

Рис. 7. График осадок модели плиты: 1 – на плоском основании; 2 – на основании в форме трапеции

Заключение. Результаты экспериментальных исследований совместной работы модели фундаментной плиты с плоским грунтовым основанием и основанием в форме трапеции показали, что прогиб модели плиты на плоском основании при действии такой же нагрузки на 23% больше прогиба на основании в форме трапеции. Это дает основание считать, что и изгибающий момент на обрезах фундаментной стены будет соответственно настолько же больше. Если жесткость модели плиты увеличить до абсолютного значения, что обычно принимается при проектировании сборных ленточных фундаментов, то эта разница может достигнуть до 35–40%. Поэтому применение грунтовых оснований в форме трапеции для проектирования ленточных фундаментов может дать соответствующий экономический эффект [1].

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Грицук, М.С. Рациональные конструкции плитных фундаментов. – Брест: Брестский политехнический институт, 1997. – 218 с.
2. Винокуров, Е.Ф. Итерационный метод расчета оснований и фундаментов с помощью ЭВМ. – Минск: Наука и техника, 1973. – 246 с.
3. Грицук, М.С. Рациональные расчетные схемы грунтовых оснований для устройства сборных и монолитных ленточных фундаментов / М.С. Грицук, Ryszard Hulboj // «Вестник» Могилевского Белорусско-Российского университета. – Могилев, 2011.
4. Основания и фундаменты зданий и сооружений: СНБ 5.01.01-99. – Минск: МАиС, 1999. – 35 с.

Материал поступил в редакцию 02.02.12

GRICUK M.S., GRICUK A.M., HULBOJ RYSZARD Experimental researches of work of the continuous footing on the convex earth foundation

In this article results of laboratory researches of model of base slabs on a flat earth foundation and the base in the form of a trapeze are stated. It is determined that a bending deflection of a model is slab on the flat base much greater of the deflection on the base in the form of a trapeze. Therefore application of the bases in the form of a trapeze gives the chance to design more energy conserving structures of continuous footings.

УДК 691.5.535

Бакатович А.А., Вишнякова Ю.В.

МЕХАНИЗМЫ ВЛИЯНИЯ КАРБОНАТОСОДЕРЖАЩЕГО НАПОЛНИТЕЛЯ НА ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА КЛАДОЧНЫХ РАСТВОРНЫХ СМЕСЕЙ И РАСТВОРОВ

Введение. На территории Республики Беларусь одной из нерешенных экологических проблем является утилизация шлама водочистки, получаемого при устранении карбонатной жесткости воды. Наиболее остро данный вопрос стоит в Витебской области. На территории региона образуется 3,2 тыс. т. шлама в год, что составляет практически половину от всего получаемого объема в стране. Основной объем шлама – 2,9 тыс. т. образуется на Новополоцкой ТЭЦ, производящей очистку воды для технологического потребления таких промышленных гигантов, как ОАО «Нафтан» и завода «Полимир», а также для бытовых нужд жителей города Новополоцка.

На диаграмме (рис. 1) приведены ежегодно образующиеся объемы шлама по областям Беларуси с указанием данных по основным теплоэлектроцентралям и котельным. Основным соединением в шламе является карбонат кальция в количестве 63–68 %.

Результаты исследований и методика расчета составов. Для установления возможного применения шлама в качестве наполнителя в цементных растворных смесях и растворах проведены исследования прочности композиций на цементах ПЦ500 Д20 заводов ПРУП «Белорусский цементный завод» и ПРУП «Кричевцементно-шифер» с добавками извести и шлама с определением нормальной густоты. Предварительно шлам высушивали и измельчали до состояния порошковой массы. Шлам вводили в количестве от 20 до 120 % от массы извести по сухому веществу. Наибольший размер частиц порошка шлама составлял 80 мкм. Испытания проводили на образцах-кубиках размером 20×20×20 мм. Результаты исследований приведены в таблице 1.

Бакатович Александр Александрович, кандидат технических наук, доцент кафедры строительного производства Полоцкого государственного университета.

Вишнякова Юлия Валентиновна, ассистент кафедры строительного производства Полоцкого государственного университета. Беларусь, ПГУ, 211440, Витебская обл., г. Новополоцк, ул. Блохина, 29.

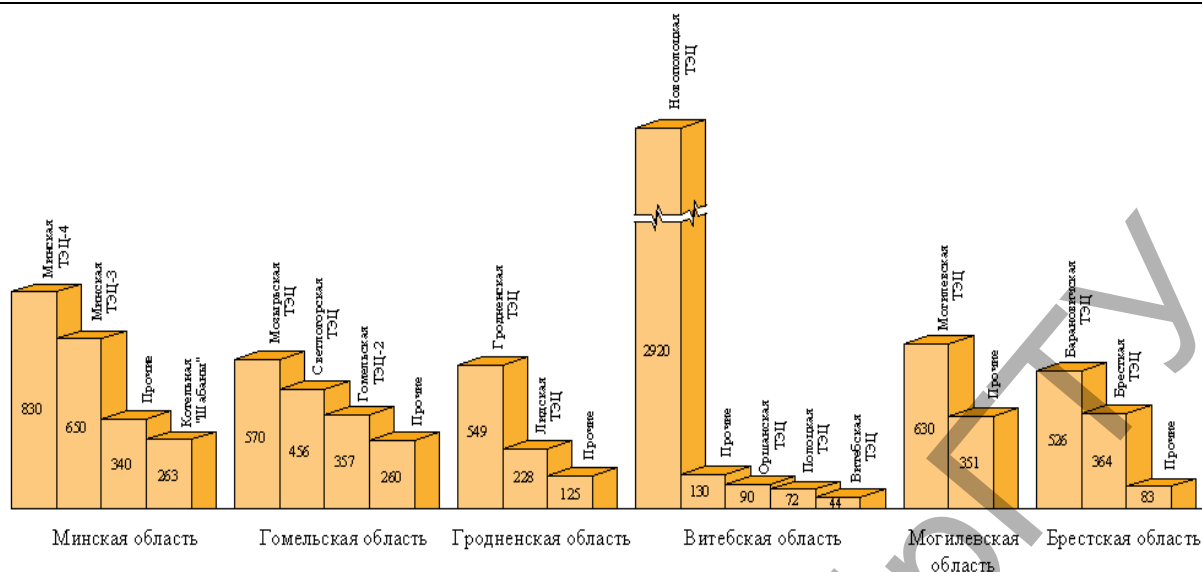


Рис. 1. Объемы получения шлама по регионам Республики Беларусь (по сухому веществу, т)

