

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ГЛИНИСТОГО РАСТВОРА ПРИ БЕСТРАНШЕЙНОЙ ПРОКЛАДКЕ КОММУНИКАЦИЙ МЕТОДОМ ГОРИЗОНТАЛЬНО-НАПРАВЛЕННОГО БУРЕНИЯ

Менейлюк А.И. *д.т.н., проф.*, Попов О.А. *к.т.н., доц.*,
Суханова С.В., *ст. преп.*, Выровой В.Н. *д.т.н., проф.*

Одесская государственная академия строительства и архитектуры

Условия работы глинистого раствора при прокладке коммуникаций методом горизонтально-направленного бурения (ГНБ) отличаются от традиционных областей применения. Поэтому, необходимость применения научно обоснованного подхода к выбору критериев качества требуемых свойств специального раствора для бестраншейной прокладки коммуникаций способом ГНБ очевидна. Для того, чтобы сделать такой выбор, разработана модель взаимодействия этого раствора с капиллярно-пористой структурой грунта, а также рассмотрена кинетика процессов, протекающих на границе раздела этих фаз, на различных стадиях технологического процесса.

Для того, чтобы смоделировать рассматриваемые процессы представим «работу» глинистого раствора при устройстве вертикальных скважин, а также «стен в грунте». В этом случае происходит комплекс процессов, которые свойственны и прокладке коммуникаций методом ГНБ [1, 2]. Однако, вопрос о том, почему не происходит обрушение траншеи, разработанной на глубину несколько десятков метров в обводненном грунте остается открытым. На рис. 1 показан «феномен» крепления вертикальных грунтовых стенок траншеи или скважины при их устройстве под глинистым раствором.

Такое крепление происходит благодаря разнице гидростатического давления в глинистом растворе и грунтовой воде [3]. В данном случае, основным требованием, предъявляемым к глинистым растворам, является обеспечение ими устойчивости стен траншеи или скважины в период их разработки, а для «стены в грунте» - последующего возведения в ней стеновых конструкций [1, 2]. Глинистый раствор, а точнее суспензия, заполняющая разрабатываемую или уже готовую траншею, должна предотвращать ее обрушение, создавая требуемое гидростатическое противодавление, превышающее в любой точке на стенке траншеи активное давление грунтовых вод. В этом случае вода не будет поступать в разрабатываемую траншею. Следовательно, она не будет способствовать обрушению грунтовых стенок в течение определенного времени до заполнения последней бетоном, раствором или (в вертикальной скважине) до погружения обсадной трубы. Для этого глинистый раствор должен обладать необходимой плотностью, как минимум, на 1-3% превышающей плотность грунтовой воды.

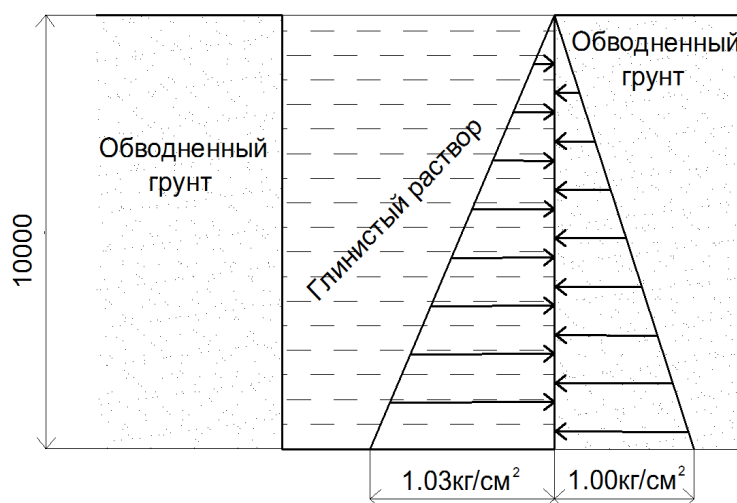


Рис. 1. Крепление стенок траншеи или вертикальной скважины глинистым раствором, где:

1.03 кг/см² – гидростатическое давление глинистого раствора на глубине 10 м;

1.00 кг/см² – гидростатическое давление грунтовой воды на глубине 10 м.

При работе бурового раствора в вертикальной скважине, раствор должен транспортировать выбуренную породу на поверхность скважины и удерживать вертикальные стенки от обрушения во время бурения.

При прокладке коммуникаций методом горизонтально-направленного бурения, условия работы раствора несколько отличаются от возведения «стены в грунте» и вертикального бурения. Большая часть ствола

скважины в этом случае, как правило, горизонтальна, а не вертикальна. Очень важным является и тот факт, что в рассматриваемом методе и требования, которые предъявляются для глинистого раствора – иные. Они более широкие, чем в вертикальном бурении. Раствор не только должен обеспечить процесс бурения, но и устойчивость скважины во время протяжки коммуникационного средства, уменьшить его трение о стенки скважины, исключить повреждение трубы твердыми частичками грунта [1, 2, 4, 5].

