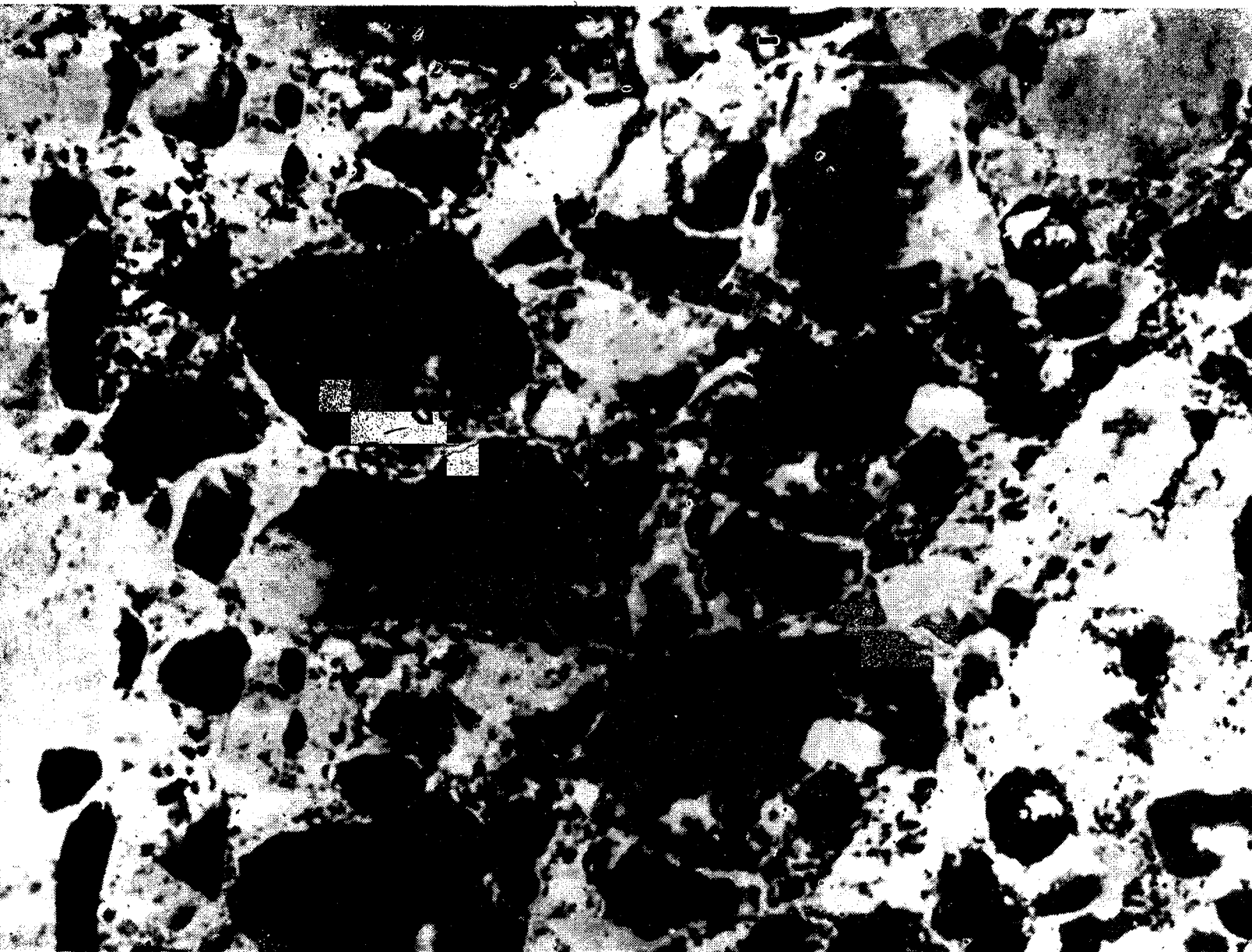


БЕТОН И ЖЕЛЕЗОБЕТОН 7

1988



Внимание инженерно-технических работников организаций и предприятий, выпускающих изделия и конструкции из ячеистых бетонов

НИИЖБ Госстроя СССР совместно с другими научно-исследовательскими и проектными институтами разработал следующую нормативно-техническую и рекомендательную документацию:

- Рекомендации по применению химических добавок при изготовлении ячеистых бетонов
- Рекомендации по изготовлению и применению изделий из неавтоклавного ячеистого бетона
- Рекомендации по приготовлению теплоизоляционного ячеистого бетона с температурой применения до 600°C
- Руководство по изготовлению теплоизоляционных изделий из ячеистого бетона на шлакощелочном вяжущем с использованием шлаков цветной металлургии
- Рекомендации по отделке ячеистобетонных стен жилых и промышленных зданий
- Рекомендации по организации производства и применения неавтоклавного ячеистого бетона в сельском строительстве
- Технические условия (ТУ 102-454-88) «Керамзитогазобетон для ограждающих конструкций зданий».

В настоящее время заканчиваются работы по пересмотру стандартов и составлению рекомендательных документов:

- ГОСТ 25485 — «Бетоны ячеистые. Технические условия»
- ГОСТ 21520 — «Блоки ячеистые стеновые мелкие»
- Рекомендации по ремонту ячеистобетонных стен жилых и промышленных зданий

Кроме того, институт может оказывать следующие виды услуг и научно-техническую помощь при:

- разработке технологических мероприятий, обеспечивающих возможность получения ячеистого бетона повышенного качества
- определении возможности использования новых видов сырьевых компонентов и отходов промышленности в технологии ячеистых бетонов
- внедрении новых конструктивных решений ячеистобетонных стеновых панелей, плит покрытий и перегородочных плит, а также узлов их крепления и опирания
- освоении статистических методов определения прочности и плотности ячеистого бетона
- испытании конструкций из ячеистого бетона на прочность, жесткость и ширину раскрытия трещин
- проведении обследований зданий с ограждающими конструкциями из ячеистых бетонов
- подготовке заключений и рекомендаций по ремонту и усилению конструкций из ячеистого бетона
- согласовании рабочих чертежей, технических условий, рекомендаций и т.п. по технологии и конструкциям из ячеистого бетона, разработанным другими организациями
- подготовке отзывов и заключений по технической документации, разработанной другими организациями
- внедрении керамзитогазобетона для ограждающих конструкций.

По вопросам приобретения указанной документации или с заявками на различные виды услуг обращаться в НИИЖБ Госстроя СССР по адресу: 109389, Москва, 2-я Институтская ул., д. 6.