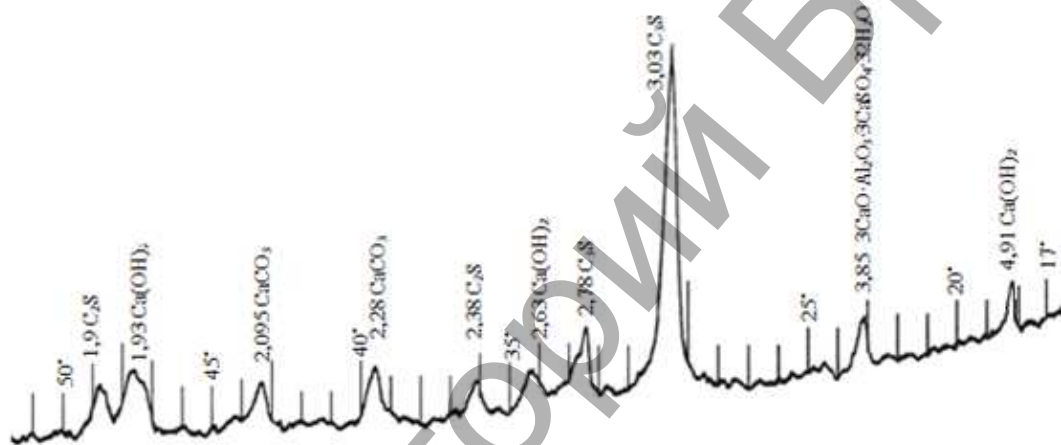


Рис. 2. Рентенограмма цементного камня с добавкой извести (в возрасте 3 суток)

Таблица 1. Прочность и нормальная густота цементных композиций с добавками

Наим. завода	№ состава	Расход добавки, % от массы цемента		Прочность, МПа		Нормальная густота, %
		известь	наполнитель	7 суток	28 суток	
ПРУП «Кричевцементношифер»	1	-	-	23,42	32,55	0,28
	2	50	-	11,23	18,98	0,67
	3	-	10	22,03	27,35	0,33
	4	-	20	17,97	23,57	0,4
	5	-	30	17,15	21,93	0,47
	6	-	40	12,57	19,86	0,53
	7	-	50	10,1	15,46	0,61
	8	-	60	8,59	14,88	0,67
ПРУП «Белорусский цементный завод»	1	-	-	19,91	29,23	0,31
	2	50	-	9,28	15,04	0,71
	3	-	10	18,64	24,81	0,35
	4	-	20	14,57	20,55	0,42
	5	-	30	13,88	18,23	0,48
	6	-	40	10,26	16,2	0,55
	7	-	50	8,51	13,4	0,61
	8	-	60	7,05	12,97	0,68

Анализ полученных результатов позволяет установить, что увеличение дозировки наполнителя ведет к увеличению показателя

нормальной густоты. Увеличение количества воды в свою очередь приводит к снижению прочности цементных композиций с добавками. Значения прочности цементно-шламовых композиций при дозировке наполнителя 80 % (составы 6) в возрасте 7 и 28 суток практически идентичны показателям цементно-известковых композиций (составы 2), а значения нормальной густоты ниже на 21–23 %. При этом показания нормальной густоты при введении наполнителя в количестве до 120 % от расхода извести (составы 8) не превышают значений цементно-известковых композиций.

С целью установления механизма взаимодействия цемента с наполнителем в процессе гидратации и твердения выполнена серия рентгенофазовых исследований цементного камня с добавками извести и наполнителя на составах 2 и 6 (табл. 1) (рис. 2, 3). Исследования проведены на установке «D8 Advance» Bruker с использованием программы EVA 9.0.0.2.

В сравниваемых образцах установлено наличие этtringита, гидроксидов и карбоната кальция, остатков негидратированных клинкерных минералов, характерных для гидратации цемента, и отсутствие соединений, отрицательно влияющих на прочностные свойства раствора с наполнителем. Полученные результаты позволяют прогнозировать обеспечение долговечности цементных растворов, приготовленных с использованием наполнителя.

Для подтверждения полученных результатов проведен микроскопический анализ цементных композиций с добавками извести и наполнителя.

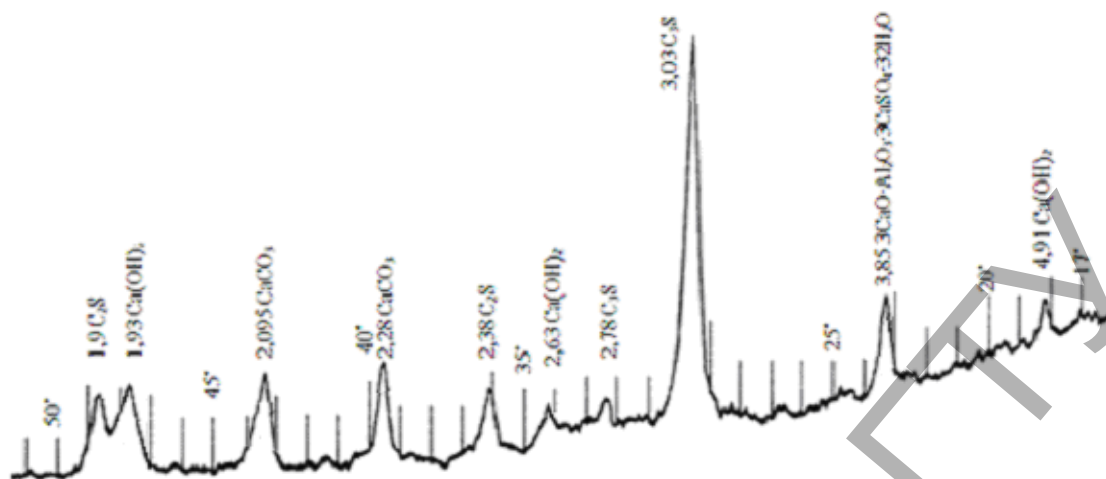


Рис. 3. Рентгенограмма цементного камня с наполнителем (в возрасте 3 суток)

В 3-суточном возрасте увеличение 2000 крат позволяет визуально оценить структуру цементно-известкового камня как рыхлую мелкозернистую с большим количеством пор размером 1–4 мкм (рис. 4).

