

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ КАМНЕПИЛЕНИЯ КАРБОНАТНЫХ ПОРОД ДЛЯ КЛАДОЧНЫХ РАСТВОРОВ

Гоменюк В.М., к.т.н., доцент, Макаров С.В., к.т.н., профессор
(Одесская государственная академия строительства и архитектуры,
г.Одесса)

Приведены результаты экспериментальных исследований физико-механических свойств карбонатных песков для кладочных растворов.

В настоящее время объем строительства с каждым годом растет, возрастает также потребность в строительных материалах и, в частности, в строительных песках, как для бетонов, так и для кладочных растворов. В то же время пески кварцевые из осадочных и изверженных пород в южных районах Украины являются дефицитными и дорогими. Кроме того, природные кварцевые пески наличествующие в южных районах Украины содержат до 40% пылевидных частиц крупностью менее 0,15 мм, что приводит в случае их использования, к увеличенному расходу цемента.

Последние десятилетия в технической литературе обсуждается вопрос о возможности и целесообразности использования в бетонах и растворах карбонатных песков, при этом, во многих источниках упоминается о хорошем сцеплении карбонатных песков с цементным камнем, более высоком, чем с песками из плотных пород камня, об экономичности растворов и бетонов на известняковых заполнителях [1; 6].

Отходов камнепиления в виде песка имеется большое количество в карьерах добычи камней-ракушечников на юге Украины: в Одесской и Николаевской областях, а также в Крыму, и стоимость его гораздо ниже, чем кварцевого.

Сначала в ОИСИ, затем в ОГАСА (на протяжении 5 лет) проведенные опыты показали возможность использования отходов низкопрочных карбонатных пород – пыльных известняков в качестве песка для кладочных растворов.

Наши исследования ставили целью определить: прочность раствора, его деформативность, величину сцепления раствора с камнем, а также экономичность растворов на карбонатных заполнителях.

Для опытов по определению прочности растворы готовились на цементно-известковом и известковом вяжущем. Пески карбонатные при-

менялись Булдынского и Ильинского карьеров Одесской области и Главанского карьера Николаевской области. Для эталонных образцов использовался кварцевый морской (рефулированный) песок.

Характеристики песков приведены в таблице 1.

Таблица 1

Наименование песка	Среднее значение характеристик песка				Содержание пылевидных фракций, %
	удельный вес, %	объемный вес, т/м ³	пористость, %	модуль крупности	
Кварцевый	2.66	1.55	42	2.5	28.0
Известняковый	2.61	1.25	52	2.0	10.0

Примечание. Известняковый песок получен в результате просеивания карьерных отходов через сито с отверстиями 5,0 мм.

Прочность раствора на сжатие проверялась в соответствии с ГОСТом на кубиках с ребром 7,05 см. Испытывались кубики в возрасте 1-го и 2-х месяцев. Результаты испытания показали, что при одинаковых составах растворов прочность растворов с использованием известняковых песков или равна или несколько выше (3–7%) прочности растворов на кварцевом песке.

Для проверки целесообразности использования карбонатных песков в кладочных растворах были также изготовлены и испытаны при кратковременном действии нагрузки образцы каменной кладки из камня-ракушечника марки 25 на растворе состава 1 : 0,7 : 10, цемент марки 300. Образцы кладки были изготовлены на растворах, содержащие кварцевый и карбонатный пески. Образцы кладки на разных растворах испытывались в месячном возрасте и показал практически одинаковую прочность.

Прочность сцепления раствора с камнем было необходимо проверить исходя из того, что районы территории страны, где находятся карьеры по разработке известняков-ракушечников в настоящее время относятся к районам с сейсмичностью не менее 7 баллов. Необходимые исследования были выполнены профессором Измайловым Ю.В. и одним из авторов настоящей статьи [4; 6].

Исследования проводились на двух группах камней с различной всасывающей способностью. К первой группе относились альминский и бодракский известняки с высокой всасывающей способностью, по второй – камыш-бурунский, бешеранский и булдынский с низкой всасывающей способностью. Растворы выполнялись на карбонатных песках указанных карьеров и для сравнения прочности сцепления раство-

ра с камнем – на кварцевом балобановском песке. Растворы готовились составом 1 : 0,5 : 4,5 с $Sl = 10$ см. Результаты испытаний приведены в таблице 2.