Содержание

Решения XXVII съезда КПСС — в жизнь!	
Учестым бетонам — дальнейшее развитие	2
<i>Макаричев В. В., Рогатин Ю. А., Эвинг П. В.</i> Экономическая эффективность применения автоклавного ячеистого бетона	3
<i>Филиппов В. П., Муромский К. П., Скоряк Л. А., Свидзинский Ю. В., Рудаков А. П.</i> Опыт применения стеновых панелей из ячеистого бетона с облегченным армированием	5
<i>Коровкевич В. В.</i> Автоклавные ячеистые бетоны в жилищно-гражданском строительстве	6
<i>Меркин А. П., Мейнерт Г. О., Сажнев Н. П., Домбровский А. В., Варламов В. П.</i> О возможности снижения расхода цемента в ячеистом бетоне	7
<i>Трачевский М. Л., Селиванов А. В., Цирульников С. М., Мысатов И. А., Скворцов В. С.</i> Основные направления автоматизации производства газобетона по резательной технологии	10
<i>Паплавскис Я. М.</i> Резательная технология изготовления конструкций из ячеистого бетона	12
<i>Левин Н. И.</i> Несущая способность стен из мелких ячеистобетонных блоков	15
<i>Багров Б. О.</i> Вторичные технологические продукты промышленности для изготовления ячеистых бетонов	16
<i>Морозов А. Н.</i> Расчет прочности газобетонных конструкций по нормальным сечениям	18
<i>Ухова Т. А.</i> О пересмотре стандарта на ячеистые бетоны	19
<i>Трамбовецкий В. П.</i> Ячеистый бетон за рубежом	20
<i>Серых Р. Л., Акимова А. П., Бокова Л. И., Чижевский Г. Б.</i> Эффективный материал для монолитного домостроения	22
<i>Сироткин Б. Я., Петров Н. В., Винокуров О. П., Крохин А. М.</i> Применение неавтоклавного газозолобетона в сельском строительстве	23
<i>Чарыев А. Ч., Чистов Ю. Д., Волженский А. В., Ларгина О. И.</i> Применение неавтоклавного газобетона из барханного песка	25
<i>Веснин Б. Г., Миронов В. С., Бокова Л. И., Козлов А. Д., Шуравина Л. Н.</i> Электропрогрев монолитных стен из газобетона	26
Конструкции	
<i>Шевченко Б. Н., Сергиенко А. А., Шевченко С. Б.</i> Оценка работы преднапряженных ригелей при однократных и повторных нагружениях	28
Заводское производство	
<i>Дмитриев А. С., Кушу Э. Х.</i> Предварительная механическая обработка крупных заполнителей	30
В помощь проектировщику	
<i>Мамедов Г. М., Алиев Р. Д., Сеидов Н. Г.</i> Расчет прочности сплошных плоских плит по наклонным сечениям	32
<i>Корнилов В. Г.</i> Расчет усилий в перекрытиях каркасных зданий с напрягаемой в процессе монтажа арматурой	34
Теория	
<i>Кириллов А. П., Мирсаяпов И.</i> Выносливость наклонных сечений изгибаемых элементов	36
Экономия ресурсов	
<i>Ционский А. Л., Продоус О. А.</i> Энергосберегающие трубопроводы из напорных виброгидропрессованных труб	38
Стандарты и нормативные документы	
<i>Залесов А. С., Бать А. А., Отставнов В. А., Лемыш Л. Л., Никитин И. К.</i> Корректировка СНиПа	40
В порядке обсуждения	
<i>Кудзис А. П.</i> О вероятностном расчете железобетонных конструкций	41
<i>Никифоров В. А.</i> Оценка надежности изгибаемых элементов	42
На ВДНХ СССР	
Достижения изобретателей и рационализаторов	43
Зарубежный опыт	
<i>Объещенко Г. А., Ленский С. Е.</i> Новые тенденции в технологии тепловой обработки бетона	44



МОСКВА
ИЗДАТЕЛЬСТВО
ЛИТЕРАТУРЫ
ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ

ЯЧЕИСТЫМ БЕТОНАМ — ДАЛЬНЕЙШЕЕ РАЗВИТИЕ

Автоклавный ячеистый бетон является эффективным строительным материалом, особенно при использовании его в ограждающих конструкциях зданий. Это обусловлено его физико-механическими свойствами, которые в наиболее полной мере удовлетворяют требованиям, предъявляемым к ограждающим конструкциям. Низкая плотность ячеистого бетона при применении его в стенах зданий позволяет снижать массу сооружения на 20...30% по сравнению с конструкциями стен из легких и тяжелых бетонов. По теплофизическим свойствам автоклавный ячеистый бетон превосходит все остальные виды бетонов. Коэффициент теплопроводности конструкционно-теплоизоляционного ячеистого бетона в 1,5...2 раза ниже, чем у легкого бетона на пористых заполнителях.

В настоящее время наибольшее применение в нашей стране имеют ячеистые бетоны с маркой по плотности D700 при классе по прочности B2,5, которые выпускаются на большинстве заводов. Однако на ряде передовых заводов освоено выпуск конструкций из ячеистого бетона с маркой по плотности D600 при классе по прочности B2,5, что приближается к уровню передовых стран мира в области ячеистых бетонов. Необходимо признать, что существующие в нашей стране темпы осуществления мероприятий по переходу к широкому выпуску ячеистого бетона наиболее эффективных классов по прочности и плотности явно недостаточны.

Для улучшения физико-механических свойств ячеистого бетона в массовом производстве необходимы неукоснительное соблюдение действующих стандартов на исходные сырьевые материалы, а также разработка специальных стандартов на качество сырья. Важным и действенным мероприятием может явиться долгосрочное закрепление поставщиков сырья за заводами ячеистого бетона.

За последние 10 лет общий объем выпуска автоклавного ячеистого бетона в нашей стране достигал 5,5 млн. м³ в год. Такое положение явно неудовлетворительно и не может обеспечить потребности страны в эффективных стеновых материалах. Существующая номенклатура изделий из ячеистого бетона включает армированные конструкции (панели стен и покрытия жилых зданий, а также панели общественных и промышленных зданий) и неармированные изделия (мелкие стеновые блоки и плитная теплоизоляция).

Ведущие в области ячеистых бетонов научно-исследовательские институты страны в настоящее время проводят работы как по повышению эффективности армированных конструкций, так и по совершенствованию технологии изготовления ячеистого бетона и изделий из него. Основными целями этих разработок являются снижение материалоемкости изделий, улучшение их теплозащитных свойств и повышение их прочности.

Ведутся работы по совершенствованию армирования конструкций из ячеистого бетона, в том числе и с использованием предварительно напряженной арматуры. Последнее позволяет повысить жесткость, трещиностойкость конструкций, а также снизить общий расход арматуры. Уже накоплен некоторый опыт изготовления и эксплуатации таких кон-

струкций в жилищном строительстве. Работы в этом направлении будут продолжены.

Важной задачей является расширение сырьевой базы ячеистых бетонов за счет применения отходов промышленного производства. Ряд заводов ячеистого бетона уже использует золы ТЭЦ в качестве кремнеземистого компонента и вяжущего, что позволяет экономить цемент, а также снижает себестоимость продукции. Известен положительный опыт использования мелкозернистых (в том числе барханых) песков для изготовления неавтоклавных ячеистых бетонов.