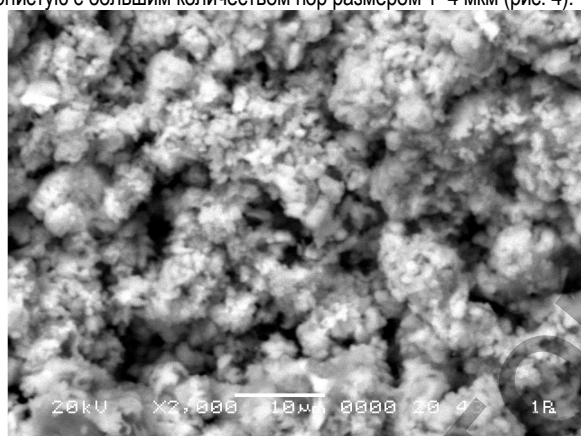


Рис. 4. Электронная микроскопия цементно-известковой композиции в возрасте 3-х суток (увеличение 2000 крат)

В возрасте 3-х суток в структуре цементно-шламовой композиции присутствуют поры размером 2–5 мкм (рис. 5). Происходит срастание продуктов гидратации цемента с зернами наполнителя в сплошную структуру.

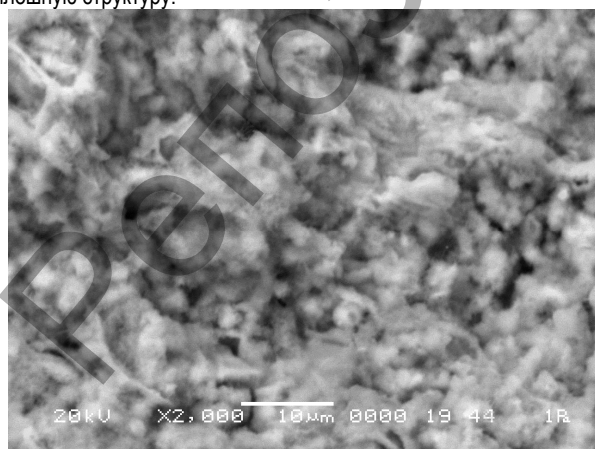


Рис. 5. Электронная микроскопия цементно-шламовой композиции в возрасте 3-х суток (увеличение 2000 крат)

При увеличении 5000 крат в образце цементно-шламовой композиции наблюдаются кристаллы гидросульфалюмината, частично заполняющие поровое пространство (рис. 6).

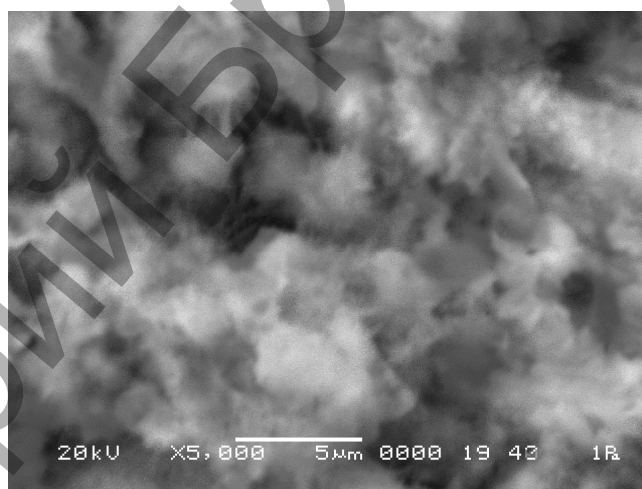


Рис. 6. Электронная микроскопия цементно-шламовой композиции в возрасте 3-х суток (увеличение 5000 крат)

Выполненная электронная микроскопия в возрасте 10-ти суток позволила установить, что происходит зарастание продуктами гидратации порового пространства цементно-шламовой композиции, что ведет к повышению монолитности структуры, уменьшению размеров пор до 1–3 мкм и в целом их количества.

В цементно-известковой композиции за счет продолжающейся гидратации зерен цемента и взаимодействия с Ca(OH)_2 происходит образование более плотной и монолитной структуры. В результате цементно-известковая композиция по своей структуре приближается к структуре цементно-шламового состава.

Сопоставление структур цементно-известковой и цементно-шламовой композиций позволяет сделать вывод о том, что реакции гидратации цемента, взаимодействующего с частицами шлама с образованием продуктов гидратации в цементно-шламовой композиции, протекают более интенсивно, чем в цементно-известковой в первые 3-е суток. Процесс образования этtringита (рис. 5) происходит более интенсивно, что можно объяснить наличием не только в цементе, но и в шламе сульфата кальция, вступающего в реакцию с трехкальциевым алюминатом и образованием гидросульфалюминатов в начале гидратации цемента.

В насыщенном растворе Ca(OH)_2 этtringит сначала выделяется в коллоидном тонкодисперсном состоянии, осажаясь на поверхности частиц $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$, замедляет их гидратацию и продлевает схватывание цемента. Кристаллизация Ca(OH)_2 из пересыщенного раствора понижает концентрацию гидроксида кальция в растворе и этtringит уже образуется в виде длинных иглоподобных кристаллов. Кристаллы этtringита и обуславливают раннюю прочность затвер-

девшего цемента. Как известно, эттрингит, содержащий 31–32 молекулы кристаллизационной воды, занимает примерно вдвое больший объем по сравнению с суммой объемов реагирующих веществ (С₃А и сульфат кальция). Заполняя поры цементного камня, эттрингит при оптимальной дозировке гипса повышает его механическую прочность. Структура затвердевшего цемента улучшается еще и потому, что предотвращается образование в нем слабых мест в виде рыхлых гидроалюминатов кальция [1].

Таким образом, микроскопический анализ подтверждает данные рентгенофазового анализа о более интенсивном образовании эттрингита в цементно-шламовой композиции в начальный период структурообразования. Кроме того, образующаяся связанная крупнозернистая структура цементно-шламовой композиции подтверждает предположение о том, что частицы шлама являются центрами кристаллизации, что позволяет интенсифицировать процессы структурообразования.

На основании полученных данных для оптимизации составов растворной смеси и раствора с наполнителем проведен 4-факторный эксперимент. Из предварительных результатов исследований следует, что на показатели прочности раствора, расслаиваемости и водоудерживающей способности растворной смеси влияют дозировка наполнителя, максимальный размер частиц наполнителя, расход цемента и подвижность растворной смеси. Установить закономерности изменения основных характеристик растворных смесей и растворов при варьировании 4-х факторов возможно путем моделирования исследуемых процессов.

В качестве вяжущего применялся цемент ПЦ500 Д20 с расходом в пределах от 160 до 370 кг. Наполнителя вводился в количестве 40 – 120 % от необходимого расхода извести. Максимальный размер частиц наполнителя изменялся в пределах от 60 до 100 мкм. Подвижность растворных смесей варьировалась в диапазоне от 6 до 11 см.

С помощью программы «STATISTICA» проведен регрессионный анализ полученных данных [2]. После оценки найденных коэффициентов по критерию Стьюдента и удаления незначимых [3], получены полиномиальные модели прочности раствора, а также расслаиваемости и водоудерживающей способности растворной смеси.

