

В результате математического моделирования получены графики переходных процессов изменения расхода газа  $Q_{вГТС}$  в относительных единицах (о.е.) (рис. 2). Как видно из графика изменения скорости, предложенная система регулирования, является астатичной. Перерегулирование составляет не более 2% при изменении сигнала задания на 20%.

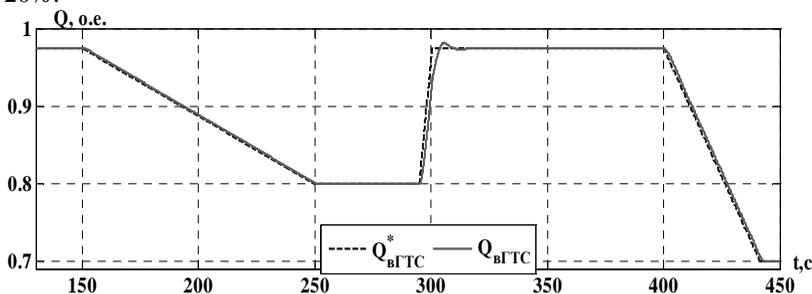


Рис. 2. Графики переходных процессов изменения расхода газа на выходе ГТС

Разработанный регулятор может быть применен для управления расходом воздуха в ГТС, а созданная таким образом замкнутая система является исходной для синтеза регулятора давления в ГТС.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОПУСТИМОГО ДИАМЕТРА ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ СКВАЖИНЫ ДЛЯ ПРОКЛАДКИ ИНЖЕНЕРНЫХ КОММУНИКАЦИЙ ПОД ДОРОГАМИ

*Олексин В.И., Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет*

При прокладке инженерных коммуникаций приходится сталкиваться с пересечением трассы с дорогами, трамвайными и железнодорожными путями. Из известных методов бестраншейной прокладки инженерных коммуникаций, которые применяются при строительстве переходов, наиболее эффективным является метод статического прокола грунта. Процесс заключается в задавливании грунтопрокалывающего рабочего органа с конусным наконечником в грунт с помощью гидравлических домкратов. Силовое усилие передается от домкратов на рабочий орган в виде трубы с конусным наконечником, диаметр которой соответствует диаметру требуемой скважины, либо грунтопрокалывающей головки через наборные штанги с последующим расширением скважины с помощью уплотняющих конусов.

Достоинствами грунтопрокалывающих установок статического

действия являются: минимальный объем удаляемого грунта; они имеют малые габариты; стенки скважины формируются устойчивыми к просыпанию, что снимает необходимость их укрепления дорогостоящими способами, такими, как применение скользящей опалубки или пропитка стен бентонитовым раствором.

Основным недостатком метода является формирование в массиве грунта большого напряжения, вызванного радиальным его уплотнением. Это в свою очередь может привести к разрушению дорожного основания и, как следствие, вызвать повреждение покрытия дорог.

Предельную глубину заложения скважины до ее верхней образующей, при которой может начаться поверхностное разрушение грунта, назовем минимально допустимой глубиной прокола. Для ее определения рассмотрим результаты экспериментальных исследований, проведенных В.К. Рудневым, по внедрению штампов в грунт, который установил связь глубины, при которой поверхностное разрушение прекращает происходить с его шириной в виде простой линейной зависимости:

$$H_{кр} = a + bd, \quad (1)$$

где  $a$  и  $b$  – коэффициенты линейной аппроксимации;  $d$  – ширина штампа, м.

Согласно уравнению (1) коэффициенты  $a$ ,  $b$  могут быть определены путем проведения экспериментов с двумя грунтопрокалывающими органами разных диаметров.

Методика экспериментального исследования заключалась в следующем. На первом этапе осуществлялся выбор участка и подготовка его к эксперименту, которая включала в себя снятие и удаление гумусного слоя для получения однородного состояния грунтового массива. После этого отрывался приямок для размещения в нем грунтопрокалывающей установки МП-250. В массив грунта внедрялись конусные наконечники диаметрами  $d_1 = 65$  и  $d_2 = 108$  мм. Их угол заострения составлял  $\alpha = 60^\circ$ . Длина участка соответствовала расстоянию, при котором прокол переходил в установившуюся стадию процесса, при которой рост напорного усилия прекращался. Напорное усилие фиксировалось датчиками давления, встроенными в гидравлическую систему установки.

Полученные значения коэффициентов  $a$  и  $b$  для различных грунтов представлены в таблице.