По данным таблицы 2 видно, что прочность сцепления раствора с камнем зависит от того, на каком заполнителе (кварцевом или карбонатном) выполнены растворы, так и от того, из какого камня изготовлена кладка – из камня низкой или высокой всасывающей способности. Так, прочность сцепления камней, имеющих **низкую** всасывающую способность с растворами на известняковых песках оказалась практически такой же, как и с раствором на кварцевом песке, а прочность сцепления камней с **высокой** всасывающей способностью ниже прочности сцепления с растворами на известняковых песках по сравнению с прочностью сцепления на кварцевом песке в 2–3 раза.

Таблица 2

Наименование песка	Среднее значение нормального сцепления в кладке из известняков, МПа				
	Альмин- ского	Бодрак- ского	Камыш- бурунско- го	Бешеранс- кого	Булдын- ского
Кварцевый					
Балабановский	0.34	0.48	0.26	0.24	0.27
Карбонатные:					
Бешеранский	0.34	0.36	0.23	0.29	0.31
Камыш-бурунский	0.16	0.16	0.26	0.23	0.24
Бодракский	0.11	0.14	0.24	0.27	0.23
Альминский	0.13	0.13	0.22	0.26	0.24
Булдынский	0.17	0.14	0.27	0.27	0.27

Объяснить это можно тем, что пески камыш-бурунский, альминский и бодракский имели высокое содержание пылевидных частиц (28–43%), а растворы на этих песках – чрезмерно большую усадку; содержание пылевидных частиц крупностью менее 0,15 мм в песках бешеранского и булдынского было в пределах 10–15%, а усадка раствора на этих песках в 4 – 5 раз меньше.

Деформативность растворов на известняковых заполнителях, и для сравнения на кварцевых песках, определялась при длительном действии нагрузки на образцы для определения деформаций ползучести E_n и длительном выдерживании образцов в естественных условиях – для определения усадочных деформаций E_{yc} .

Растворные образцы изготавливались в металлической опалубке в виде призм размерами $35 \times 7 \times 7$ см на пористом основании. В качестве основания использовались камни карбонатных пород; подбирались они, примерно, одинаковой всасывающей способности и имели толщину 10 см. Через 1 – 2 суток после изготовления образца освобождались от форм и в течение трех недель хранились в тепловлажных условиях, последующее время до испытания (6 – 7 суток) – выдерживались в обычных комнатных условиях. Составы растворов (Ц : И : П), использованные в опытах, приведены в таблице 3.

Таблица 3

Наименование раствора	Составы растворов для марок		
	50	25	10
цементно-известковый	1 : 0,4 : 6,5	1 : 1,3 : 10	1 : 2 : 16
то же	–	1 : 0,65 : 10	–

Влияние длительных нагрузок на Деформативные и прочностные характеристики раствора изучались на образцах, которые в пределах одной серии выполнялись из одинаковых материалов, имели одинаковые размеры, а также хранились в одинаковых температурно-влажностных условиях.

Образцы одной серии делились на три группы.

Первая группа (эталонные) служила для определения их предела прочности $R_{\text{эт}}$ и деформаций $E_{\text{кр}}$, полученных в процессе кратковременного испытания образцов ступенями нагрузки от $\sigma = 0$ до $\sigma = R_{\text{эт}}$.

Вторая группа (основные) предназначалась для определения суммы длительных деформаций – ползучести и усадки, а также изменения прочности образцов, вызванного длительным сжатием (а также возрастом) последних. Основные образцы после длительного обжатия в пружинных прессах (рис.1), разгружались, а затем кратковременным загрузением на гидравлическом прессе разрушались.

Образцы второй группы в зависимости от величины постоянных длительных напряжений $\sigma_{\text{обж.}}$, возраста образцов раствора к моменту обжатия длительной нагрузкой $t_{\text{н}}$, делились на подгруппы.

Каждая подгруппа состояла из 3-х образцов. Длительное напряжение для образцов второй группы назначалось от 0,3 до 0,8 $R_{\text{эт}}$.

Третья группа (контрольные) служила для определения усадочных и температурных деформаций, а также изменения прочности образцов во времени. Контрольные образцы в возрасте образцов второй группы

кратковременным испытанием на гидравлическом прессе также доводились до разрушения.

