

УДК 69:624.138.24

Ивлиева Е.О., асп., Фурдей П.Г., асп., ДонГТУ, г. Алчевск, Украина

ФОРМИРОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ОСНОВАНИЯ ФУНДАМЕНТОВ НА ПОДРАБОТАННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

На сегодняшний день для шахтерских регионов актуальна проблема строительства новых и эксплуатации существующих зданий и сооружений, которые вынуждены проводить на площадках со сложными инженерно-геологическими условиями, обусловленными подработанностью и обводненностью. В таких случаях для обеспечения качественного строительства необходимо применять инженерные мероприятия по защите зданий и сооружений от неравномерных деформаций, весьма перспективным из которых является устройство надежных искусственных оснований например, стабилизирующей глиношлаковой подушки [1]. К основным преимуществам создания такого основания относятся его низкая стоимость, обусловленная использованием в качестве основного тампонажного материала дешевых композиционных суспензий, простота технологии, а также долговременность использования.

Выполненные исследования реологии и кинетики структурообразования глиношлаковых растворов позволили их отнести к классу вязкопластичных жидкостей. В составе этих растворов в качестве базовой суспензии использовали молотый гранулированный доменный шлак (ОАО «АМК»), добавкой служит бентонитовый глинопоророшок, а затворителем – вода. На основании результатов проведенных исследований за 15 суток растворы достигали пластической прочности более 580 кПа и удовлетворяют основным требованиям к тампонажным материалам [2].

Этапы расчета параметров искусственного основания фундаментов сводилась к следующему: проведение геологического исследования грунтового массива на предмет определения основных зон нарушений; инженерный расчет параметров распространения глиношлакового раствора, давления нагнетания и общего объема тампонажно-закладочного раствора; выбор технологической схемы формирования искусственного основания.

Следует также отметить, что в зависимости от плана фундамента и конструктивных особенностей здания формирование искусственного основания происходит через несколько тампонажных скважин, расположенных по специальной схеме.

Анализ геологических разрезов в основаниях фундаментов зданий на подработанных территориях шахтерских городов позволил разделить их на три типа.

Целью данной статьи является анализ общей методики расчета основных параметров формирования искусственного основания фундаментов в инженерно-геологических условиях строительства и эксплуатации зданий и сооружений Донбасса.

Для геологического разреза первого типа характерны покровные отложения мощностью 100 м и более. Они, как правило, представлены песчано-глинистыми грунтами. В результате разработки полезных ископаемых в грунтовом массиве образовались зоны разуплотнения, что послужило причиной снижения прочностных и увеличения фильтрационных характеристик грунта. Вопрос инъекции вязкопластичных растворов в деформируемые зоны разуплотненных дисперсных грунтов рассмотрен в [3], где для полной стабилизации деконсолидированного массива предложено инжецирование в разуплотненную зону через скважину вязкопластичного раствора. За счет такого подхода в наиболее слабых местах грунтового массива происходит гидрорасчленение грунта, образуются разнонаправленные каналы течения, заполняемые вязкопластичным раствором, что приводит к фильтрационному уплотнению дисперсных грунтов разуплотненной зоны и их переходу из деконсолидированного состояния в консолидированное (рисунок 1, а).

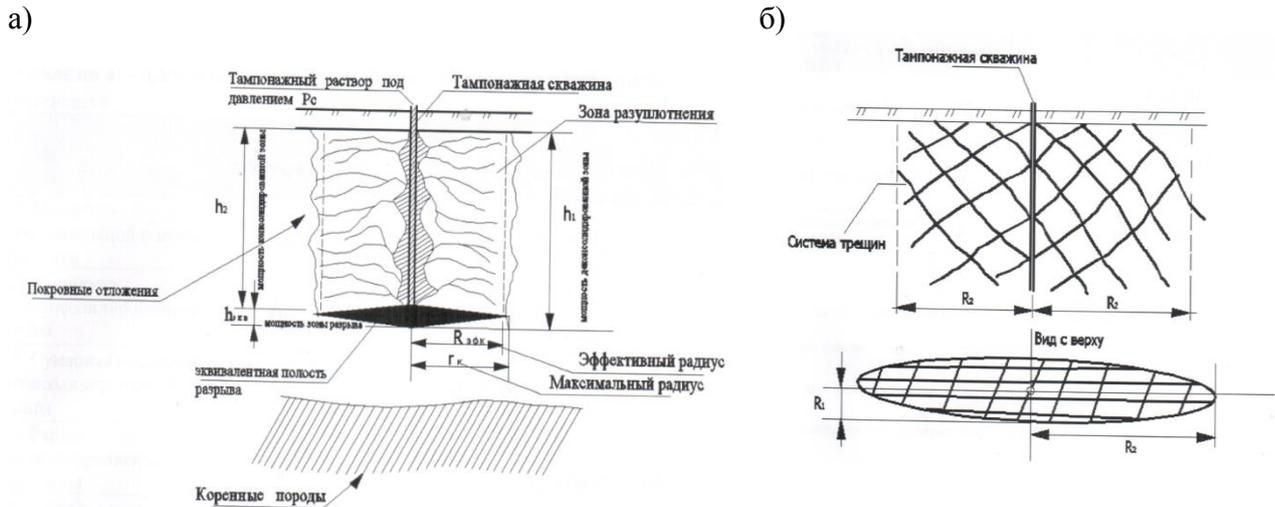


Рисунок 1 – Модель процесса тампонажа вязкопластичным раствором (для одной скважины): а – зоны разуплотненного грунта; б – зоны с системой трещин

Основные технологические параметры и расчетные формулы приведены в таблице 1.