В натуральных обозначениях факторов модели имеют следующий вид:

- прочность в возрасте 28 суток –

$$R_{28} = -2,388 - 0,039 \times C + 0,225 \times H + 0,239 \times P_ч - 1,243 \times П + 1,9 \times 10^{-4} \times C^2 - 1,39 \times 10^{-3} \times H^2 - 1,52 \times 10^{-3} \times P_ч^2 + 0,065 \times П^2 - 6,2 \times 10^{-4} \times C \times П + 5,6 \times 10^{-4} \times H \times П \quad (1)$$

- расслаиваемость –

$$P = 38,741 - 0,041 \times C - 0,245 \times H - 0,257 \times P_ч - 2,275 \times П + 7 \times 10^{-5} \times C^2 + 1,36 \times 10^{-3} \times H^2 + 1,71 \times 10^{-3} \times P_ч^2 + 0,197 \times П^2 - 2 \times 10^{-5} \times C \times H + 2,6 \times 10^{-4} \times C \times П \quad (2)$$

- водоудерживающая способность –

$$B = 85,802 + 0,018 \times C + 0,0478 \times H + 0,0779 \times P_ч + 0,899 \times П - 3 \times 10^{-5} \times C^2 - 8 \times 10^{-5} \times H^2 - 5,3 \times 10^{-4} \times P_ч^2 - 0,0746 \times П^2 + 1,9 \times 10^{-4} \times C \times П + 1,56 \times 10^{-3} \times H \times П - 1,09 \times 10^{-3} \times P_ч \times П \quad (3)$$

где C – расход цемента, кг;

H – расход наполнителя, кг;

$P_ч$ – максимальный размер частиц наполнителя, мкм;

$П$ – подвижность растворной смеси, см

По полиномиальным моделям построены графики изменения прочности, расслаиваемости и водоудерживающей способности в зависимости от дозировки наполнителя и его максимального размера частиц. В качестве примера на рисунках 7–9 приведены зависимости основных показателей при расходе цемента 160 кг и подвижности 8 см.

За эталонный состав при сравнении показателей принят цементно-известковый раствор с подвижностью 8 см. Прочность кон-

трольного состава – 7,6 МПа, водоудерживающая способность растворной смеси равна 96,3 %, а расслаиваемость соответствует 8,5 %. Водоудерживающую способность, расслаиваемость растворной смеси, а также прочность раствора определяли в соответствии с требованиями ГОСТ 5802.

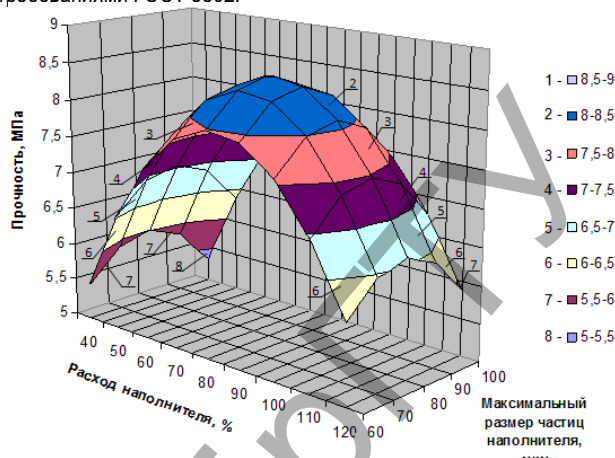


Рис. 7. Изменение прочности в зависимости от расхода наполнителя и максимального размера частиц наполнителя

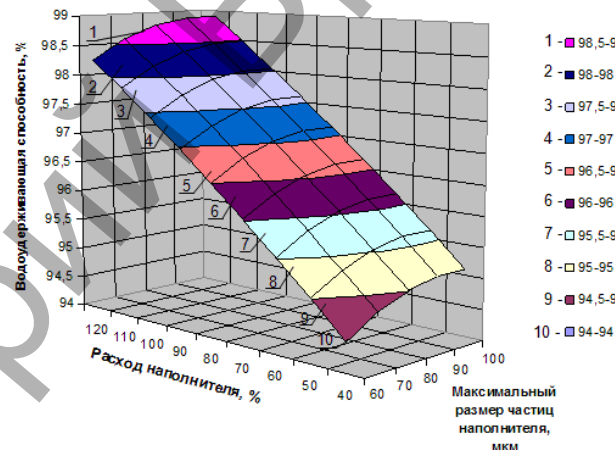


Рис. 8. Изменение водоудерживающей способности в зависимости от расхода наполнителя и максимального размера частиц наполнителя

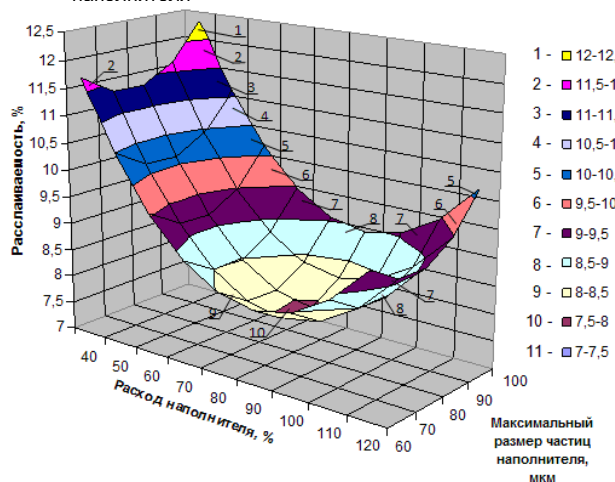


Рис. 9. Изменение расслаиваемости в зависимости от расхода наполнителя и максимального размера частиц наполнителя

Из анализа графиков (рис. 7–9) следует, что при введении наполнителя с максимальным размером частиц 80 мкм в количестве 80 % от необходимой массы извести водоудерживающая способность, расслаиваемость растворной смеси, а также прочность раствора находятся на уровне контрольного цементно-известкового состава. Достигнутые результаты по характеристикам основных свойств можно

объяснить получаемым при измельчении фракционным составом наполнителя.

Для определения размеров частиц в пробе шлама использовали лазерный микроанализатор размеров частиц «Analysette 22» Nano-Tec немецкой фирмы «FRITSCHE».

Для определения фракционного состава наполнителя исследовали пробу порошка с размером частиц не более 80 мкм. На рисунке 10 представлена гранулометрическая кривая распределения частиц наполнителя.