Поэтому для определения требуемых свойств глинистых растворов, используемых при прокладке коммуникаций методом ГНБ, была разработана физическая модель взаимодействия раствора с капиллярно-пористой структурой грунта (рис. 2), которая позволяет смоделировать механизм этого взаимодействия.

При прокладке коммуникаций способом горизонтально-направленного бурения скважина от начала (бурения) и до окончания процесса прокладки заполнена глинистым раствором. При этом скважина находится в горизонтальном или близком к нему, наклонном, положении. Во время проходки скважины раствор должен выполнять те же функции, что и при вертикальном бурении – т.е. транспортировать выбуренную породу. При этом следует учитывать, в нашем случае глинистый раствор должен обеспечивать не только процесс бурения, но и протяжку коммуникации. Кроме того, в некоторых случаях, таких, например, как перерывы в работе, глинистый раствор, находясь в состоянии покоя, должен сохранять скважину от обрушения. Разработанная модель взаимодействия раствора с капиллярно-пористой структурой грунта показана для части скважины обозначенной цифрами 1 и 2.

На рис 3 показан возможный механизм работы глинистого раствора при прокладке коммуникации методом горизонтально-направленного бурения. В процессе бурения пилотной скважины, грунт перемещается на поверхность земли. Место выбуренного грунта занимает глинистый раствор. В этот момент поры грунта заполнены водой (рис. 3а). В процессе бурения раствор находится в постоянном движении за счет вращения буровой головки и работы соответствующего насоса. Постепенно, глинистый раствор, за счет положительного гидростатического давления, проникает в капилляры грунта, вытесняя находящуюся там воду (рис. 3б). Этот процесс длится до тех пор, пока глинистый раствор полностью не заменит собой воду, находящуюся в капиллярах и открытых порах в пристенном слое грунта на границе со скважиной (рис. 3в).

В дальнейшем, происходит следующее. Глинистый раствор, находящийся в капиллярах грунта, а также непосредственно на границе слоя грунт - глинистый раствор, теряет некоторую часть находящейся в нем воды. Это происходит вследствие того, что раствор мигрирует в открытые капилляры и поры грунта. Глинистые частички осаждаются в них и на стенках скважины. Раствор превращается в пастообразную гелевую массу. Такую массу принято называть «глинистой коркой». Хотя, водонасыщенные частицы глины, вряд ли могут затвердеть и превратиться, именно, в твердую глинистую корку. Но в этом нет необходимости. При протяжке коммуникации по горизонтальной скважине пластичный слой глинистой корки служит как антифрикционная смазка между грунтом и трубой или кабелем.

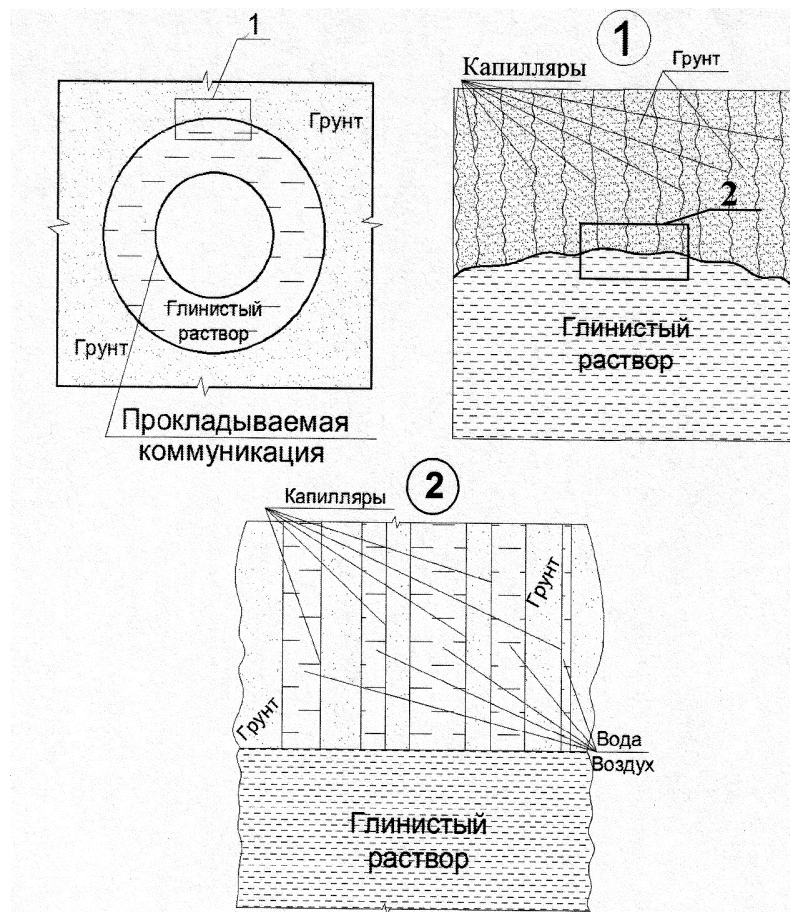


Рис. 2. Модель горизонтальной скважины при прокладке коммуникаций методом ГНБ
 1 – анализируемый участок;
 2 – граница раздела фаз (глинистый раствор-грунт) в начальный период технологического процесса горизонтального бурения.