Таблица 1
Основные параметры формирования искусственного основания в разуплотненных грунтах

| № п/п | Параметр | Обозначение | Формула |
|-------|--|-------------|--|
| 1. | Мощность эквивалентной полости разрыва, м | $h_{эке}$ | $h_{эке} = h_1 - h_2$ |
| 2. | Мощность деконсолидированной зоны, м | h_1 | $h_1 = h_2 \cdot \left(\frac{1 + e_1}{1 + e_2} \right)$ |
| 3. | Суммарная мощность консолидированной зоны, м | h_2 | $h_2 = h_1 \cdot \left(\frac{1 + e_2}{1 + e_1} \right)$ |
| 4. | Радиус распространения раствора, м | r_k | $r_k = \frac{(P_c - P_k) \cdot \delta_0 \cdot D}{2\tau_0 - \partial_0 \cdot D \cdot \lambda_p \cdot \cos\varphi \cdot \cos\delta} + r_c$ |
| 5. | Эффективный радиус распространения раствора, м | $R_{эф}$ | $R_{эф} = r_k + \frac{(P_{эф} - P_k) \cdot (r_k - r_c)}{P_c - P_k}$ |
| 6. | Эффективное давление, Па | $P_{эф}$ | $P_{эф} = \frac{\gamma_s \cdot (k_{\partial 1} - k_{\partial 2})}{m_0 \cdot \gamma_{d0}}$ |
| 7. | Объем тампонажного раствора (1 скважина), м ³ | V_1 | $V_1 = \pi \cdot r_k^2 \cdot h_{эке} \cdot k_s \cdot k_h \cdot \alpha_3 \cdot \xi_s$ |

В таблице обозначено: γ - объемный вес скелета грунта, Н/м³; e - коэффициент пористости грунта (уплотненного и разуплотненного); P_c - давление раствора в скважине, Н/м²; P_k - давление тампонажного раствора, Н/м²; k_{∂} - коэффициент консолидации грунта; k_s - коэффициент площадочного разуплотнения; k_h - коэффициент вертикального разуплотнения; α_3 - коэффициент запаса раствора; ξ_s - коэффициент, учитывающий перекрытие эффективных контуров распространения раствора.

Второй тип геологического разреза представлен скальными и полускальными породами каменноугольного возраста, выходящими на поверхность земли или перекрытые четвертичными отложениями незначительной мощности. Геологический разрез этого типа представлен характерными для Донбасса ритмичным чередованием песчаников, сланцев песчаных и глинистых, с подчиненными по мощности пластами известняков и углей.

Образование складчатых и разрывных форм обусловило широкое развитие эндогенной трещиноватости пород, характерной для всего разреза карбона (рисунок 1, б). В верхней части разреза развита зона выветривания, в пределах которой на эндогенную трещиноватость наложены трещины выветривания. Мощность зоны выветривания составляет 30-150 м. Наименьшую мощность она имеет в антрацитовых районах и характеризуется относительно умеренной трещиноватостью. В целом, породы зоны выветривания характеризуются невысокой прочностью (1-50 МПа), интенсивной трещиноватостью и высокой пористостью (до 20-25%).

Основные параметры формирования искусственного основания в трещиноватых горных породах и расчетные формулы приведены в таблице 2.

Таблица 2

Основные параметры формирования искусственного основания в скальных трещиноватых грунтах

| № п/п | Параметр | Обозначение | Формула |
|-------|---|-------------|---|
| 1. | Радиус полуоси, м | R_1 | $R_1 = \frac{\alpha \cdot \delta_1 \cdot \Delta P}{2P_m}$ |
| 2. | Радиус полуоси, м | R_2 | $R_2 = \frac{\alpha \cdot \delta_2 \cdot \Delta P}{2P_m}$ |
| 3. | Объем тампонажного раствора, м ³ | V | $V = \pi \cdot R_1 \cdot R_2 \cdot M \cdot m_T$ |

В таблице обозначено: ΔP — перепад давления в системе «скважина – проницаемый горизонт», МПа; δ — раскрытие трещин, м; α — угол наклона трещин; R — радиус распространения вязкопластичного раствора, м; M — мощность проницаемой зоны, м; m_T — значение скважности, д. ед..