Данные таблицы свидетельствуют о существенном влиянии свойств грунта, диаметра скважины на минимальную глубину ее заложения. Так, к примеру, при проходке скважины диаметром 200 мм ми-

нимальная глубина заложения для глины составит почти 2,9 м, для супеси 1,6 м, а для суглинка 1,9 м.

Значения коэффициентов  $a$  и  $b$

Коэффициенты	Грунты		
	Супесь, $C_0 = 3 - 4$	Суглинок, $C_0 = 6 - 7$	Глина, $C_0 = 12 - 13$
$a$ , мм	20,93	57,79	125,58
$b$	8,14	9,42	13,84

Логично предположить, что минимальная глубина заложения скважины пропорциональна диаметру зоны структурных изменений грунта при проколе и также зависит от пористости грунта (рис. 1).

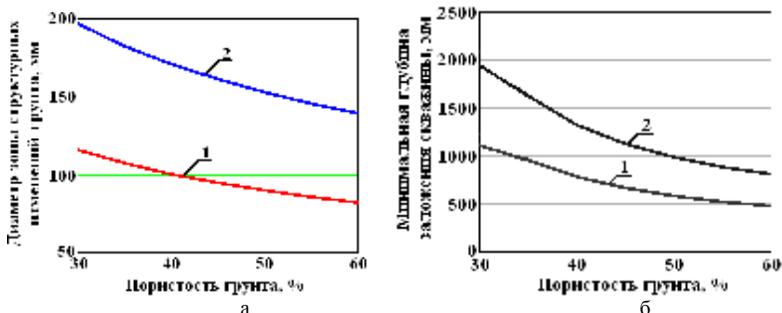


Рис. 1. Зависимость зоны структурных изменений и минимальной глубины заложения скважины от пористости грунта: а – расчетный диаметр зоны структурных изменений грунта; б – экспериментальная зависимость минимальная глубина заложения скважины;  $1 - d_1 = 65$  мм;  $2 - d_2 = 108$  мм

Используя известные методы обработки экспериментальных данных, получена следующая эмпирическая зависимость минимальной глубины заложения скважины от ее диаметра и пористости грунта:

$$H_{min} = 4,4 \cdot \left( \frac{d}{100} \right)^{0,75} \cdot (0,01 \cdot n)^{0,25} \quad (2)$$

На рис. 2 представлены графики зависимости минимальной глубины заложения скважины, построенные по равенствам (1) и (2). Из приведенных данных видно, что расхождение между получаемыми значениями минимальной глубины заложения скважины не превышает 5 %.

Изложенное позволяет рекомендовать расчетную зависимость (2) для определения минимальной глубины заложения горизонтальных

скважин в грунтах, пористость которых находится в диапазоне 38-53 %.

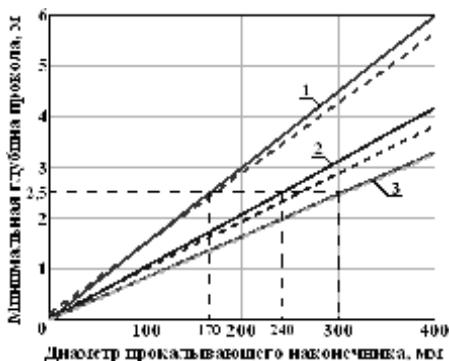


Рис. 2. Зависимость минимальной глубины прокола скважины от диаметра конусного наконечника:

— расчетное значение; --- экспериментальное значение;  
 1 –  $n_0 = 38\%$ ; 2 –  $n_0 = 45\%$ ; 3 –  $n_0 = 53\%$

В практике строительства переходов под дорогами, как правило, определяющей величиной является проектная глубина заложения инженерных коммуникаций. Поэтому важно знать, какой предельный диаметр горизонтальной скважины можно создать методом статического прокола. Ее величину установим из условия разработки скважины в пределах минимально допустимой глубины прокола, которая будет равна:

$$d_{\text{с.р.}} = \frac{H}{\sqrt{1 + \frac{1}{(0,01 \cdot n_0)^{2,5}}}} \quad (3)$$

где  $H$  – глубина заложения скважины до ее верхней образующей.

Если заданный диаметр скважины не превышает значения расчетного, то метод статического прокола можно применять без риска разрушения дорожного основания. Если расчетный диаметр будет большего заданного размера скважины, то необходимо применить другую технологию разработки скважины, например: бурение, продавливание или комбинацию методов прокола и продавливания.