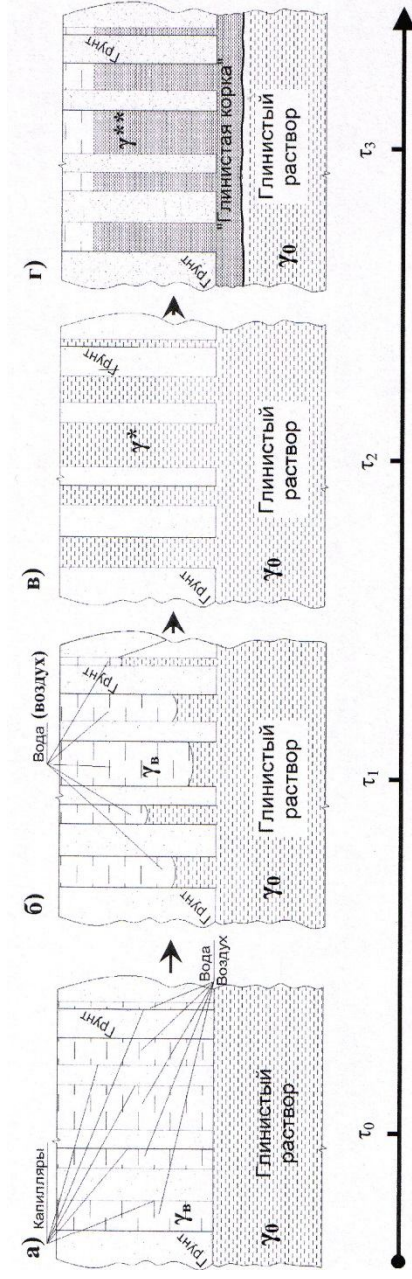


Рис. 3. Кинетика изменений во времени на границе «стенка горизонтальной скважины – капиллярно-пористая структура грунта, в процессе технологических операций, где:

τ_1 – время от начала процесса бурения до окончания протяжки коммуникаций;

а – начальный момент проходки горизонтальной скважины (капилляры грунта заполнены водой или воздухом);

б – процесс вытеснения глинистым раствором воды в капиллярах пристенного слоя грунта;

в – полное замещение воды в капиллярах пристенного слоя грунта глинистым раствором;

г – граница раздела фаз перед протяжкой коммуникаций (образование «глинистой корки» на стенках скважины и кольматация капилляров грунта глинистыми частицами);

γ_0 – плотность глинистого раствора; $\gamma_в$ – плотность воды; γ – плотность глинистого раствора в открытых порах и капиллярах; γ^{**} – плотность «глинистой корки»

Закольматированный глинистыми частицами слой грунта и «глинистая корка» предотвращают от обрушения стенки скважины (рис. 3г). Тем самым, вероятно, граница грунт-глинистый раствор перемещается в точку глинистая корка - глинистый раствор. В этот момент глинистая корка, приобретает свойства твердого тела, что характеризует его как неньютоновскую жидкость [6].

Вывод:

Разработанная модель показывает, что при определении параметров глинистого раствора, предназначенных для бестраншейной прокладки коммуникаций методом горизонтально-направленного бурения, стоят задачи изучения свойств, характеризующих его не только как жидкость, но и как твердое тело.

SUMMARY

A model of the mud in the trenchless laying of communications using the horizontal directional drilling. The model shows that when determining the parameters of drilling mud, studied the technology of horizontal directional drilling, are studying the problem of properties which characterize it as not only fluid, but also as a solid.

Литература

1. Смородинов М.И., Федоров Б.С. Устройство сооружений и фундаментов способом «стена в грунте». М.: Стройиздат, 1986. – 216с.
2. Я.А. Рязанов. Энциклопедия по буровым растворам. – Оренбург: Издательство «Летопись», 2005. – 664с.
3. Круглицкий А.А. Физико-химические основы регулирования свойств дисперсий глинистых минералов. Наукова думка. – К.: 1968. – 320с.
- 4.. David A. Willoughby. Horizontal Directional Drilling.: Mc GrawHill - 2005, 400p.
5. Drilling Fluids Processing Handbook / ASME Shale Shaker Committee.: Gulf Professional Publishing- 2004. 700p.
6. Уилкинсон У.Л. Неньютоновские жидкости. - М.: Мир, 1964. -216с