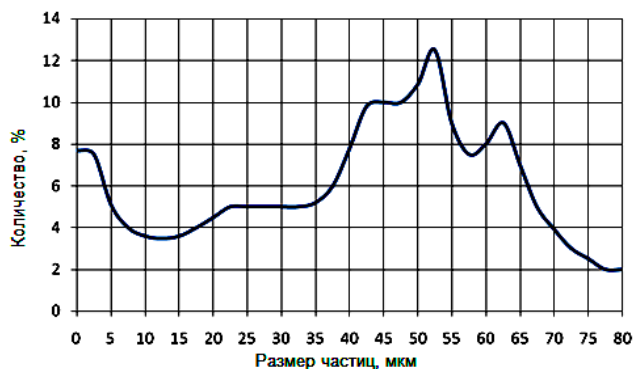


Рис. 10. Гранулометрическая кривая распределения частиц наполнителя

Полученная гранулометрическая кривая позволяет проследить распределение частиц по размерам в пробе наполнителя с шагом 5 мкм (рис. 10). Фракция частиц наполнителя размером до 5 мкм составляет 7,5 % от общего количества. Содержание частиц в диапазонах 5–10, 10 – 15 и 15–20 мкм колеблется в пределах от 3,5 до 4 %. Одинаковое количество по 5 % от всей массы наполнителя составляют фракции частиц от 20 до 35 мкм. Далее происходит увеличение содержания количества частиц по фракциям. Так частицы размером от 40 до 45 мкм составляют 10 %. Наибольшее количество частиц 12,5 % приходится на фракцию размером от 50 до 55 мкм. В диапазоне от 55 до 60 мкм наблюдается резкое падение содержания частиц до 7,5 % от массы пробы наполнителя. С 65 до 80 мкм идет плавное снижение содержания частиц по фракциям на 4, 2 и 1 % соответственно. На основании полученных данных можно сделать следующий вывод о том, что количество частиц с размером менее 50 мкм составляет 60 %, а с размером от 50 до 80 мкм – 40 %. Полученные экспериментальные данные по гранулометрическому составу, с учетом ранее проводимых исследований влияния фракционных составов наполнителей на цементные композиции [1, 4], подтверждают существенное положительное влияние наполнителя на основные свойства цементных растворов смесей и растворов (в частности расслаиваемость, водоудерживающая способность и прочность).

Микроскопический анализ наполнителя выполнялся с целью определения структуры и формы частиц. Исследования проводили на электронном микроскопе марки «JSM-5610 LV» по стандартной методике. Проба представляла собой высушенный до постоянной массы при 105 °С наполнитель, прошедший через сито с размером ячейки 0,08 мм. Для оценки размеров частиц наполнитель исследовали при увеличении 500 крат (рис. 11).

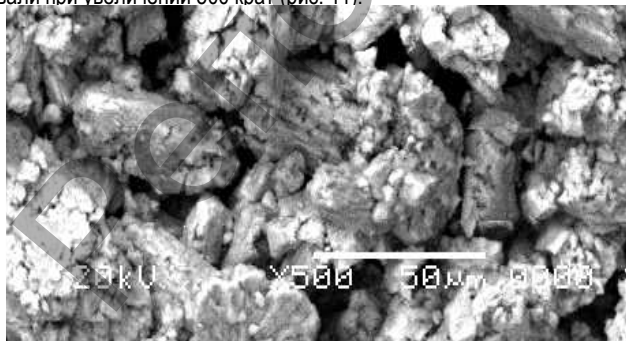


Рис. 11. Электронная микроскопия частиц наполнителя (увеличение 500 крат)

В пробе наполнителя наблюдается неравномерное распределение частиц по размерам и подтверждается наличие большого количества частиц размером менее 50 мкм. Увеличение 500 крат пробы наполнителя подтверждает результаты гранулометрического анализа.

Кроме того, полученные изображения частиц наполнителя позволяют говорить о рыхлозернистой структуре, позволяющей удерживать молекулы воды на поверхности и тем самым способствовать снижению расслаиваемости и повышению водоудерживающей способности растворов смесей с наполнителем. Более крупные зерна от 50 и более микрон имеют продолговатую округлую форму. С уменьшением размера (менее 50 мкм) форма зерен становится более сферической.

Наиболее качественный анализ формы частиц дает коэффициент анизотропности. Данный показатель представляет собой отношение максимальных размеров частиц в двух взаимно перпендикулярных направлениях.

Исследование проводилось на оптическом микроскопе «Axiovert 10» при увеличении 500 крат в проходящем свете (рис. 12). Измерения проводились визуально с помощью окуляр-микрометра [5].

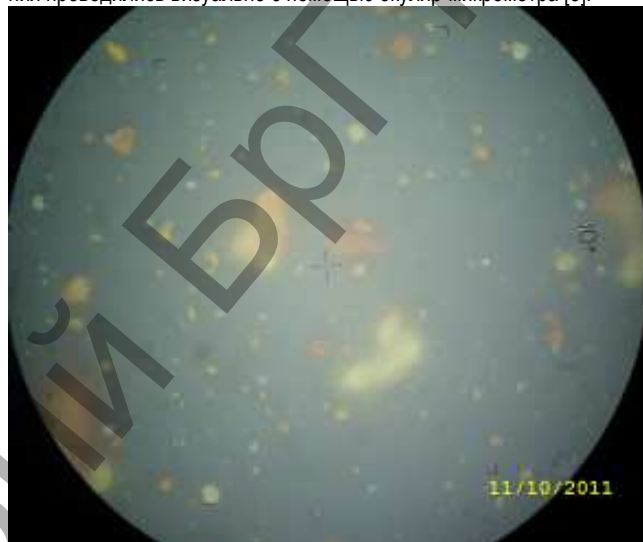


Рис. 12. Частицы наполнителя в проходящем свете

По результатам исследований определены граничные значения коэффициента анизотропности формы частиц наполнителя соответствующие:

- для крупных частиц (от 50 мкм и более) – от 1 до 5;
- для мелких частиц (менее 50 мкм) – от 0,5 до 2.

Полученные значения коэффициента анизотропности формы позволяют сделать вывод о том, что основная часть частиц имеет округлую форму, близкую к сферической, что позволяет при перемешивании растворной смеси снизить внутреннее трение между зёрнами цемента и наполнителя, и тем самым объяснить высокую подвижность цементных растворов смесей с наполнителем сопоставимую со значениями цементно-известковых составов.

С целью выяснения срока возможного применения растворной смеси, содержащей наполнитель, оценивалось изменение подвижности растворов смесей с течением времени. Исследования проводились на цементном, цементно-известковом и растворе с добавкой шлама фракцией не более 80 мкм в количестве 60–100 % от расчетной массы извести. Начальная подвижность принята равной 9 см. Изменение подвижности исследовалось на протяжении 11 часов. Определение подвижности растворов смесей проводили согласно требованиям ГОСТ 5802.

За первый час испытаний существенное падение подвижности до 7,2 см произошло у цементного раствора.