Однако одной из важнейших задач является качественное перевооружение и расширение промышленности автоклавных ячеистых бетонов. Необходимо создание передового оборудования, отвечающего лучшим мировым образцам, и оснащение им действующих и строящихся заводов. Совершенствования требует помольное оборудование, дозировочное, смесительное, автоклавное, оборудование для отделки изделий и др. Особо следует сказать об оборудовании для резательной технологии, которое выпускается в очень ограниченных количествах и не может обеспечить потребности действующих заводов. Это обстоятельство вынуждает предприятия изготавливать различные кустарные приспособления для доавтоклавной разрезки массивов на мелкие блоки, в результате чего качество блоков оказывается низким.

Что касается внедрения резательной технологии в производство армированных изделий из ячеистого бетона, то здесь ситуация еще хуже. В этом вопросе мы значительно отстаем от технически развитых стран, производящих ячеистый бетон. Целесообразность и эффективность такой технологии доказана международным опытом, и нам следует шире использовать этот опыт.

В последние годы в ряде регионов страны, где особенно ощущается недостаток в стеновых материалах, начато производство неавтоклавного ячеистого бетона. Этот материал, хотя и уступает по своим свойствам автоклавному ячеистому бетону, может быть с успехом применен, например, в малозэтажном сельском строительстве. В настоящее время начаты работы по использованию неавтоклавного ячеистого бетона в монолитном строительстве.

Несмотря на отдельные достижения, в области ячеистых бетонов существуют недостатки, для устранения которых требуются значительные усилия. Необходимо существенно увеличить выпуск стеновых блоков из ячеистого бетона, которые предназначены для расширения строительства жилья на селе. Это потребует больших капитальных вложений на возведение новых заводов и цехов, создание современного технологического оборудования и оснащение им новых заводов, на реконструкцию действующих предприятий, на расширение и создание новых сырьевых источников и на подготовку квалифицированных кадров разных уровней.

Перед руководящими органами, проектными, строительными и научными организациями стоит серьезная задача. Для успешного ее решения нужны не только современные подходы, но и новое отношение к проблеме.

В. В. МАКАРИЧЕВ, Ю. А. РОГАТИН, кандидаты техн. наук (НИИЖБ);
П. В. ЭВИНГ, инж. (НИПСиликатобетон)

Экономическая эффективность применения автоклавного ячеистого бетона

В 1986 г. в нашей стране было выпущено 5,6 млн. м³ конструкций и изделий из ячеистого бетона, в том числе армированных (панели стен и покрытий) — 1,6 млн. м³, неармированных (крупные и мелкие блоки) — 2,5 млн. м³ и плит теплоизоляционных — 1,5 млн. м³. Эффективность автоклавного ячеистого бетона определяется его структурой, свойствами составляющих материалов и тепловлажностной обработкой. Наличие ячеистой структуры, создаваемой при помощи газообразователей (главным образом алюминиевой пудры), обеспечивает высокие теплоизоляционные свойства и низкую среднюю плотность бетона — обычно 700 кг/м³, в перспективе — 600 кг/м³.

Основными составляющими материалами ячеистых бетонов являются цемент, известь, молотый песок, зола и другие тонкомолотые компоненты, в том числе многие отходы промышленности. Среди них нет крупных заполнителей — ни тяжелых, ни легких, ни

естественных, ни искусственных, что является важным преимуществом.

Для керамзитобетона и других легких бетонов надо добывать, перерабатывать и обжигать искусственные и другие крупные заполнители, для производства ячеистых бетонов эта предварительная технология исключается. Вследствие одностадийности технологии производство ячеистых бетонов значительно менее энергоемко, чем легких бетонов на искусственных обжиговых пористых заполнителях. Правда, часть их исходных материалов — песок, известь, шлак и другие требует помола и, следовательно, некоторого расхода электроэнергии и мелющего оборудования, но общий баланс энергоемкости в пользу ячеистых бетонов сохраняется.

Автоклавная тепловлажностная обработка ячеистых бетонов при температуре ≈ 170°C и избыточном давлении пара 8 атм более эффективна, чем пропаривание при атмосферном давлении и максимальной температуре +96°C. При автоклавной обработке все тонкомоло-

тые компоненты ячеистого бетона более активно вступают в физико-химические взаимодействия, что обеспечивает повышенный набор прочности. Расход тепловой энергии на автоклавную обработку и пропаривание практически одинаков (так как автоклавы имеют более мощную и качественную теплоизоляцию, чем пропарочные камеры).

В течение последних 10 лет на большинстве отечественных заводов при средней плотности автоклавного ячеистого бетона в высушенном состоянии 650...750 кг/м³ обеспечивают его класс по прочности на сжатие ≈ В 2,5. Такой бетон является реально достижимым на практике и принят в основных проектах зданий.

Ячеистый бетон средней плотностью Д 600 классов В 1,5... В 2,5 является перспективным, заложен в типовых конструкциях и проектах, освоен на нескольких передовых заводах страны.

Для оценки эффективности автоклавного ячеистого бетона в НИПСиликатобетоне [1], НИИЖБе [2, 3], ЦНИИЭП жилища и в других организациях были проведены работы по определению технико-экономических показателей стен жилых, гражданских, промышленных и сельскохозяйственных зданий производственного назначения (без агрессивной воздушной среды) из ячеистобетонных и керамзитобетонных панелей, а также стен жилых зданий из ячеистобетонных мелких блоков, кирпича и мелких камней (см. таблицу).

Как видно из таблицы, все основные технико-экономические показатели ячеистобетонных наружных стен жилых, гражданских и промышленных зданий оказываются эффективнее керамзитобетонных (принятых в качестве аналога). При этом энергетические затраты, связанные с изготовлением стеновых панелей из ячеистого бетона, почти в 2 раза, а эксплуатационные — на 15...20% меньше затрат на однослойные панели из керамзитобетона.

Стены жилых зданий из ячеистого бетона также оказываются эффективнее стен из трехслойных панелей: по себестоимости в среднем на 40%, приведенным затратам — на 25%, трудоемкости изготовления — на 10...15%. Однако по