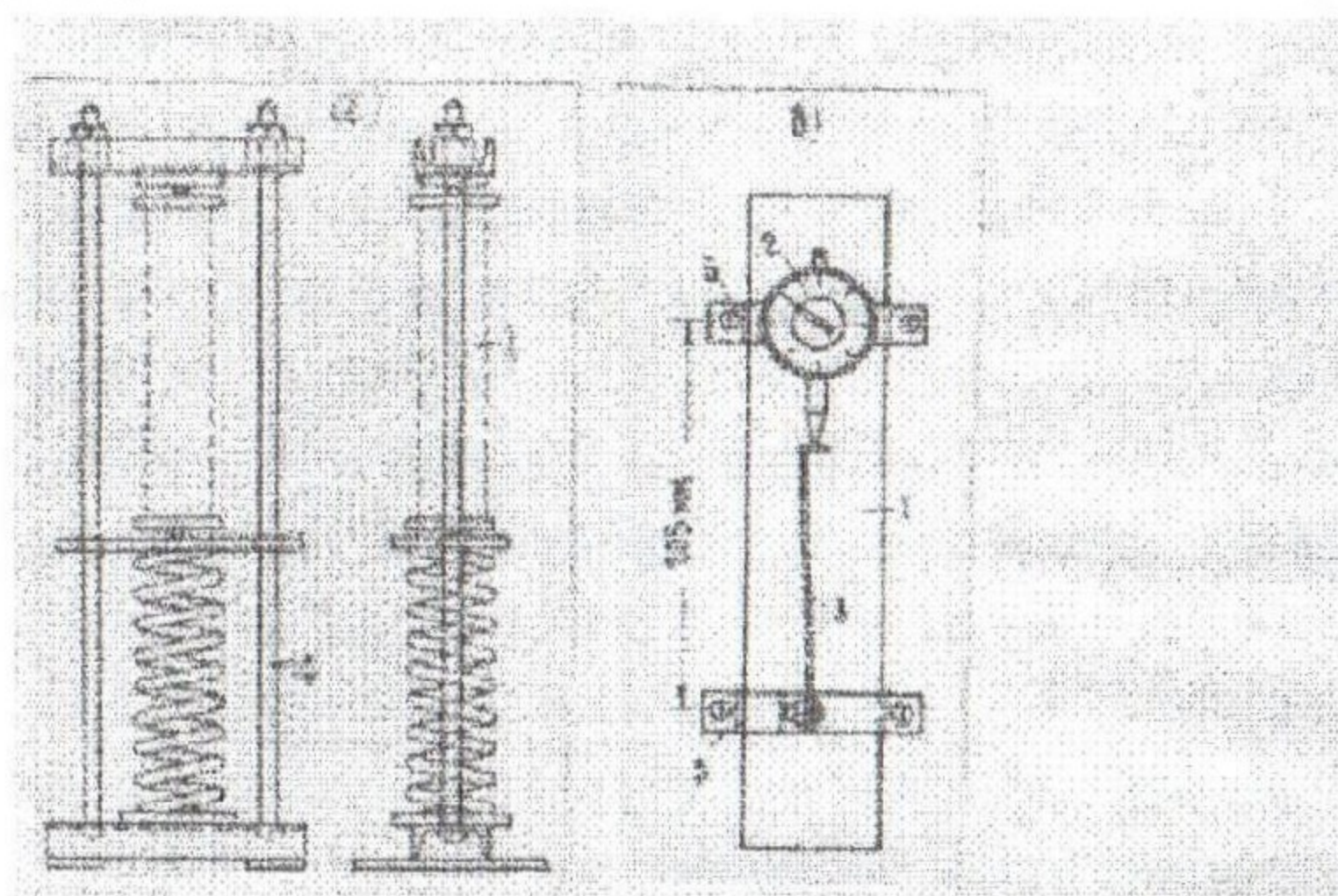


Рис. 1. Пресс для испытания образцов раствора длительной нагрузкой (а) и контрольный образец (б): 1 – образец; 2 – индикатор; 3 – штанга; 4 – силовая установка; 5 – хомут

На рис.2 в качестве примера представлены графики деформаций $E_{\text{п}}$ образцов раствора марки 25 (состава 1 : 0,4 : 6,5) при различных напряжениях в зависимости от длительности действия постоянной нагрузки τ . Здесь же представлены усадочные деформации $E_{\text{ус}}$, полученные по контрольным образцам.