Падение подвижности контрольного цементно-известкового состава в течение первого часа произошло с 9 до 8 см. При этом подвижность экспериментальных составов практически не изменилась. У составов, содержащих наполнитель в количестве 60, 80 и 100 мкм, подвижность составила 8 см через 1,7 часа, 2,5 часа, 4,3 часа соответственно.

Подвижность цементно-известкового состава упала до 7 см через 2,5 часа, а экспериментальных с добавкой порошка шлама фракцией не более 60, 80 и 100 мкм через 4, 6 и 7,5 часов соответственно.

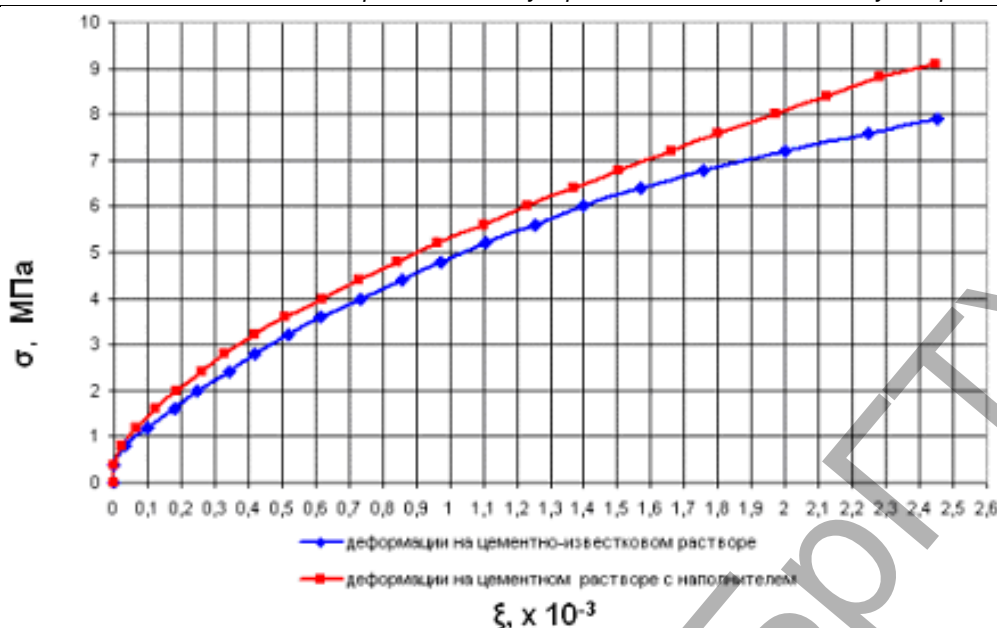


Рис. 13. Изменение относительных деформаций кирпичных столбов в зависимости от возникающих напряжений

Нижний уровень определения подвижности составил 5 см, что обусловлено возможностью перемешивания растворных смесей вручную при сохранении пластичности.

Предельного значения подвижности цементная смесь достигла через 4 часа, цементно-известковая – через 5 часов. Подвижность экспериментальных составов соответствовала 5 см только через 8–11 часов.

Увеличение дозировки наполнителя до 100 % и более от массы извести ведет к замедлению процессов гидратации цемента и увеличению сроков схватывания, что можно объяснить возрастанием количества органических примесей, содержащихся в наполнителе в количестве до 10 %, а также присутствием в наполнителе гипса в количестве до 9 %. Как уже говорилось выше, на начальной стадии гидратации образующийся этtringит в тонкодисперсном состоянии замедляет гидратацию $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ и продлевает сроки схватывания цемента.

Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод о том, что применение наполнителя в цементных кладочных растворах позволяет увеличить время использования растворной смеси и сократить количество завозов раствора на объект в течение смены, что в свою очередь сокращает затраты на транспортировку.

Одним из важных условий практического применения наполнителя в виде добавки является требование по обеспечению эксплуатационных свойств растворов во влажных условиях. Для этого исследовалось водопоглощение и прочность растворов в водонасыщенном состоянии.

Водопоглощение и прочность в водонасыщенном состоянии определяли на растворах марки 75. Полученные данные приведены в таблице 2.

В водонасыщенном состоянии происходит падение прочности у всех составов на 35–56 %. При этом прочность состава 4 на 1,6 МПа выше контрольного состава 1. Значительно меньшее падение прочности в водонасыщенном состоянии состава 4 (на 36 %), чем состава 1 (на 56 %) предположительно можно объяснить тем, что проникающие в структуру цементного камня молекулы воды в меньшей степени ослабляют межмолекулярные связи образованных соединений в цементном камне с наполнителем, чем в цементно-известковом камне.

При исследовании прочности и относительных деформаций каменной кладки на цементно-известковом и цементном растворе с наполнителем испытания проводили на кирпичных столбах, состоящих из двенадцати рядов керамического полнотелого одинарного кирпича марки 150. Кладку столбов осуществляли по однорядной (цепной) системе перевязки швов. Размеры поперечного сечения столба равны 250×250 мм, а высота составляет 940 мм. Согласно

требованиям [6] толщина горизонтального шва принята равной 12 мм, а вертикального – 10 мм. В качестве контрольного принят кирпичный столб на цементно-известковом растворе марки М75. В экспериментальный цементный раствор наполнитель вводили в количестве 80 % от расчетной массы извести.

В результате испытаний кирпичных столбов получены зависимости изменения относительных деформаций от возникающих напряжений (рис. 13).

Анализ зависимостей (рис. 13) показывает, что столб на экспериментальном растворе имеет разрушающую нагрузку равную 9,1 МПа, что на 15 % выше контрольного значения (7,9 МПа).

При одинаковых напряжениях относительные деформации столбов на цементном растворе с наполнителем ниже относительных деформаций, возникающих в столбах на цементно-известковом растворе. Так, при максимальном напряжении для столбов на контрольном растворе (7,9 МПа) относительные деформации достигли $2,45 \cdot 10^{-3}$, а для столбов на исследуемом растворе – $1,97 \cdot 10^{-3}$. На данном этапе нагружения относительные деформации контрольных столбов превысили показатели столбов на цементном растворе с добавкой наполнителя на 24 %.

Дополнительно изготовлены призмы размерами 70×70×280 мм из цементно-известкового и цементного раствора с наполнителем. По стандартной методике призмы нагружались и измерялись относительные деформации (рис. 14).

Так же как и в случаях измерения относительных деформаций столбов при одинаковых напряжениях, относительные деформации цементно-известкового раствора превышают значения цементного раствора с наполнителем (рис. 14). При максимальном напряжении для цементно-известкового раствора (7,58 МПа) деформации достигли $1,68 \cdot 10^{-3}$, а для цементного раствора с наполнителем – $0,97 \cdot 10^{-3}$. Таким образом, деформации цементно-известкового раствора превысили показатели цементного раствора с наполнителем на 42 %. Для цементного раствора с наполнителем при максимальном напряжении, равном 9 МПа, относительные деформации достигли значения $1,4 \cdot 10^{-3}$, что ниже предельного значения деформаций цементно-известкового раствора на 17 %.