Вид материалов стен	Средняя плотность, кг/м ³	Толщина стен, см	Масса 1 м ² стен, кг	Теплопроводность, м.° К/Вт*	Приведенные затраты, р/м ² **	Стоимость «в железе», р/м ²	Удельные капитальные вложения, р/м ²	Трудозатраты на 1 м ² чел. ч***	Энергозатраты усл. топлива на 1 м ² , кг****
<i>Стеновые панели жилых и общественных зданий</i>									
Керамзитобетон	1100	40	510	0,990/1,018	54,8/36,6	28,7	65,9	3,8/1,3	100/210
»	950	35	390	0,990/1,067	51,8/34,3	27,0	60,7	3,5/1,3	84/200
Ячеистый бетон	700	35	290	1,170/1,252	43,5/28,6	22,9	47,0	3,1/1,3	48/171
»	600	30	220	0,170/1,312	41,2/27,0	21,8	43,6	3,0/1,3	41/163Ф
<i>Стеновые панели производственных зданий</i>									
Керамзитобетон	1100	30	380	0,743/0,803	49,6/26,4	21,2	43,0	2,6/2,1	75/266
»	950	25	280	0,790/0,807	47,2/24,2	19,6	38,1	2,3/2,1	60/265
Ячеистый бетон	700	25	220	0,934/0,939	39,7/19,9	16,5	28,3	2,1/2,1	35/228
»	600	20	150	0,934/0,927	38,4/18,3	15,3	25,1	1,9/2,1	27/231
<i>Стены жилых зданий из мелкоштучных материалов</i>									
Керамический кирпич	1800	64	1190	0,927/0,996	53,6/34,9	27,3	63,0	4,1/4,3	83/215
Керамические камни	1300	51	790	0,990/1,085	46,9/29,8	23,2	56,0	3,3/3,3	67/197
Силикатный кирпич	1850	64	1250	0,927/0,788	50,5/26,9	21,5	44,7	2,1/4,0	60/271
Силикатные камни	1400	64	1060	0,927/0,996	48,3/29,6	23,2	53,5	2,3/3,7	59/215
Ячеистобетонные блоки	700	40	440	1,170/1,252	35,5/20,6	15,7	40,6	1,3/3,2	51/171
Ячеистобетонные блоки	600	30	300	1,170/1,194	31,5/15,9	12,2	30,7	1,0/2,7	38/179

* Перед чертой — требуемое; после черты — принятое.

** Перед чертой — с учетом эксплуатационных затрат; после черты — без учета.

*** Перед чертой — в производстве; после черты — в строительстве.

**** Перед чертой — в производстве; после черты — при эксплуатации.

Примечания. 1. Показатели определены для условий Московской обл.
2. Трудоматериальные и энергетические затраты в производстве конструкций включают также затраты на сырьевые и вспомогательные материалы (известь, цемент, керамзит, растворы, перемычки и др.).
3. Капитальные вложения учитывают сопряженные затраты на производство сырьевых и вспомогательных материалов, топливно-энергетических ресурсов.

эксплуатационным затратам, главным образом на отопление, они несколько (на 12...16%) уступают трехслойным.

Сопоставление основных технико-экономических показателей наружных стен жилых зданий из мелкоштучных материалов свидетельствует о том, что стены из ячеистобетонных блоков эффективнее стен из кирпича и камней различного вида.

Таким образом, применение автоклавного ячеистого бетона в стенах жилых, гражданских и обычных производственных зданий, т. е. в массовом строительстве, экономически вполне целесообразно.

При этом следует особенно подчеркнуть тепловую эффективность стен из такого бетона. Согласно СНиП II—3—79**, требуемое термическое сопротивление стен из ячеистого бетона повышается на 30%, а из легкого бетона и кирпича — на 10%. Это значит, что в зданиях со стенами из ячеистого бетона должны быть на 20% теплее, чем в домах из легких бетонов и кирпича. Следовательно, помимо улучшения условий жизни, в таких зданиях в отопительный сезон будет уменьшаться расход топлива. При этом многолетняя экономия затрат на топливо перекрывает единовременные затраты, связанные с увеличением толщины стен. Кроме того, увеличивается долговечность конструкций.

Особенно существенное значение имеет повышенная отепленность стен из ячеистого бетона для массового жилищного строительства на селе, когда теплопотери малоэтажных отдельных домов особенно велики. Тепло уходит через все наружные стены, покрытие и подполье, его потери в 4...5 раз превышают теплопотери квартир многоэтажных домов. Необходимо, чтобы требования СНиПа о повышенной отепленности стен выполняли на всех этапах — от проектирования до эксплуатации.

Применение ячеистого бетона в наружных стенах зданий не только снижает себестоимость изделий, что выгодно заводам, и уменьшает затраты в строительстве, но и снижает затраты организаций-заказчиков путем снижения сметной стоимости строительства поскольку отпускная стоимость сборных ячеистобетонных стеновых панелей на 15% ниже стоимости аналогичных однослойных панелей из легких бетонов (см. прейскурант № 06—08 «Оптовые цены на железобетонные изделия»).

При объемах производства в 1986 г. панельных стен 1,3 млн. м³ и мелкоштучных 2,2 млн. м³ реальный экономический эффект по сравнению с керамзитобетонными и кирпичными стенами составляет 108 млн р.

Несколько иначе, чем со стенами, обстоит дело с применением ячеистого бетона в покрытиях и перекрытиях зданий.

Широко применявшиеся в покрытиях промышленных зданий плоские плиты ГКП размерами 6×1,5×0,24 м из ячеистого бетона средней плотностью 700 кг/м³ являются весьма индустриальными конструкциями. Эффективность их применения заключается в низкой трудоемкости изготовления и монтажа без укладки какого-либо утеплителя. Однако они требуют повышенного расхода арматуры по сравнению с двух-, трехслойными ребристыми плитами из тяжелого бетона высотой 30 см, имеющими эффективные утеплители.

В покрытиях промышленных зданий плоские ячеистобетонные плиты толщиной 24...25 см по расходу стали уступают многослойным железобетонным ребристым [3].

По расходу стали несколько лучшие показатели имеют плоские плиты толщиной 30 см. Их можно и нужно применять в тех случаях, когда отсутствуют многослойные ребристые плиты с эффективной теплоизоляцией. Эффективность от применения плоских ячеистобетонных плит складывается из экономии материальных и трудовых затрат, связанных с раскладкой утеплителя и устройством выравнивающего слоя из цементного раствора или какого-либо другого материала. Снижение трудоемкости изготовления ячеистобетонных плит по сравнению с многослойными железобетонными является существенным показателем экономической эффективности их применения.

В покрытиях жилых зданий ячеистые бетоны можно применять в виде плоских плит чердачных и бесчердачных перекрытий. Однако эффективность этих конструкций снижается из-за необходимости укладывать на них дополнительную теплоизоляцию.

Наиболее эффективны ячеистобетонные плоские плиты в перекрытиях над теплыми чердаками при температуре в них 10...12°C или над другими полутеплыми помещениями. Многоэтажные дома с теплыми чердаками строятся повсеместно. Применение ячеистобетонных плит толщиной 30 см вместо аналогичных керамзитобетонных позволяет получить экономический эффект около 10 р/м².

Дополнительным резервом повышения эффективности современного строительства является комбинированное применение легкого и ячеистого бетона, когда их легко выполняют внутренние несущие конструкции, а из ячеистого — наружные стены [4]. В настоящее время можно применять комбинированно лег-

кие и ячеистые бетоны более чем в 20 областных городах, производящих бетоны обоих видов.

Ячеистобетонные теплоизоляционные плиты по сравнению с минераловатными менее эффективны.

Выводы

Наибольший экономический эффект дает применение ячеистого бетона для стен жилых, общественных и производственных зданий с нормальным режимом воздуха в помещениях. Это относится и к крупнопанельному домостроению (ячеистобетонные панели эффективнее легкобетонных), и к мелкоштучному строительству, поскольку стены из ячеистобетонных блоков эффективнее стен из кирпича и других мелкоблочных камней.

