

ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКОЙ ВЯЗКОСТИ ЦЕМЕНТНО-ПЕСЧАНЫХ РАСТВОРОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СООТНОШЕНИЯ ИСХОДНЫХ КОМПОНЕНТОВ

В.В. Коваленко, Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет», Украина

В статье изложены результаты лабораторных испытаний по определению динамической вязкости для цементно-песчаных растворов с различным водоцементным соотношением. Работы выполнены на ротационном вискозиметре ВСН-3. Представлены зависимости параметров динамической вязкости от соотношения исходных компонентов цемента, песка и воды. Полученные зависимости могут быть использованы для математического моделирования процесса набрызббетонирования.

Динамическая вязкость является важным параметром при определении закономерностей движения крупного заполнителя в растворе набрызббетона, в процессе его набрызга, а также при создании математической модели этого процесса. Динамическая вязкость значительным образом зависит от состава строительного раствора – соотношения исходных компонентов цемента, песка и воды. Более вязкие и густые растворы имеют значительно большие значения динамической вязкости и при набрызге смеси характеризуются меньшими потерями при отскоке.

В процессе рассмотрения исследовались варианты, в которых варьировались отношения: Ц/П – в пределах 0,5; 0,33; 0,25; а также В/Ц – в диапазоне 0,4; 0,5; 0,6, кроме того были рассмотрены смеси с использованием суперпластификатора и контрольные варианты без.

Работа выполнена в лаборатории кафедры «Технология и техника геологоразведочных работ» ГВУЗ «ДонНТУ».

Описание работ

В вискозиметре ротационном исследуемая вязкая среда помещается в зазор между двумя соосными телами правильной геометрической формы (цилиндры, конусы, сферы или их сочетания). Одно из тел, называемое ротором, приводится во вращение с постоянной скоростью, другое остаётся неподвижным. Принцип действия вискозиметра ротационного основывается на нескольких положениях. Вращательное движение от одного тела (ротора) передается жидкостью к другому телу. Теория ротационного метода вискозиметрии предполагает отсутствие проскальзывания жидкости у поверхностей тел. Следовательно, момент вращения, передаваемый от одной поверхности к другой, является мерой вязкости жидкости.

Суть опыта по определению динамической вязкости состоит в измерении крутящего момента при заданной угловой скорости. Для этих целей вискозиметр ротационный снабжён динамометрическим устройством. Устройства, применяемые в вискозиметрах ротационных для измерения моментов и угловых скоростей, подразделяются на механические и электрические. В нашем случае для измерений используется ротационный вискозиметр ВСН-3, в котором реализован механический способ измерения моментов. Дальнейшие расчёты ведутся на основании теории метода ротационной вискозиметрии.

Порядок работы:

На шпиндель прибора одевают гильзу, а стальной стакан наполняют исследуемым раствором в количестве 200 грамм. Стакан устанавливают на телескопический столик, который поднимают вверх до фиксации в таком положении (рис. 1). С помощью переключателя устанавливается скорость обращения гильзы, включается электрическое питание на приборе. Исследуемая жидкость перемешивается с заданной скоростью вращения гильзы с целью разрушения структуры. Сначала перемешивают цементно-песчаный раствор при частоте вращения наружного цилиндра 600 мин⁻¹, затем снимают устойчивые показания углов закручивания по шкале прибора при

частоте 600 и 300 оборотов в минуту. По значению двух точек определяют динамическую вязкость по формуле:

$$\eta = \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{n_2 - n_1} \cdot A$$

где $n_1=300$, φ_1 – угол поворота при частоте оборотов шкива 300 мин^{-1} ; $n_2=600$, φ_2 – угол поворота при частоте 600 мин^{-1} .



Рис. 1. Ротационный вискозиметр ВСН-3 при проведении замера

За постоянные показатели углов закручивания принимаются углы, величина которых при вращении гильзы на протяжении 2-3 минут не изменяются.

Смеси для исследуемых растворов готовятся в следующей последовательности. В процессе приготовления раствора в песок добавляем цемент в соответствующих массовых частях. Смесь хорошо перемешиваем в течение 2...3-х минут. Затем в полученную цементно-песчаную смесь понемногу добавляем соответствующее количество воды (по массе) и перемешиваем раствора до получения однородной консистенции. В случае приготовления растворов по вариантам 10...15 в необходимый объем воды добавляем суперпластификатор в количестве 0,7% от массы цемента и смешиваем. Затем в цементно-песчаную смесь понемногу добавляем водный раствор и тщательно перемешиваем смесь до получения однородного раствора.

Перечень вариантов со списком исходных компонентов в массовых частях, а также значениями динамической вязкости представлены в табл. 1. Исходя из того, что использование суперпластификатора в цементно-песчаных растворах значительно снижает их вязкость и в условиях с водоцементным отношением 0,6 такой потребности в снижении вязкости не возникает, поэтому среди вариантов, в которых предусматривалось использование пластификатора, были рассмотрены только такие, где водоцементное отношение было 0,4 и 0,5 (варианты 10...15).