Используя полученные зависимости (рис. 14), определены модули упругости для кладочных растворов по ГОСТ 24452. Так, для цементно-известкового раствора модуль упругости $E_b = 10,34 \cdot 10^3$ МПа, а для цементного с наполнителем – $E_b = 11,25 \cdot 10^3$ МПа.

Результаты испытаний растворных призм на прочность с измерением возникающих деформаций в процессе нагружения подтвердили возможность использования в кладочных растворах наполнителя.

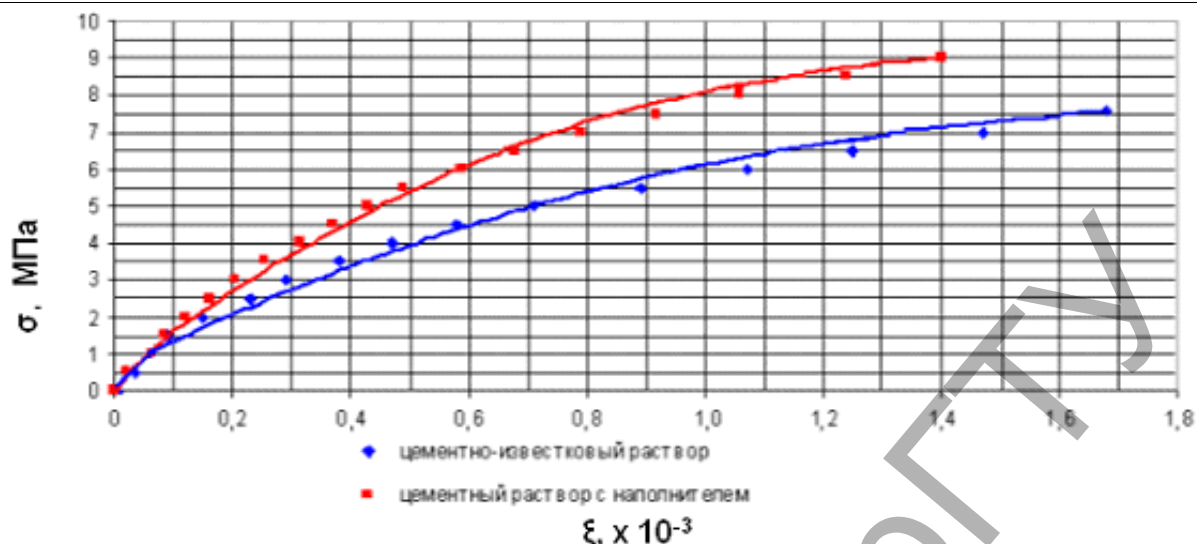


Рис. 14. Изменение относительных деформаций растворов в зависимости от возникающих напряжений

На основании проведенного комплекса исследований, как наполнителя, так и цементных смесей и растворов, содержащих наполнитель, разработана методика расчета состава кладочного цементного раствора с наполнителем.

На первом этапе назначается расход цемента и производится расчет расхода воды по методике, изложенной в П1-03 к СНиП 3.04.01-87 для цементно-известковых растворов.

На втором этапе необходимое количество наполнителя по массе m_n в кг на 1 м³ раствора ориентировочно предлагается определять по формуле:

$$m_n = K_n \cdot (1 - 0,002 \cdot m_u), \quad (4)$$

где m_u – расход цемента в кг, принимаемый по П1-03 к СНиП 3.04.01-87;

K_n – коэффициент, учитывающий максимальный размер частиц наполнителя, в зависимости от марки цемента.

Для заданной марки раствора, по таблице 3 находим значение коэффициента K_n .

Таблица 3. Значения коэффициента K_n для определения расхода наполнителя

Марка раствора	Коэффициент K_n при максимальном размере частиц наполнителя, мкм			
	60	70	80	90
50	0,119	0,128	0,136	0,145
75	0,128	0,136	0,136	0,145
100	0,128	0,136	0,145	0,153
150	0,136	0,145	0,145	0,153
200	0,136	0,145	0,153	-

На третьем этапе по рассчитанному составу кладочного раствора изготавливается пробный замес, и формируются образцы размером 70×70×70 мм по ГОСТ 5802.

При необходимости по результатам испытаний растворной смеси и раствора по ГОСТ 5802 производим корректировку состава и назначаем номинальный состав кладочного раствора, обеспечивающий получение растворной смеси и раствора требуемого качества при минимальном расходе цемента и наполнителя.

Заключение. Полученные результаты по исследованию прочности и нормальной плотности цементно-известковых и цементно-шламовых композиций, а также данные по 4-факторному эксперименту позволяют определить оптимальный ввод наполнителя в количестве 70–90 % от массы извести, необходимой по расчету, при этом

наибольший размер частиц наполнителя не должен превышать 90 мкм. При таких дозировках водоудерживающая способность, расслаиваемость растворной смеси, а также прочность экспериментальных растворов находятся на уровне контрольных составов. Проведенные исследования гранулометрического и микроскопического анализа наполнителя, а также рентгенофазового и микроскопического анализа цементных композиций позволили объяснить механизмы положительного влияния наполнителя на основные свойства растворных смесей и растворов. По результатам исследования кирпичной кладки установлено увеличение разрушающей нагрузки на 15 % у столбов на растворе с наполнителем при практически равных относительных деформациях экспериментальных и контрольных столбов. При испытаниях растворных призм с наполнителем – разрушающая нагрузка увеличилась на 19 %, а снижение относительных деформаций составило 17 %. Экспериментальные данные позволяют говорить о возможности применения наполнителя на основе шлама водоочистки в кладочных растворных смесях и растворах.

Результаты научных исследований реализованы в полученном патенте на изобретение, в разработанной методике расчета составов и рекомендациях по применению кладочных растворов с наполнителем, технических условиях ТУ ВУ 300220696.050-2010 на наполнитель, разработанном бизнес-плане.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Michel Venuat. La pratique des ciments et des betons / Michel Venuat // Paris: Le Moniteur des Travaux publics et du Batiment, 1976. – 375 p.
2. Боровиков, В.П. STATISTICA – Статистический анализ и обработка данных в среде Windows. – Издание 2-е, стереотипное / В.П. Боровиков, И.П. Боровиков. – М.: Изд-во «Диалектика», 1998. – 465 с.
3. Вознесенский, В.А. Статистические методы планирования эксперимента в технико-экономических исследованиях / В.А. Вознесенский. – М.: Финансы и статистика, 1981. – 263 с.
4. Медяник, Ю.В. Смешанное вяжущее с наполнителем из шлама водоумягчения для штукатурных смесей: автореф. дис. ... канд. тех. наук: 05.23.05 / Ю.В. Медяник; Казанская гос. арх-стр. академ. – Казань, 2003 – 18 с.
5. Салтыков, С.А. Стереометрическая металлография (Стереология металлических материалов) / С.А. Салтыков. – Москва: Металлургия, 1976. – 272 с.
6. Каменные и армокаменные конструкции. Правила возведения: ТКП 45-5.02-82-2010. – Введ. 28.04.10. – Минск: Минстройархитектура Респ. Беларусь, 2010. – 12 с.

