

УДК 622.24

*Трепалин М.А.,  
студент второго курса магистратуры  
Уфимского государственного нефтяного технического университета*

*г. Уфа, Российская Федерация*

*Трушкин О.Б.,  
доцент, кандидат наук кафедры «Бурение нефтяных и газовых скважин»*

*Горно-нефтяного факультета*

*Уфимского государственного нефтяного технического университета*

*г. Уфа, Российская Федерация*

## **ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ И ДАВЛЕНИЯ НА СВОЙСТВА ТАМПОНАЖНОГО РАСТВОРА И КАМНЯ**

***Аннотация:** В данной статье рассматриваются вопросы влияния температуры и давления на свойства цементного камня. Предметом исследования является цементный камень, объектом – характеристики цементного камня в процессе твердения.*

***Ключевые слова:** Напряжения, давление, температура, динамическое напряжение сдвига, срок загустевания, схватывание, цементный камень, портландцемент, коэффициент, процесс твердения.*

***Annotation:** This article discusses the influence of temperature and pressure on the properties of cement stone. The subject of the study is cement stone, the object is the characteristics of cement stone in the hardening process.*

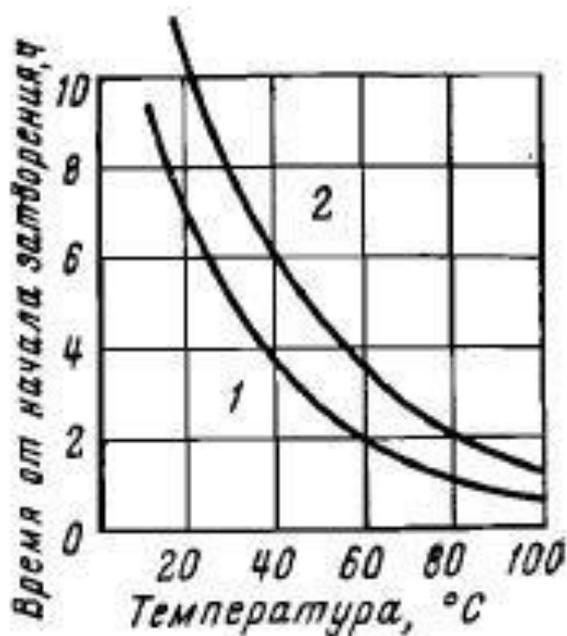
***Keywords:** Stresses, pressure, temperature, dynamic shear stress, thickening period, setting, cement stone, Portland cement, coefficient, hardening process.*

Процесс твердения цементного раствора очень сложный и зависит от множества факторов, таких как: температура, давление, водоцементное отношение, удельная поверхность цемента и др. [1].

Их влияние, за исключением давления, хорошо изучено. В связи с этим, планируется изучение влияния давления на процесс твердения цементного камня и его свойства, такие как проницаемость, предел прочности на сжатие, модуль Юнга, коэффициент Пуассона. Ниже приводится краткий литературный обзор, посвященный изучению влияния давления на формирование цементного камня. В процессе твердения цементного раствора снижается гидростатическое давление (так называемое «зависание» цементного камня), что является одной из главных причин возникновения ГНВП в период ОЗЦ.

В литературе давно известен метод борьбы с проявлениями созданием противодействия на твердеющий цементный раствор, однако вывода о влиянии давления на формирование и свойства цементного камня там нет [2]. Одной из первых работ по изучению влияния давления на процесс твердения цементного раствора является работа Ахметова Р.А. [3].

Интенсивность химических реакций существенно зависит от температуры. С повышением температуры увеличивается скорость реакций гидратации, что ведет к уменьшению подвижности, росту динамического напряжения сдвига, сокращению сроков загустевания и схватывания тампонажных растворов (рисунок 1). Если, например, при температуре  $+5^{\circ}\text{C}$  начало схватывания раствора из тампонажного портландцемента наступает через несколько десятков часов после затворения, то при температуре  $80^{\circ}\text{C}$  этот срок сокращается до (1—2) ч. При отрицательных температурах такой раствор замерзает, так и не схватившись. Вследствие уменьшения вязкости воды с повышением температуры увеличивается водоотдача тампонажных растворов.



1 – начало схватывания, 2 – конец схватывания.

Рисунок 1 – График влияния температуры на сроки схватывания растворов

Весьма сложное влияние оказывает температура на механические свойства тампонажного камня. Чем выше температура, тем быстрее растет начальная прочность камня и тем быстрее она достигает наивысшего значения (рисунок). Например, при температуре 30°C рост прочности портландцементного камня продолжается более года; при температуре 60°C прочность достигает максимума примерно через полгода, а при температуре 160°C уже через (5—10) ч.

Если повышение температуры примерно до (60—70) °C способствует лишь значительному сокращению срока достижения максимальной прочности, практически не влияя на величину последней, то при увеличении температуры свыше 70°C существенно уменьшается также величина максимальной прочности портландцементного камня. Проницаемость

портландцементного камня, напротив, с увеличением температуры примерно до 80°C уменьшается, а при более высоких температурах растет.