Образцы серии «И» выполнялись на известняковом песке Булдинского карьера, серии «У» - на кварцевом морском песке. За период испытания (300 суток) температуры колебались в пределах 18–22°C, а относительная влажность воздуха – от 70 до 80%.

Следует отметить, что опыт с растворными образцами проводились в условиях отличных от условий работы раствора в швах кладки, поэтому при выполнении опытов с растворными призмами нами ставилась задача получения только качественных характеристик деформаций ползучести и изменения прочности раствора, вызванных длительными нагрузками последнего.

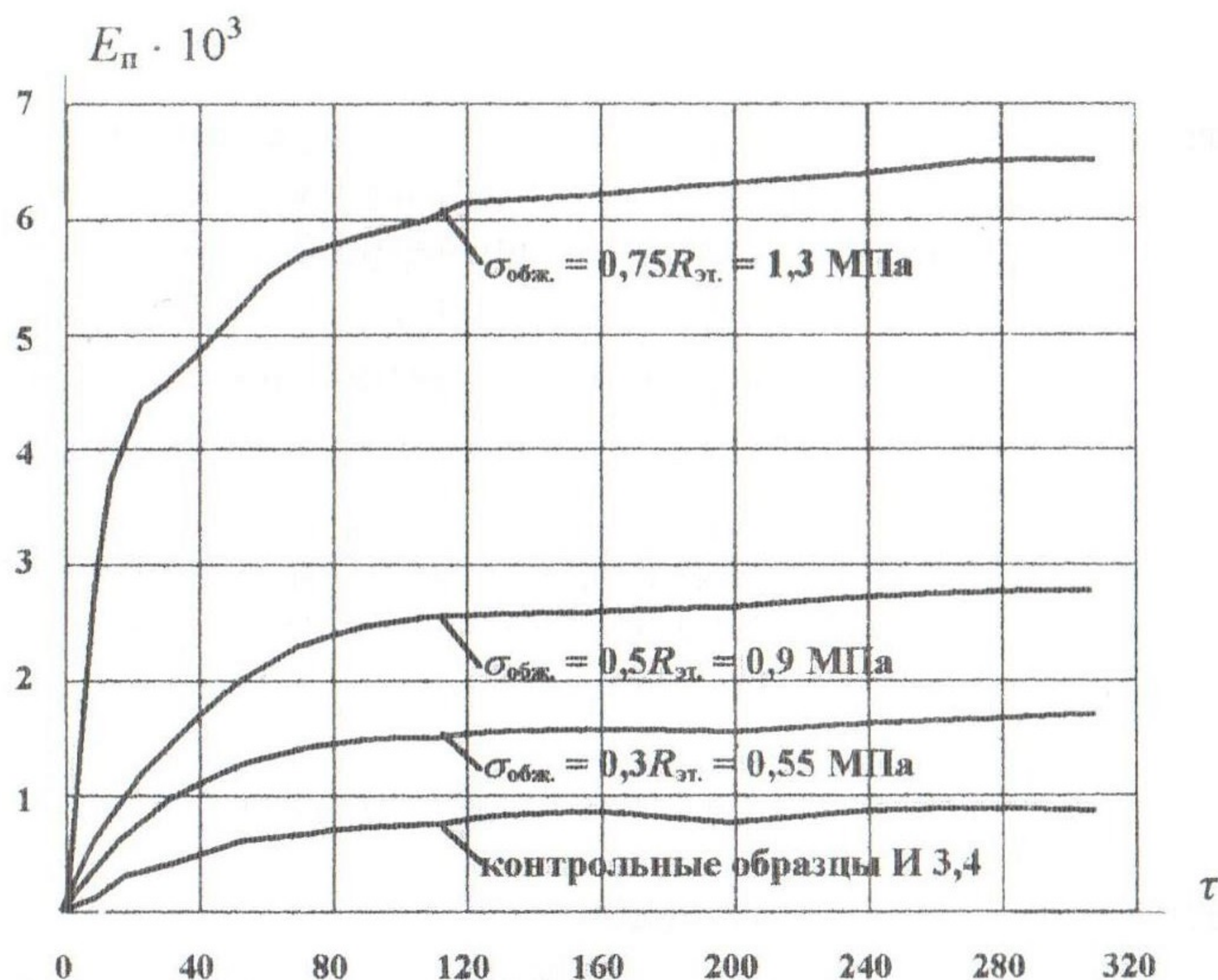
При сравнении данных кривых деформаций ползучести, представленных на рис.2, при одинаковых относительных