При расширении и строительстве новых баз стройиндустрии по производству стеновых материалов следует отдавать предпочтение ячеистому бетону, а также сочетанию комбинированного применения легких бетонов для внутренних несущих конструкций и ячеистых — для наружных стен.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Эвинг П. В. Экономическая эффективность производства и применения автоклавных ячеистых бетонов в строительстве на XI пятилетку и на период до 1990 года // Всесоюз. научн.-техн. совещ. «Производство и применение в строительстве автоклавных ячеистых бетонов»: Тез. докл. — М.: ЦНИТИ по гражданскому строительству и архитектуре, 1981. — С. 59.
2. Макаричев В. В., Рогатин Ю. А. Основные направления и экономическая эффективность ячеистых бетонов и конструкций из них // Всесоюз. семин. «Эффективные конструкции из легких бетонов»: Тез. докл. — М.: ВДНХ СССР, 1980. — С. 20—21.
3. Рогатин Ю. А., Глухов В. И. Методика укрупненной оценки экономической эффективности сборных покрытий // Бетон и железобетон. — 1987. — № 10. — С. 16—17.
4. Рогатин Ю. А., Фомичева Е. Н. Комбинированное применение легких и ячеистых бетонов в крупнопанельном домостроении // Бетон и железобетон. — 1980. — № 9. — С. 23—24.

На ВДНХ СССР

Крепежный самоанкерующийся элемент

На межотраслевой выставке ВДНХ СССР «Изобретательство и рационализация-88» ЦНИИОМТП представляет элемент для крепления к несущим конструкциям из бетона, камня, кирпича. Он имеет габариты 500×500×500 мм и массу 20 кг.

Предлагаемые крепежные элементы отличаются высокой несущей способностью при простоте конструкции, не требуют точности и качества выполнения отверстий в бетоне. Опытный образец был изготовлен в 1987 г. В 1989 г. намечается его серийный выпуск.

Годовой экономический эффект составит 800 р. на 1000 закреплений.

Дополнительные сведения можно получить по адресу: 127434, Москва, Дмитровское ш., д. 9.

Б. П. ФИЛИППОВ, К. П. МУРОМСКИЙ, кандидаты техн. наук (НИИЖБ);
Л. А. СКОРЯК, канд. техн. наук (НИПИ силикатобетон);
Ю. В. СВИДЗИНСКИЙ, инж. (Львовский филиал НИИСМИ);
А. П. РУДАКОВ, инж. (ЦНИИпромзданий)

Опыт применения стеновых панелей из ячеистого бетона с облегченным армированием

Эффективное использование арматуры в ячеистобетонных панелях ленточной разрезки для производственных зданий является основным резервом снижения металлоемкости этих конструкций. Первостепенное значение принадлежит методике расчета прочности и деформативности ячеистобетонных конструкций, учитывающей более полно действительную работу конструкции при эксплуатации. В НИИЖБ уточнили методику расчета прочности стеновых панелей на косой изгиб [1]. До этого при проектировании стеновых панелей из ячеистого бетона использовали раздельный метод расчета, основанный на подборе рабочей растянутой арматуры отдельно на действие вертикальных изгибающих моментов, возникающих от собственного веса стены, и отдельно на действие горизонтального изгибающего момента от ветровых нагрузок. При этом перерасход арматуры составлял 15...20%.

Метод расчета прочности на косой изгиб позволил более рационально размещать арматуру по высоте сечения панели в зависимости от соотношения расчетных изгибающих моментов. Этот принцип рационального армирования, детально проработанный в НИИЖБ, явился основой для экспериментального проектирования стеновых панелей из ячеистого бетона плотностью 600...700

кг/м³ с облегченным армированием. Однако ручной расчёт прочности панелей на косой изгиб весьма трудоемок, поскольку площадь растянутой арматуры определяют методом подбора, т. е. решением системы уравнений с четырьмя неизвестными. Программа расчета для ЭВМ с применением алгоритмического языка «БЕЙСЕК» разработана в НИИЖБ. Дальнейшие экспериментальные исследования, проведенные НИИЖБом совместно со Львовским филиалом НИИСМИ и НИПИ силикатобетоном, на Минском комбинате строительных изделий, Славутском заводе специальных строительных материалов, Белгород-Днестровском экспериментальном заводе ячеистых бетонов и изделий и в ПО Сморгонь силикатобетон и Запорожье железобетон, подтвердили правильность применения принятого метода расчета на косой изгиб и принципы рационального армирования, заключающегося в том, что при изменении угла наклона силовой линии $\operatorname{tg}\beta = M_y/M_x$ изменяются координаты центра тяжести растянутой арматуры вследствие перераспределения продольной арматуры по сечению. При этом панель может иметь несимметричное армирование относительно горизонтальной оси, проходящей через центр тяжести панели. Это позволило исключить пару рабочих стержней (один плоский арматурный

каркас) по сравнению с типовыми панелями, сохранив при этом минимально необходимое количество продольной арматуры из условия допустимого горизонтального прогиба панели не более $1/200$ пролета. При разработке рабочих чертежей для опытно-промышленного изготовления панелей с облегченным армированием использовали принцип унификации приспособлений для сборки пространственных арматурных каркасов на вертикальных стендах, которыми оснащено большинство заводов ячеистого бетона. Принцип раскладки плоских арматурных каркасов показан на рис. 1.

Большой резерв экономии стали в панелях из ячеистого бетона заключается в более экономичном поперечном армировании [2, 3]. Расчет прочности стеновых панелей по наклонным сечениям показал, что бетонное сечение панелей без учета поперечной арматуры полностью обеспечивает прочность по наклонным сечениям на действие поперечных сил Q , т. е. удовлетворяется условие п. 3.30 СНиП 2.01.03—84. Поэтому арматуру можно устанавливать только по конструктивным соображениям с шагом 500 мм, в то время как в типовых чертежах принят шаг 300 мм.

Испытаниями ячеистобетонных панелей с разреженной продольной и поперечной арматурой установлена их до-

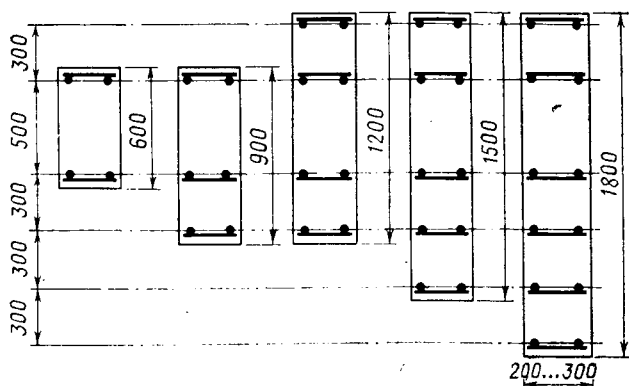


Рис. 1. Раскладка плоских арматурных каркасов по сечению панелей на вертикальных стендах сборки пространственных каркасов