Таблица 1

Сводная таблица исходных данных для приготовления растворов и значений динамической вязкости

Вариант	Ц/П	Масса смеси (доля цемента), г	Кол-во воды, г	В/Ц	Кол-во суперпластификатора С-3 (массовая доля), г	Динамическая вязкость, Па·с	
1.	1/2	100 (33,3)	20	0,6	--	0,865	
2.	1/3	100 (25)	15			0,97	
3.	1/4	100 (20)	12			1,06	
4.	1/2	100 (33,3)	16,7	0,5	--	1,22	
5.	1/3	100 (25)	12,5			1,51	
6.	1/4	100 (20)	10			1,74	
7.	1/2	100 (33,3)	13,32	0,4	--	2,519	
8.	1/3	100 (25)	10			3,12	
9.	1/4	100 (20)	8			3,62	
10.	1/2	100 (33,3)	16,7	0,5	0,233	(0,007)	0,65
11.	1/3	100 (25)	12,5		0,175		0,723
12.	1/4	100 (20)	10		0,14		0,777
13.	1/2	100 (33,3)	13,32	0,4	0,233	(0,007)	1,1
14.	1/3	100 (25)	10		0,175		1,223
15.	1/4	100 (20)	8		0,14		1,357

На основании представленных в табл. 1 значений динамической вязкости на рис. 2 построены зависимости изменения динамической вязкости от различных соотношений исходных компонентов цементно-песчаных растворов.

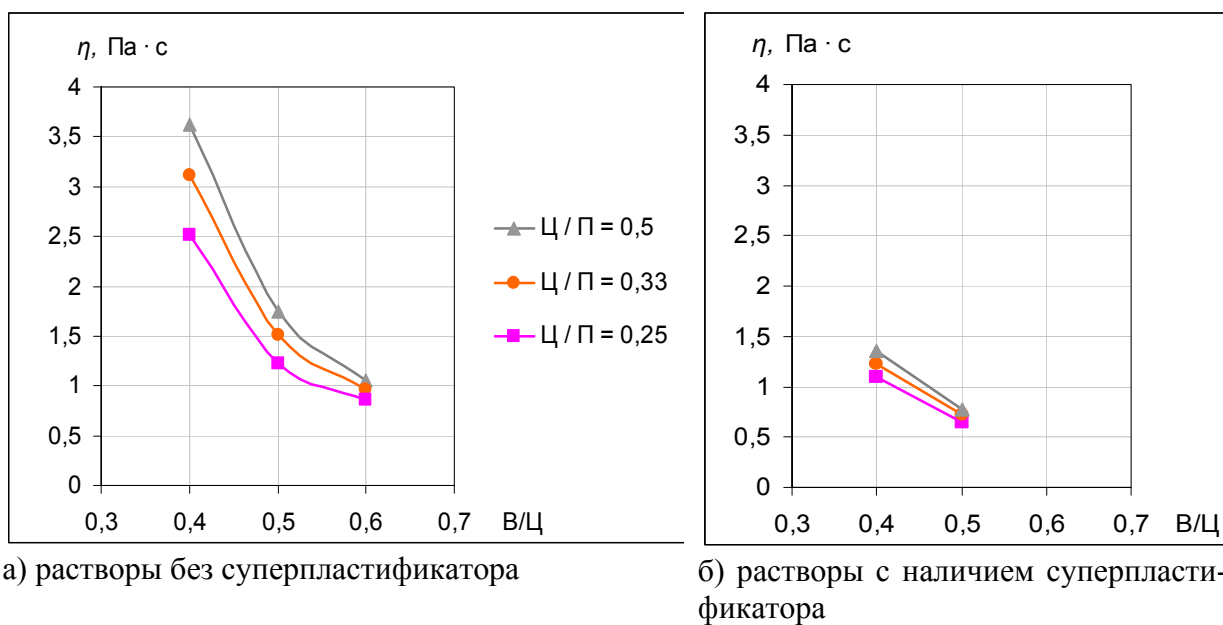


Рис. 2. Зависимости изменения динамической вязкости цементно-песчаных растворов от содержания исходных компонентов при водоцементных отношениях 0,4; 0,5 и 0,6

Как видно из графика при снижении в растворе содержания воды динамическая вязкость значительно растет в нелинейной зависимости. Вместе с тем, использование суперпластификатора значительным образом влияет на свойства растворов – динамическая вязкость снижается на порядок в сравнении с контрольными образцами и зависимости носят менее выраженный нелинейный характер, т.к. значения динамической вязкости при разном содержании воды в растворах изменяются менее стремительно.

Выводы.

При водоцементном отношении 0,4 у всех рассмотренных цементно-песчаных растворов проявляются максимальные значения динамической вязкости от 2,5 до 3,6 Па·с. На основании сравнения параметров растворов с различным Ц/П отношением при одном и том же значении водоцементного отношения увеличение динамической вязкости вызвано более высокой плотностью растворной смеси, которая является результатом увеличения содержания доли песка.

Использование суперпластификатора в случае приготовления цементно-песчаных растворов с В/Ц=0,4 снижает значение динамической вязкости в 2,2...2,6 раз, а при значении В/Ц=0,5 удается достигнуть снижения вязкости в 1,8...2,2 раза.

Увеличение содержания воды в растворах сильно снижает значение динамической вязкости, так например, при росте В/Ц отношения от 0,4 до 0,5 параметр η снижается в среднем в 2 раза, при дальнейшем увеличении В/Ц отношения от 0,5 до 0,6 значение динамической вязкости для растворов этого диапазона снижается в среднем уже в 1,5 раза.

Определение зависимостей изменения динамической вязкости от соотношения исходных компонентов позволит создать математическую модель процесса набрызгбетонирования для его оптимизации с позиций снижения потерь при отскоке смеси.

Автор выражает глубокую признательность сотрудникам кафедры «Технология и техника геологоразведочных работ» ГВУЗ «ДонНТУ» и лично заведующему кафедрой Каракозову А.А. за возможность воспользоваться лабораторной базой и помощь в проведении лабораторных испытаний.