напряжениях $\chi = \frac{\sigma}{R_{\text{эт}}}$ (в нашем примере, практически и при

одинаковых абсолютных напряжениях – 0,9 и 0,86 МПа) растворов, выполненных на кварцевом песке (серия И) установлено, что дефор-

песке (серия И) установлено, что деформации ползучести раствора на известняковом песке в 1,5 раза выше, чем на кварцевом песке. Такая же закономерность выявлена и на растворах, выполненных на известняковых песках других карьеров.

а)



б)

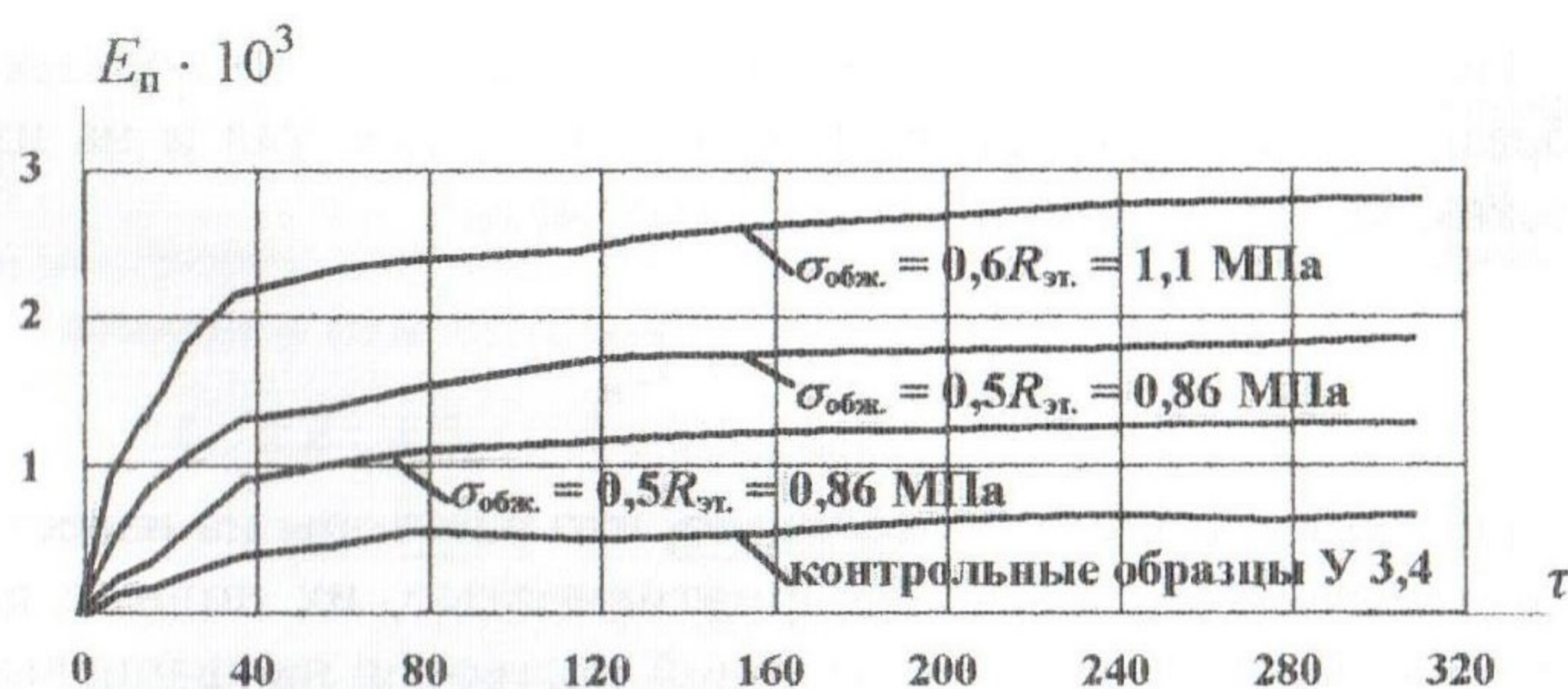


Рис.2. Опытные кривые деформаций ползучести $E_{\text{п}}$ образцов раствора
и
деформации усадки $E_{\text{у}}$, полученные по контрольным образцам.
а) по образцам серии И; б) по образцам серии У.