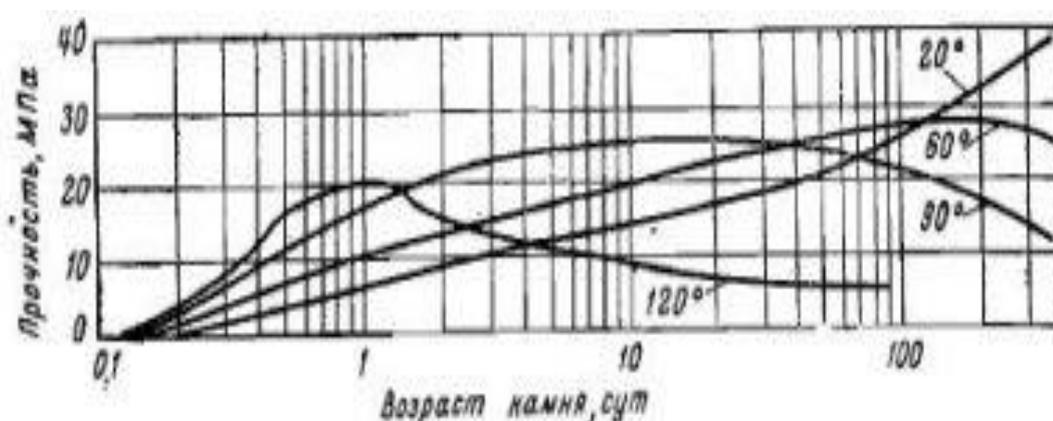


Рисунок 2 – Характер изменения прочности портландцементного камня во времени при разных температурах

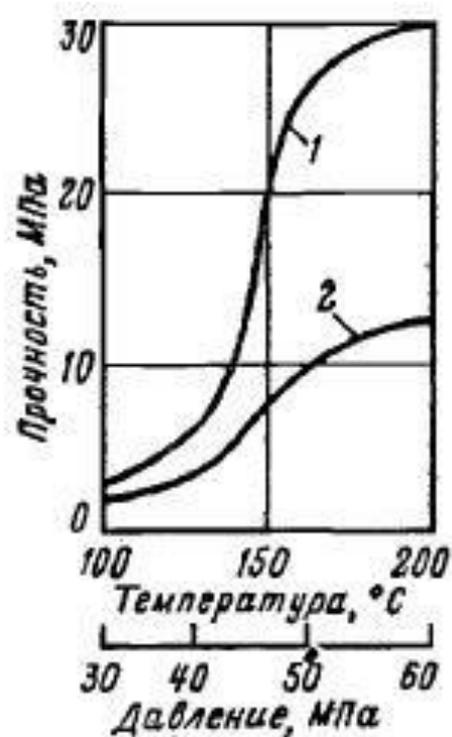
Отрицательное влияние температуры на механические свойства камня можно существенно уменьшить путем добавления к портландцементу кремнеземистых веществ или доменного шлака. Такие добавки связывают гидроксид кальция, выделяющийся в процессе гидролиза клинкерных минералов при повышенных температурах, и превращают ее в гидросиликаты.

Влияние температуры и давления на механические свойства портландцементного камня показано на рисунке 3.

Давление оказывает гораздо меньшее влияние на свойства тампонажных растворов и камня. Значительное увеличение давления при температуре до (80—100) °С способствует некоторому росту начальной прочности портландцементного камня, более заметному при меньших температурах; при более высоких температурах с ростом давления прочность такого камня может снижаться.

Видимо, увеличение давления способствует более быстрому проникновению воды в глубинные участки частиц вяжущего и ускорению

гидратации их. По этой причине с ростом давления несколько возрастает консистенция тампонажного раствора и сокращаются сроки загустевания и схватывания.



1 – сжатие; 2 – изгиб.

Рисунок 3 – График влияния температуры и давления на прочность цементного камня

Влияние температуры на свойства тампонажных растворов и камня необходимо учитывать при выборе вяжущего для цементирования конкретного интервала скважины.

#### Список использованной литературы:

1. Агзамов Ф.А. О необходимой величине расширении тампонажных материалов / Ф.А. Агзамов, В.В. Бабков, И.Н. Каримов // Территория Нефтегаз. – № 8. – 2011. – С. 14-15

2. ГОСТ 1581-96 Портландцементы тампонажные. Технические условия. – Введен 1998–10–01. – М.: МНТКС. – 1998. – 14 с.
3. Никишкин, В.А. Влияние структуры и плотности на прочность и деформативность плотного строительного бетона и его составляющих: монография / В.А. Никишкин // Екатеринбург, УГТУ-УПИ. – 2009. – 269 с
4. Бутт Ю.М. Портландцемент / Ю.М. Бутт, В.В. Тимашев. – М.: Стройиздат, 1974. – 328 с.
5. Саницкий М.А. Некоторые вопросы кристаллохимии цементных минералов / М.А. Саницкий. – Киев: УМК, 1990 – 60 с.
6. Байков А.А. Собрание трудов. Труды в области вяжущих веществ и огнеупорных материалов / А.А. Байков. – М.–Л.: Изд-во АН СССР. – 1948. – Т 5. – 271 с.
7. Тейлор Х.Ф. У. Химия цемента / ред. Х.Ф. У. Тейлора. – М.: Стройиздат, 1969. – 501 с.
8. Ларионова З.М. Петрография цемента / З.М. Ларионова, Б.Н. Виноградов. – М.: Стройиздат, 1974. – 348 с
9. F. Tomosawa, A Hydration model of cement, Proc. of Annual Meeting on Cement Technology, Cement Association of Japan, Vol.28, (1974), pp.53-57 (in Japanese)
10. T. Knudsen, The Dispersion Model for Hydration of Portland Cement I., General Concepts, Cem Concr Res 14(5) (1984) 622-630
11. H.M. Jennings and S.K. Johnson, Simulation of Microstructure Development During the Hydration of a Cement Compound, J Am Ceram Soc 69(11) (1986) 790-795
12. K. van Breugel, Numerical Simulation of Hydration and Microstructural

**Трушкин О.Б., Трепалин М.А. © 2023**