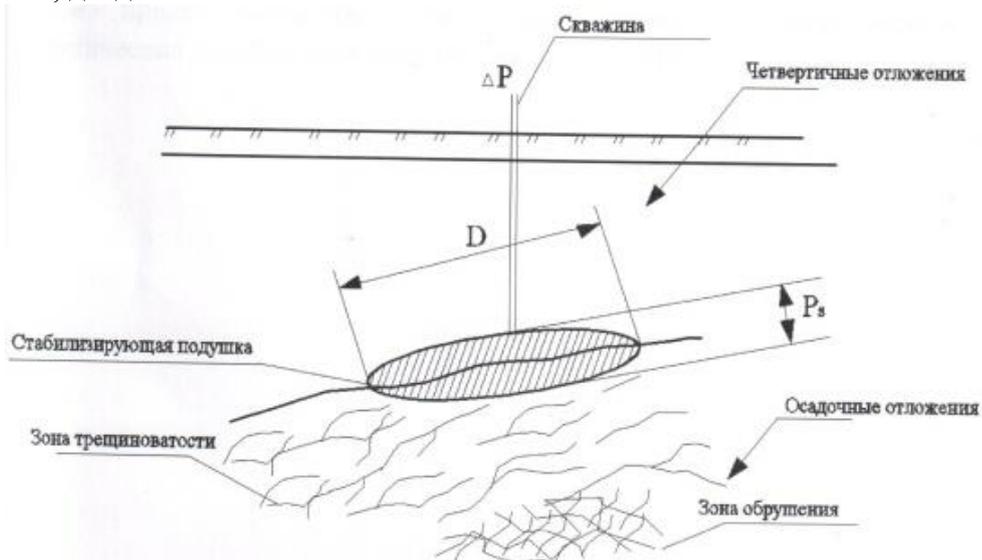


Рисунок 2 – Схема формирования стабилизирующей подушки (для одной скважины)

Третий тип геологического разреза встречается на территориях ликвидированных угольных шахт с полным затоплением выработанного пространства, что наиболее характерно для шахтерских городов Луганского региона. В результате этого происходит изменение трещиноватости массива и прочностных свойств пород, а также активизация геомеханических процессов за счет гидродинамического воздействия на массив. Следовательно, при затоплении шахт происходит нарушение геомеханического равновесия в массиве, что приводит к сдвигению горных пород. Формирование стабилизирующей подушки (рисунок 2) на контакте покровных и коренных отложений из глиношлакового раствора, позволяет минимизировать деформационный процесс поверхности земли.

Мощность стабилизационной подушки, глубина ее заложения выбираются в зависимости от конкретных горно-геологических условий (глубина залегания геологических нарушений, его амплитуды, зоны влияния). Основные расчетные формулы параметров формирования подушки представлены в таблице 3.

В таблице обозначено: α - коэффициент перегрузки, учитывающий неоднородность массива, в практических расчетах равен 1,1 – 1,5; ΔP_y - максимальное давление нагнетания тампонажного раствора, МПа; ε - коэффициент анизотропии пород; τ_0 - динамическое напряжение сдвига раствора; $\sigma_{сж}$ - предел прочности на скалывание затампонированной породы, в практических расчетах принимается равным 2 – 3МПа.

Таблица 3

Основные параметры формирования стабилизирующей подушки на контакте покровных и коренных отложений

| № п/п | Параметр | Обозначение | Формула |
|-------|--|-------------|--|
| 1. | Толщина стабилизационной подушки P_s , м | P_s | $P_s = \frac{\alpha \cdot \Delta P_y \cdot D}{4[\sigma_{сж}]}$ |
| 2. | Диаметр создаваемого слоя, м | D_1, D_2 | $D_1 = \frac{P_s \cdot \Delta P}{\tau_0}; D_2 = \varepsilon \cdot D_1$ |
| 3. | Объем тампонажного раствора (1 скважина), м ³ | V | $V = \pi \cdot R_1 \cdot R_2 \cdot P_s \cdot k_s \cdot k_n \cdot \alpha_3 \cdot \xi_s \cdot m_T$ |

Таким образом, полученные основные параметры формирования искусственного основания фундаментов позволяют в разных геологических условиях рассчитать стабилизирующую подушку, которая обеспечивает увеличение прочности основания, а также дает возможность управлять напряженно-деформированным состоянием горного массива за счет напорной инъекции глиношлакового раствора.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Должиков П. Н. Новые геомеханические процессы и их нейтрализация на подработанных территориях Донбасса / П.Н. Должиков // Вестник МАНЭБ т.13. – 2008. – №4. – С. 108-111.
2. Кипко Э.Я. Комплексный метод тампонажа при строительстве шахт: учеб. пособ. / [Э. Я. Кипко, П. Н. Должиков, Н. А. Дудля, А. Э. Кипко и др. – 2-е изд., перераб. и доп.]. – Днепропетровск: Национальный горный ун-т., 2004. – 367 с.
3. Должиков П.Н. Физика движения вязкопластичных тампонажных растворов: монография / П.Н. Должиков, А.Э. Кипко. – Донецк: Вебер, 2007. – 238с.