На рис.3 показаны графики полных деформаций образцов растворов E в зависимости от относительных напряжений $\chi = \frac{\sigma}{R_{\text{эт}}}$.

Полные деформации представляются суммой деформаций

$$E = E_{\text{кр}} + E'' + E_{\text{ус}}, \quad (1)$$

где: $E_{\text{кр}}$ - деформации, полученные кратковременным испытанием эталонных образцов при подъеме напряжений от $\sigma = 0$ до $\sigma_{\text{обж}}$ ступенями, равными, примерно $0,1R_{\text{эт}}$ (с 5-тиминутной выдержкой на каждой ступени);

E'' - деформации ползучести, накопленные за время длительного обжата основных образцов при постоянных напряжениях $\sigma_{\text{обж}}$;

$E_{\text{ус}}$ - усадочные деформации, зафиксированные по контрольным образцам при длительном выдерживании их без нагрузки*.

Кратковременные деформации $E_{\text{кр}}$ определяются формулой:

$$E_{\text{кр}} = E_y + E'_n \quad (2)$$

где: E_y - упругие деформации;

E'_n - деформации ползучести, развивающиеся при росте напряжений в образцах раствора от $\sigma = 0$ до $\sigma_{\text{обж}}$ при кратковременном их испытании.

По рис.3 видно, что основной составляющей полных деформаций образцов раствора, как на кварцевых песках, так и на известняковых песках, являются деформации ползучести:

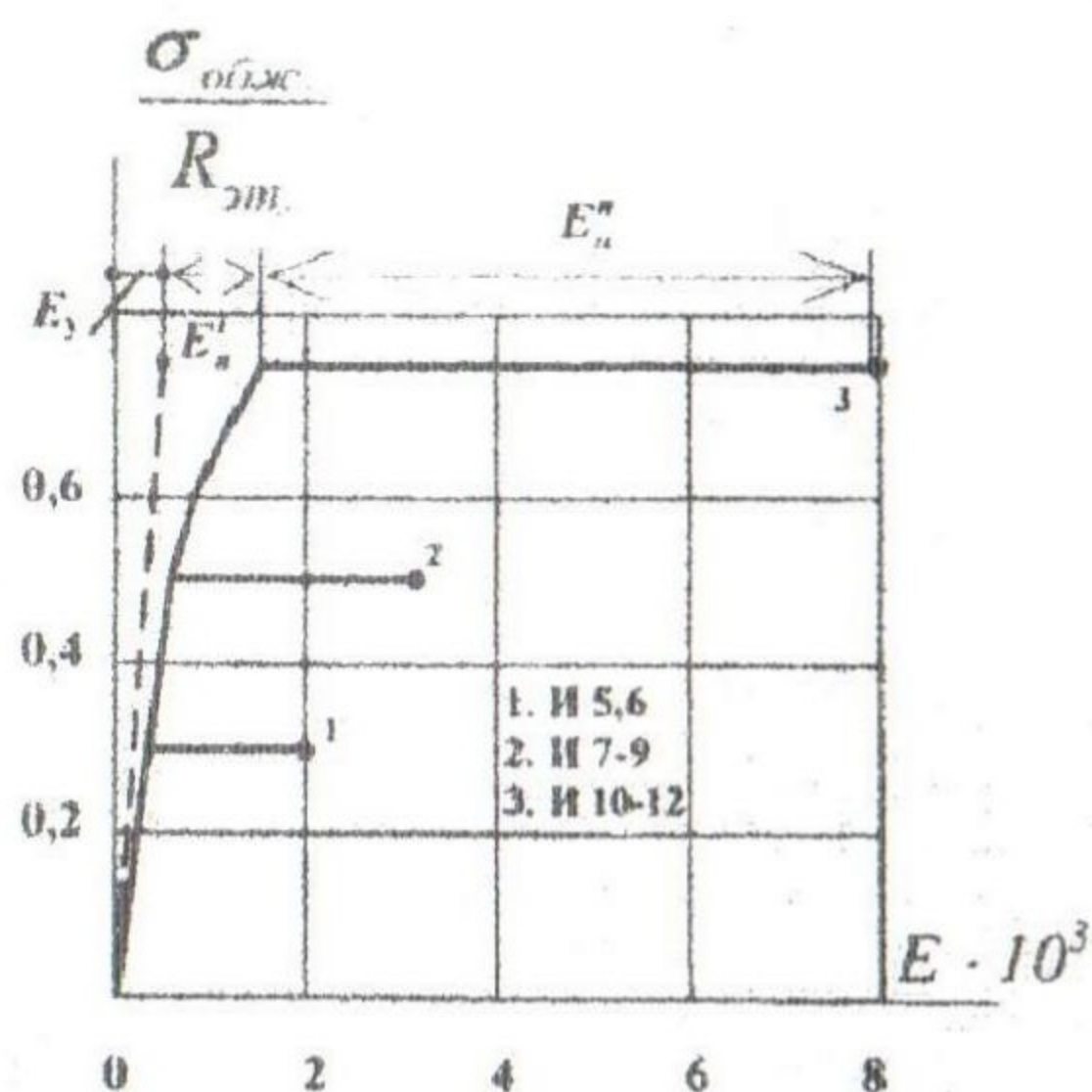
$$E_n = E'_n + E''_n \quad (3)$$

По данным рис.3 также видно, что растворы на известняковых песках обладают большей деформативностью, их полные деформации в 1,5 раза выше полных деформаций растворов на кварцевых песках.

Повышенная деформативность растворов на известняковых песках объясняется тем, что известняковый заполнитель обладает, как материал, меньшим модулем деформаций, меньшей жесткостью. В длительно загруженном растворе происходит перераспределение напряжений между затворевшим вяжущим и заполнителем, которое тем больше, чем меньше жесткость заполнителя. Естественно, что ползучесть в рас-

творях с менее жестким заполнителем, каким является известняковый песок, будет большей.

а)



б)