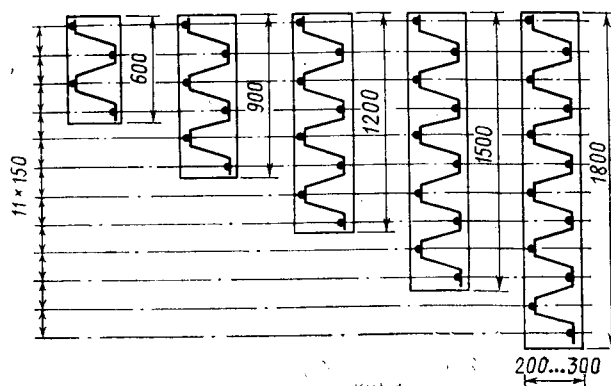


Рис. 2. Схема армирования панелей сетками с поперечной волнообразной арматурой

статочная несущая способность и жесткость. Так, панели, рассчитанные на горизонтальную нормативную ветровую нагрузку $5,5 \text{ кН/м}^2$ (рядовые панели), имели запас прочности 1,6...2,1, а прогиб при нормативной нагрузке не более 1,7 см. Панели, рассчитанные на нормативную ветровую нагрузку 25 и 30 кН/м^2 (панели-перемычки), разрушались от достижения растянутой арматурой предела текучести при нагрузках, превышающих расчетные в 1,4...1,5 раза, а их прогиб при нормативных нагрузках был не более 2,8 см, что меньше допустимого.

Заводы ячеистого бетона, выпускающие ячеистобетонные панели с облегченным армированием, получили экономию арматурной стали 4...12 кг на одну панель в зависимости от номенклатуры.

В последние годы в НИИЖБ разработана и экспериментально проверена новая схема армирования ячеистобетонных стеновых панелей объемными арматурными каркасами-сетками с волнообразно изогнутыми поперечными стержнями [4]. Такая схема армирования (рис. 2) позволяет экономить такое же количество стали, как и разреженное армирование. Но в отличие от него но-

вый арматурный каркас изготавливают одностадийно на многоточечных сварных машинах МТМС-10-38, что позволяет в несколько раз снизить трудозатраты на арматурных работах, в 2...3 раза уменьшить расход электроэнергии на сварку арматуры. При этом обеспечивается более высокая точность арматурного каркаса, упрощается технология складирования каркасов: они менее подвержены деформированию в процессе транспортирования и укладки в формы. Опытно-промышленное внедрение новых арматурных каркасов осуществляет в настоящее время Ижевский завод ячеистого бетона, где отработывают технологию их изготовления в полуавтоматическом режиме.

Прочность и деформативность панелей с волнообразными каркасами на основании заводских испытаний полностью удовлетворяют требованиям ГОСТ 8829—87.

Совместные усилия научных институтов по совершенствованию стеновых панелей из ячеистого бетона в области расчета, конструирования и технологии изготовления арматурных изделий позволили внедрить на восьми заводах ячеистого бетона эффективное облег-

ченное армирование стеновых панелей промышленных и общественных каркасных зданий и получить годовой экономический эффект в народном хозяйстве не менее 300 тыс. р.

В настоящее время проводятся дальнейшие исследования по снижению металлоемкости ячеистобетонных конструкций вследствие использования в них преднапряженной высокопрочной стержневой и проволочной арматуры, а также новых малометаллоемких узлов крепления стеновых панелей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Макаричев В. В., Романовская К. М., Филиппов Б. П. Исследование элементов стен промышленных зданий из ячеистого бетона на косой изгиб // Исследования и применение современных ячеистых бетонов и конструкций из них // Тр. ин-та / НИИЖБ. — 1977. — Вып. 26. — С. 33—44.
2. Филиппов Б. П., Свидзинский Ю. В., Орловский Ю. И. Ячеистобетонные стеновые панели промышленных зданий с новой системой армирования // Тр. ин-та / ВНИИЭСМ. — 1983. — Сер. 8. — Вып. 6. — С. 5—6.
3. Муромский К. П., Коковин О. А. Влияние хомутов как металлических включений на работу ячеистого бетона при плоском напряженном состоянии // Тр. ин-та / ВНИИСтром. — 1975. — № 32 (60). — С. 78—94.
4. Новый вид армирования ячеистобетонных стеновых панелей / К. П. Муромский, Б. П. Филиппов, В. И. Титов, О. А. Коковин // Бетон и железобетон. — 1984. — № 11. — С. 12—13.

УДК 691.327.33

В. В. КОРОВКЕВИЧ, инж. (ЛенЗНИИЭП)

Автоклавные ячеистые бетоны в жилищно-гражданском строительстве

Конструкции индивидуальных жилых домов должны быть решены таким образом, чтобы строительство этого жилья могло осуществляться различными методами. Сегодня можно с достаточной степенью уверенности сказать, что таковым условиям отвечает разработанная ЛенЗНИИЭП типовая серия ?16 усадебных жилых домов и хозяйственных надворных построек из ячеистого бетона. По данным Миинского филиала Центрального института типовых проектов, распространяющего чертежи этой серии, количество запросов на них в 1982—1987 гг. составило более 20 тыс., что свидетельствует о ее популярности среди застройщиков.

В составе 216 серии семнадцать различных одноэтажных, мансардных и двухэтажных жилых одно-, двух- и четырехквартирных домов и тринадцать

различных хозяйственных построек. Проекты рассчитаны для условий строительства в I, II, III климатических районах с температурой наружного воздуха до -50°C .

Для ведения строительства подрядным или хозяйственным способом, а также силами самого застройщика все проекты разработаны многовариантно.

Так, фундаменты ленточные бутобетонные — с вариантом стен подвала из ячеистобетонных блоков со специальной гидроизоляцией. Стены наружные и внутренние — из мелких блоков ячеистого бетона по ГОСТ 21520—76 или из крупных блоков высотой на этаж, шириной 600 мм (12 марок на всю серию), обеспечивающих их изготовление на рзательной машине «Универсал-60» НИПИсиликатобетона. Перекрытия — деревянные со щитовым накатом и под-

шивкой потолка плитами ДВП, а вариант из мелких блоков ячеистого бетона по монолитным железобетонным балкам, а также из ячеистобетонных или железобетонных круглопустотных плит перекрытий. Перегородки — деревянные с обшивкой сухой штукатуркой или из мелких ячеистобетонных блоков или из ячеистобетонных плит высотой на этаж толщиной 100 мм, изготавливаемых также на машине «Универсал-60».

Упомянутые конструкции являются взаимозаменяемыми, они могут быть выбраны с учетом местных условий базы по их изготовлению и способа ведения строительства. Большим подспорьем в строительстве домов серии 216 являются разработанные ЦНИИСКом, НИИЖБом, ЛенЗНИИЭПом и другими институтами «Рекомендации

по применению стеновых мелких блоков из ячеистых бетонов.