Материал поступил в редакцию 06.01.12

BAKATOVICH A.A., VISHNIAKOVA Yu.V. Impact mechanism of a carbonate filling material on basic properties of masonry mortar mixes and solutions

Possibility of using raw sludge from water treatment in the capacity of carbonate filling material for masonry mortars is observed. With help of radio-photography, microscopic, granulometric analyses there are installed mechanisms of positive influence of a filling material on basic properties of masonry mortar mixes and solutions. Polynomial models of solution strength, delamination and water-retaining ability of mortar mixes are gained. Tests on brick masonry on cement slurry containing filling material are resulted, including strength and relative deformations.

УДК 336.761

Куган С.Ф., Радчук А.П.**ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ**

Введение. Проблеме автоматизации управления производственными процессами на предприятиях, производящих строительные изделия и конструкции, с каждым годом уделяется все большее внимание. Широкое применение средств автоматизации позволило увеличить производительность технологического оборудования, повысить качество выпускаемых строительных изделий и конструкций, снизить потери и непроизводительные затраты. Стремительный рост конкуренции на строительном рынке обуславливает повышения требований к качеству выпускаемой продукции, снижению её себестоимости, а также вынуждает производителей сокращать время с момента получения заказа до его выполнения. Наиболее незащищёнными в данной ситуации являются предприятия, производящие строительные конструкции, так как основные фонды данных предприятий имеют степень изношенности более 60% и введение новых производственных линий связано с большими финансовыми вложениями. Однако не только введение инновационных технологий поможет удовлетворить требования рынка, но и изменение методов управления с использованием современных систем автоматизации может дать ощутимые результаты.

Темпы роста номенклатуры выпускаемых строительных материалов, деталей и конструкций на современном этапе часто не учитываются в системе управления. Рассматривая систему управления, мы рассматриваем период производства строительных деталей и конструкций, от начала выпуска изделия, до момента снятия его с конвейера. Отличительной особенностью этого периода является то, что временной интервал его зависит не только от технического уровня предприятий, но и от уровня проектных разработок и технологических процессов, которые являются основополагающими элементами для стройиндустрии. На этой стадии производственного процесса требования научно-технического прогресса приходят в противоречие с принципами эффективности производства. С одной стороны, стабильный выпуск строительных конструкций ведёт к неуклонному снижению издержек и более полному удовлетворению потребностей в данных изделиях. С другой – быстрое обновление строительных конструкций осуществляемое в интересах потребителей готовой строительной продукции, приводит к дополнительным затратам. Как следствие, возникает задача оптимизации сбалансированности продолжительности выпуска строительных конструкций, с учетом: непрерывности производственного процесса, исключения простоев, перерасходов. Указанные факторы, обуславливающие достижение экономического эффекта, наиболее характерны для заводов сборного железобетона, отличающихся относительно небольшим количеством персонала, обслуживающего технологические участки. Так, автоматизация процессов дозирования компонентов, приготовления бетонной смеси, тепловлажностной обработки отформованных изделий позволила не только интенсифицировать их производство, но и создала условия форсирования технологических режимов. Применение же компьютерной техники позволило не только более эффективно решать перечисленные задачи локальной автоматизации, но и существенно расширить круг задач техники и технологии производства ЖБИ, решаемых с

позиций оптимального проектирования и оперативного управления. Стремление максимально использовать современные ЭВМ побудило многих специалистов формулировать и решать задачи оптимизации в общем виде с вовлечением возможно большего числа параметров и с подчинением процедуры поиска единой цели. Однако по мере расширения круга задач и перехода от автоматизации перечисленных выше отдельных агрегатов и производственных операций к оперативному управлению технологическими комплексами автоматизируемые объекты все больше усложняются, а успевшие стать традиционными приемы и методы проектирования и производства становятся не эффективными. Действительно, хотя технология производства железобетонных изделий (ЖБИ) вместе с оборудованием, в котором она реализуется, и системой автоматизации представляет собой единую техническую систему, до сих пор нет методики комплексного решения задач оперативного управления всеми входящими в нее элементами по единой или взаимообусловленным целевым функциям. В настоящее время в лучшем случае комплексно решаются задачи проектирования оптимального состава бетонной смеси и технологических режимов ее обработки. Эти работы существенно различаются как по точности принятых математических моделей, так и по критериям и алгоритмам оптимизации. Задачи проектирования систем оперативного управления решаются обычно отдельно, т.е. независимо от задач оптимизации конструктивно-режимных параметров.

В основе управления любым объектом хозяйствования лежит обмен информацией, поэтому любая система управления содержит информационную систему. Систему управления можно представить в виде схемы (рисунок 1).

Авторы считают, что, возникает необходимость в расширении и уточнении данного определения применительно к системе управления. *Информационная система управления – это организационно-техническая система, которая предназначена для выполнения информационно-вычислительных работ, удовлетворяющих потребности системы управления предприятием и её пользователей, а также внешних пользователей путём использования или создания информационных продуктов.* Информационные системы существуют в рамках системы управления и полностью подчинены целям функционирования этих систем. Информационная система (ИС), оказывая информационные услуги, преобразует информацию, необходимую для принятия решений, причем преобразование происходит не хаотично, а системно. Эта дает возможность применить системно-информационный подход в информационном обеспечении процессов управления на основе информационных и коммуникационных технологий, результатом которого стало понятие информационной системы.

ИС представляется как многоцелевая и многофункциональная кибернетическая система, объединяющая все информационные и коммуникационные службы предприятия. В службах заняты работники, которые являются объектами управления со стороны руководителей предприятия. Информационная система, являясь инструментом управления, используется для удовлетворения внутренних и внешних потребностей в информационном обслуживании с учётом изменяющихся факторов внешней и внутренней среды предприятия.

Куган С.Ф., магистр экономических наук, ст. преподаватель кафедры менеджмента Брестского государственного технического университета.

Радчук Анатолий Петрович, к.т.н., декан экономического факультета, профессор кафедры менеджмента Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

Строительство и архитектура