания рекреационного центра в г. Ялта на склоне горы потребовало сооружения котлована глубиной 13 м и длиной 35 м.

Активное давление грунта на защитную стену составило – 29, 5 т/м.

Грунты представлены делювиальными отложениями – валунами скальных пород с межвалунным заполнением суглинками и супесями. Есть дополнительное осложнение, потому что суглинок имеет карстовые полости. Стены карстов сцементированы карбонатом. Размер карстов – 0,2 ... 0,6 м.

Проект предусматривает анкерное крепление откоса котлована. Длина анкера – 6...8 м. Расчетная несущая способность анкера в суглинках при данном диаметре бурения 112 мм – меньше, чем 20 т. Это недостаточно для устойчивости откоса. Если учесть вероятность встречи с карстом при бурении, то фактическая несущая способность может быть меньше.

Для увеличения несущей способности анкера буровую скважину заполняют цементным раствором под давлением. Это способствует укреплению грунта вокруг буровой скважины. Для реализации этого проекта буровая скважина была оборудована кондуктором диаметром 127 мм и длиной 2 м. В кондуктор устанавливали односторонний пакер, через который нагнетали цементно-силикатный раствор под давлением до достижения величины 1,0 МПа. Объем нагнетания составлял 0,6 – 2,5 м³ при геометрическом объеме буровой скважины 0,09 м³. Цель укрепления грунта была достигнута (рис. 3).

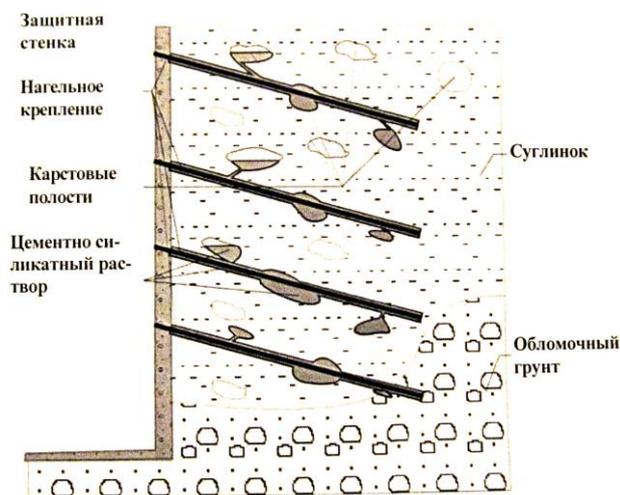


Рис.3. Схема анкерного укрепления грунтов

Испытания показали несущую способность нагеля по грунту 31,2 т, что является технологически приемлемо в данных условиях.

Укрепление откоса на мысе «Хрустальный» (г. Севастополь)

Сооружение спортивного и культурного комплексов на мысе "Хрустальный" выполнялось в согласно Генеральному плану строительства г. Севастополя, Артиллерийской бухты и бухты Омега.

Спортивный и культурный комплексы расположены вдоль пляжа около скального массива. Поэтому массив на строительной площадке выбран до образования вертикального откоса высотой 6,0...13,5 м.

Анализ геологических условий показывает, что массив сложен трещиноватыми и закарстованными известняками малой прочности. Трещины часто заполнены глинистым материалом. Есть пласты суглинка с толщиной до 1,5 м. Угол естественного откоса – не больше 38 град. Источники подземных вод в массиве не замечены. Трещиноватость массива не способствует накоплению атмосферной воды. Эти факторы показывают неустойчивость вертикального откоса мыса "Хрустальный". Именно поэтому необходимо выполнить защиту здания всего комплекса.

Для предотвращения передачи давления горных пород на здание проект предусматривал:

- сооружение защитной стенки с анкерным закреплением;
- организацию системы дренажей атмосферной воды для того, чтобы предотвратить размывгрунта вблизи опорной стены.

Расчетная удельная нагрузка на защитную стенку по длине здания составляла 87,6 т/м. Расчетная несущая способность анкера по грунту, если взять характеристики известняка без пласта глины, при длине анкера 8 м – 39,6 т. Необходимое количество анкеров на опорной стене – 94. Невозможно учесть уменьшение несущей способности анкера за счет прослоек глины из-за неопределенности распространения трещин, которые заполнены материалом глины. Именно поэтому было принято решение нагнетать цементно-силикатный раствор под давлением, что должно обеспечить проникновение раствора в трещины и увеличить несущую способность анкера (рис. 4).

Нагнетание раствора было выполнено через кондуктор диаметром 127 мм. Объем нагнетаемого раствора в одну буровую скважину составил 0,12...0,25 м³ при геометрическом объеме скважины 0,09 м³.

По результатам испытаний анкер терял несущую способность при нагрузке 46 т. Это удовлетворяло требованиям проекта.

Выводы

Применение инъекционных технологий позволяет значительно увеличить несущую способность оснований конструкций, уменьшить их деформируемость и размокаемость.

Список литературы

1. Кипко Э. Я., Комплексный метод тампонажа при строительстве шахт: Учебное пособие: [Текст] / Э. Я. Кипко, П.Н. Должиков, Н.А. Дудля и др. - 2-е издание: Национальный горный университет, 2004. – 357с.

Рекомендовано до друку: д-ром техн. наук, проф. Кожевніковим А.О.

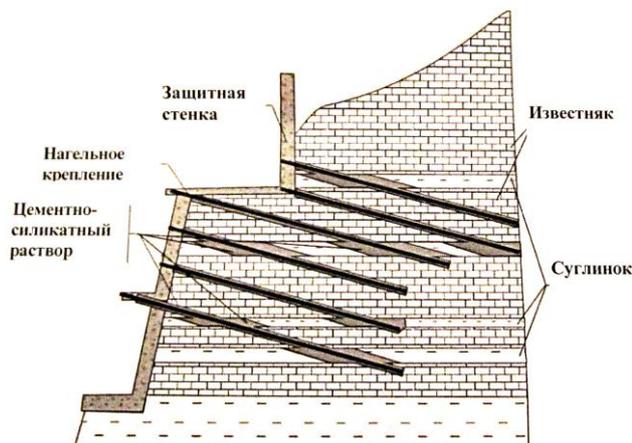


Рис.4. Схема укрепления грунта на мысе «Хрустальный»