Особые условия строительства — в северных и восточных вновь осваиваемых районах нашей страны. Как правило, здесь весьма слабы или вовсе отсутствуют базы строительной индустрии. Дома возводятся из привозных конструкций, что обходится государству довольно дорого. Например, Новый Уренгой (Тюменская обл.) застраивается крупнопанельными домами серии I — ЛГ600 и 600. II из ячеистого бетона, завозимыми из Ленинграда, что увеличивает стоимость 1 м² общей площади в 8...10 раз.

В то же время эти районы, как правило, располагают неограниченными запасами природных песков и известняков — сырьем для производства автоклавных бетонов ячеистой и плотной структуры. Для этих условий строительства ЛенЗНИИЭП совместно с ВНИИстромом и НИПИсиликатобетоном разработал типовую серию 184 одно-девятиэтажных блок-секций жилых домов и общежитий, обеспечивающих расселение семей любого демографического состава.

Конструкции зданий серии 184 рассчитаны на их изготовление из сырьевых материалов на местных базах строительной индустрии из автоклавных бетонов.

Архитекторам ЛенЗНИИЭПа впервые удалось, не ухудшая архитектурно-планировочные решения квартир, обеспечить максимальную технологичность и экономичность конструктивных решений, выбор которых основан на следующих принципах:

удобство размещения в габаритах ограждающих и несущих конструкций, планировочной структуры различных типов квартир, не нарушая их функционального зонирования;

обеспечение вариантности фасадных решений без изменения внутренних конструкций, деталей и узлов сопряжений; максимальная повторяемость и единство модульных поперечных и продольных габаритов несущих и ограждающих конструкций для различных блок-секций и зданий;

максимальное упрощение изделий и сокращение типоразмеров и марок; сокращение материально- и энергоемкости на изготовление и строительство.

Конструктивная схема всех типов зданий серии принята с единым шагом поперечных несущих стен, равным 6 м, и единой шириной корпуса 12 м. Длина любой блок-секции, температурного или сейсмического отсека равна 30 м.

Ограждающие конструкции в домах серии приняты из автоклавного яче-

истого бетона с пониженным расходом цемента на смешанном вяжущем плотностью 600 кг/м³. Составные панели наружных стен высотой на этаж имеют толщину 300...400 мм в зависимости от расчетных температур и собираются на металлических тязях из простых по конфигурации исходных элементов, изготовление которых рассчитано на машине «Универсал-60». Применены различные варианты сочетаний исходных элементов, что позволяет, не меняя формувую оснастку, разнообразить фасады зданий.

Панели перекрытий чердачного и технического этажей также изготавливают из ячеистого бетона аналогичной плотности. Несущие внутренние конструкции (поперечные стены, панели междуэтажных перекрытий, лестницы, сборные сантехкабины и шахты лифтов и т. д.) приняты из бесцементного плотного силикатного автоклавного бетона плотностью 2000...2100 кг/м³ и прочностью 30 МПа.

Опыт изготовления и применения конструкций из плотного силикатного автоклавного бетона широко освоен в Белорусской ССР, республиках Прибалтики, а также в экстремальных условиях Крайнего Севера (пос. Айхал и Надежный Якутской АССР). Комплекты конструкций серии 184 рассчитаны на изготовление на оборудовании, выпускаемом отечественной промышлен-

ностью. Благодаря использованию конструкций из малоцементных и бесцементных автоклавных бетонов серия по технико-экономическим показателям выгодно отличается от типовых проектов аналогичных серий с конструкциями из легких бетонов на пористых заполнителях и из обычных цементных тяжелых бетонов.

Расчеты показывают, что на 1 м² общей площади в домах серии 184 по сравнению с аналогом экономия составляет (при наружных стенах — из керамзитобетона, внутренних — из тяжелого цементного бетона): снижение массы — на 400 кг, экономия цемента — 180...200 кг, экономия щебня — 0,23 м³, керамзита — 0,53 м³, энергозатрат при изготовлении — 100 кг усл. топлива, снижение себестоимости — на 12 р., трудоемкости в изготовлении — 2,1 чел.-ч.

Учитывая, что вновь создаваемая промышленность производства блоков из ячеистого бетона оснащается резательными комплексами «Универсал-60» или его модификациями, можно рассчитывать, что в дальнейшем предприятия перейдут на выпуск промышленных крупноразмерных конструкций, что практически возможно при дооснащении каждого из них арматурным цехом и цехом укрупнительной сборки панелей. Такой путь развития позволит значительно увеличить индустриальность строительства.

УДК 691.327.666.973.2:539.4

А. П. МЕРКИН, д-р техн. наук, проф. (МИСИ); Г. О. МЕЙНЕРТ, инж.,
Н. П. САЖНЕВ, канд. техн. наук (НИПИсиликатобетон);
А. В. ДОМБРОВСКИЙ, канд. техн. наук (Госстрой ЭССР);
В. П. ВАРЛАМОВ, канд. техн. наук (ВНИИстром)

О возможности снижения расхода цемента в ячеистом бетоне

В связи с ростом в двенадцатой пятилетке производства мелких стеновых блоков из ячеистых бетонов (с 2,1 до 4 млн. м³) остро встает вопрос о рациональном использовании такого дефицитного материала, как портландцемент. Расход цемента при производстве ячеистобетонных изделий составляет в среднем по стране 156 кг/м³, в том числе для мелких стеновых блоков — 146,9 кг/м³.

Разработки НИПИсиликатобетона,

МИСИ, ВНИИстрома, ВЗИСИ, НИИЖБа и других организаций показали реальные возможности получения в промышленности ячеистобетонных изделий, которые по физико-техническим показателям находятся на уровне достижений передовых зарубежных фирм при одновременном снижении расхода сырья и энергии, в том числе цемента.

Эти разработки базируются на формировании оптимальной структуры материала при низком количестве воды

затворения в результате применения динамических воздействий, химических добавок и других специальных технологических приемов.

Разработанная в НИПИ силикатобетоне ресурсосберегающая ударная технология ячеистобетонных изделий [1, 2] позволяет формировать смеси с очень низким $V/T = 0,3...0,4$, направленно регулировать реологические свойства и кинетику поризации массы, образовывать цементный (силикатный) камень повышенной прочности и создавать структуру порового пространства с малым объемом капиллярных пор.

В настоящее время по ударной технологии работает несколько предприятий подотрасли с общим годовым объемом производства около 800 тыс. м³; освоен массовый промышленный выпуск ячеистобетонных изделий плотностью 600 кг/м³ марки 35.

В НИПИ силикатобетоне, ВНИИ строма и МИСИ выполнен комплекс исследований по дальнейшему развитию и совершенствованию ударной технологии производства ячеистобетонных изделий.

Ниже рассматривается влияние содержания цемента на основные свойства ячеистого бетона плотностью 500...600 кг/м³ и обосновывается рациональный расход цемента при производстве ячеистобетонных изделий.

В настоящее время среди большинства специалистов сложилось ошибочное мнение о том, что только повышенный расход цемента обеспечивает необходимые технологические и эксплуатационные свойства ячеистого бетона. Это можно объяснить тем, что на большинстве предприятий страны применяют неэффективную и неэкономную литевную технологию с большим водосодержанием ($V/T = 5,5...0,6$), требующую неоправданно высоких расходов вяжущих, материальных и энергетических ресурсов.