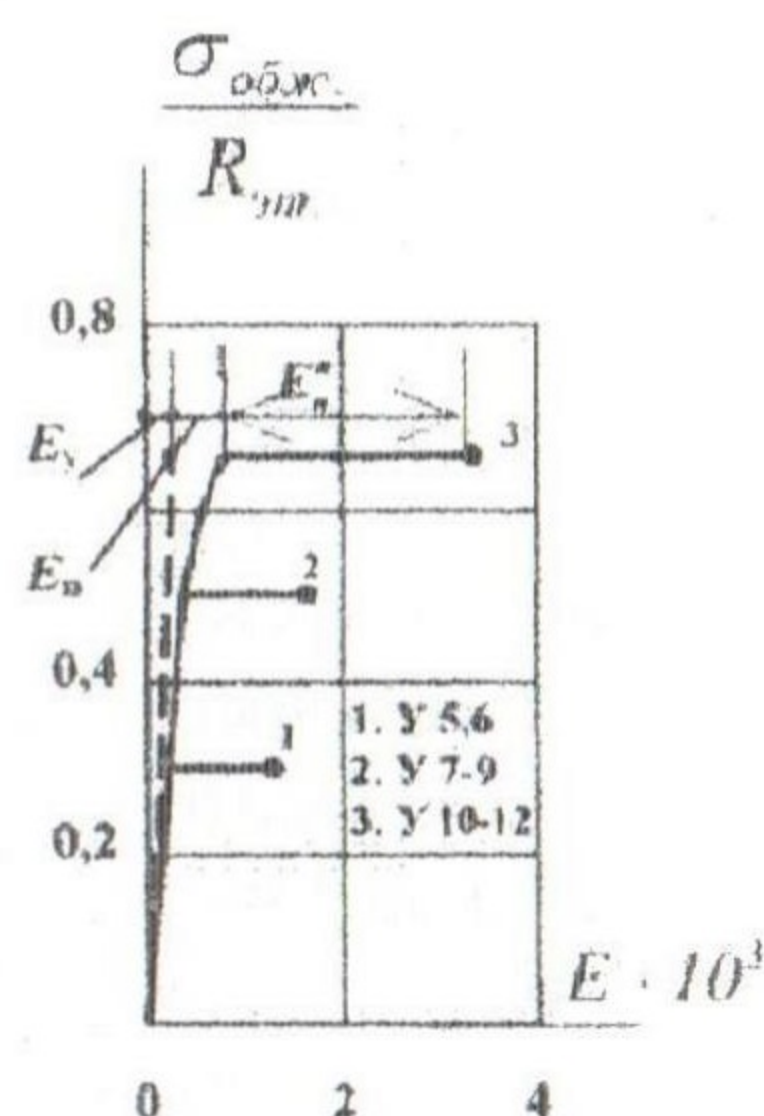


Рис.3. Полные деформации E образцов раствора

в зависимости от относительных напряжений $\frac{\sigma_{обж.}}{R_{зм.}}$

а) по образцам серии И; б) по образцам серии У.

На основании проведенных исследований известняковых песков в качестве заполнителя в кладочных растворах можно рекомендовать для производства следующие их составы, приведенные в таблице 4.

Таблица 4

Марка цемента	Составы по объему (Ц : И : П) для растворов марок			
	75	50	25	10

Составы растворов для надземной кладки зданий с помещениями сухими и относительной влажностью до 60%.

400	1 : 0,2 : 4,3	1 : 0,5 : 6,5	1 : 1,2 : 12,5	—
300	1 : 0,1 : 3,2	1 : 0,3 : 4,8	1 : 0,8 : 9,5	—
200	—	1 : 0,1 : 3	1 : 0,4 : 6,5	1 : 1,3 : 13

Составы растворов для надземной кладки зданий с помещениями с относительной влажностью от 60 до 75%.

400	1 : 0,2 : 4,3	1 : 0,5 : 6,5	—	—
300	1 : 0,1 : 3,2	1 : 0,2 : 4,8	1 : 0,7 : 9,0	—
200	—	1 : 0,1 : 2,9	1 : 0,4 : 6,0	1 : 0,8 : 11

Примечание. Известь принята II сорта с объемной массой известкового теста 1,4 т/м³.

Выводы

1. Как показали опыты, по прочности и деформативным свойствам пески из пыльных известняков целесообразно использовать в кладочных растворах в районах, где имеются карьеры разработки камней карбонатных пород. Пески должны иметь оптимальный состав с содержанием пылевидных частиц 15 – 25% с модулем крупности 1,2 – 2,5. Пески не должны содержать органических добавок (гумуса), наличие глинистых примесей не должно превышать 5%.
2. Растворы на известняковых песках обладают повышенной деформативностью, их полные деформации в 1,5 раза выше полных деформаций растворов на кварцевых песках. Это обстоятельство необходимо учитывать при проектировании каменной кладки (из природных камней или кирпича) с наружной облицовочной плиткой.
3. Составы растворов на известняковых песках следует принимать по табл.4.

Литература

1. Б.Г.Скрамтаев, П.Ф.Шубенкин, Ю.М.Баженов. Исследование свойств бетона и раствора на известняковом песке. Научно-техническое сообщение № 8, ВНИИНеруд. Ставрополь-на-Волге, 1962 г.
2. В.М.Гоменюк. Кладочні розчини на вапняковому заповнювачі. Журнал „Будівельні матеріали і конструкції”. Київ, 1963 р.
3. С.В.Макаров. Особенности работы кладок из штучного камня молдавских месторождений при центральном и внецентренном сжатии. Сборник «Использование пыльных известняков в строительстве», Картя Молдовеняскэ. Кишинев, 1962 г.
4. Ю.В.Измайлов. Сцепление в кладке из мелких и крупных блоков пыльных известняков. Сборник «Использование пыльных известняков в строительстве», Картя Молдовеняскэ. Кишинев, 1962 г.
5. В.М.Гоменюк, Ю.В.Измайлов. Использование известняковых песков в строительных растворах. Сборник «Научно-техническое сообщение № 8». НИИНеруд, Ставрополь-на-Волге, 1962 г.
6. В.Е.Ящук. К вопросу производства и применения изделий из отходов пыльных известняков. Сборник «Использование пыльных известняков в строительстве», Картя Молдовеняскэ. Кишинев, 1962 г.
7. С.В.Поляков. Длительное сжатие кирпичной кладки. Госстройиздат. Москва. 1959 г.