Преобладающим фактором, определяющим свойства ячеистого бетона, является структура межпорового вещества, которая складывается из гидросиликатных новообразований (цементного геля), непрореагировавших частиц песка и вяжущего, а также капиллярной пористости, пропорциональной начальному содержанию воды в ячеистобетонной смеси. В [3] прочность цементного камня (бетона) связывается с объемной концентрацией продуктов гидратации в пространстве, в котором размещаются эти продукты — с фактором «гель:пространство X ».

$$R_{ц.к} = R_{ц.г} X^n,$$

где $R_{ц.к}$, $R_{ц.г}$ — соответственно прочность цементного камня и цементного геля; X — отношение объема геля (продуктов

Таблица 1

Содержание цемента, %	КСК	Содержание ГСК, %	Плотность, кг/м ³	Прочность при сжатии, МПа	Коэффициент прочности, R/ρ
0	1,4	29,0	670	4,3	93
5	1,76	32,2	530	3,5	126
10	2,27	34,5	480	3,4	148
15	3,08	40,8	495	3,6	146
20	3,96	42,3	520	3,1	114

гидратации) к сумме объемов геля и капиллярного пространства; n — константа, характеризующая степень снижения прочности с уменьшением X .

Таким образом, принципиально необходимо стремиться к максимально возможному снижению капиллярной пористости путем сокращения количества воды затворения.

Совершенно очевидно, и это подтверждает формула Пауэрса, что для того, чтобы компенсировать отрицательное влияние избыточного количества воды при литевой технологии, необходимо увеличивать концентрацию гидросиликатной связки, т. е. повышать расход вяжущих веществ и дисперсность песка.

Результаты проведенных исследований и практика их промышленного освоения при ударной технологии выявили влияние содержания цемента на свойства ячеистого бетона плотностью 500...600 кг/м³ при V/T 0,32...0,42. Это влияние описывается следующими зависимостями:

$$R_{сж} = 24 + 1,26 P_{ц} - 1,8 V/T + 8,6 V/T^2; \quad (1)$$

$$[R_{сж} = 3,8 - 1,2 P_{ц} + 1,3 S_{п} - 4,8 S_{п}^2]; \quad (2)$$

$$R_{сж} = 30,2 + 2,1 P_{ц} + 83 A_{см} - 1,6 P_{ц} A_{см}. \quad (3)$$

В работах использовали известь-кипелку с содержанием активных $CaO + MgO$ не менее 60% и цемент марки 300. Остальные показатели вяжущих соответствовали требованиям СН 277-80 «Инструкции по изготовлению изделий из ячеистого бетона».

Установлено, что при постоянных технологических параметрах изменение содержания цемента от 5 до 22% почти не влияет на прочность бетона. Например, при одной и той же дисперсности песка или V/T прочность увеличивается не более чем на 0,2...0,25 МПа (5...7%). В то же время изменение других технологических параметров при одном и том же расходе цемента больше влияет на прочность бетона: с повышением V/T до 0,32...0,42 прочность понижается до 50%. При дисперсности, равной 350 м²/кг, прочность меньше, чем при дисперсности 150 м²/кг; следо-

вательно, чрезмерная дисперсность песка снижает прочность бетона даже при большом расходе цемента.

При низкой активности смеси (10%) увеличение содержания цемента приводит к некоторому повышению прочности; с увеличением активности смеси влияние дозировки цемента несущественно. Следовательно, роль цемента в образовании прочностных свойств автоклавного ячеистого бетона незначительна.

Важным фактором, определяющим прочность бетона, являются качественные характеристики гидросиликатной связки, которые оценивались по методике ВНИИ строма кристаллизационно-структурным коэффициентом (КСК), характеризующим отношение гидросиликатов кальция (ГСК) с простыми формами силикатных анионов к ГСК с высокой степенью конденсации силикатных анионов [4]. Высокими техническими свойствами обладает гидросиликатная связка с КСК, приближающимся к единице.

Состав гидросиликатной связки, общее количество ГСК и КСК определяли на ячеистом бетоне с содержанием цемента 0...20% при постоянной активности смеси, равной 15%, и $V/T = 0,36$ (табл. 1). Гидросиликатная связка исследованного ячеистого бетона представлена смесью минералов тоберморитовой группы: 1,13 нм тоберморита, $C-S-H(I)$ и $C-S-H(II)$ с различной степенью конденсации силикатных анионов в их структуре.

Наиболее благоприятным составом характеризуется гидросиликатная связка, образующаяся в бетоне при отсутствии цемента. С увеличением содержания цемента, несмотря на повышение объема ГСК, прочностные свойства ячеистого бетона практически не меняются, так как ухудшается качество гидросиликатной связки. Следовательно, для формирования гидросиликатной связки присутствие цемента в составе автоклавного ячеистого бетона необязательно и не дает преимуществ, что совпадает с данными [5].

Свойства ячеистого бетона определяются не только качеством цементирующего вещества, но и состоянием пористой структуры. Немаловажен в производстве и такой фактор, как продолжительность созревания сырца, лимитирующая производительность заводов.

При содержании цемента ниже 5% из-за быстрого гашения извести и высокой экзотермии смеси ухудшаются реологические свойства массы, которая схватывается раньше полного газовыделения, в результате существенно возрастает плотность бетона. Эксперимен-

тально установлено, что для обеспечения в течение 1 ч набора пластической прочности сырца в 30...40 кПа, необходимой для разрезки массивов, содержание цемента должно составлять около 10% массы сухих компонентов смеси.

Одним из наиболее важных факторов является обеспечение морозостойкости и эксплуатационной долговечности ячеистого бетона. Считается, что для повышения морозостойкости необходимо увеличивать расход цемента, и для ячеистого бетона плотностью 500...600 кг/м³ он должен составлять не менее 20% массы сухих компонентов смеси.

Испытания морозостойкости проводили на ячеистом бетоне, изготовленном по ударной технологии при В/Т=0,32...0,4 с содержанием цемента 5...20%. Все образцы с различным содержанием цемента выдержали испытания при 75 циклах Мрз. Следовательно, при использовании ударной технологии роль цемента в обеспечении необходимой морозостойкости ячеистого бетона несущественна.

Причина разрушения ячеистых бетонов при многократном замораживании связана с наличием в межпоровых перегородках капиллярных пор, наиболее опасными из которых являются поры размерами 10⁻⁷...5·10⁻⁶ м с температурой замерзания воды -6...-8°С.

В работе [6] указано, что морозостойкость ячеистого бетона тем выше, чем меньше В/Ц. Наиболее эффективными способами снижения водосодержания смеси при формировании является использование динамических (ударных) воздействий. При литевой технологии для обеспечения морозостойкости ячеистого бетона необходимо прибегать к такому неэффективному и неэкономичному способу снижения В/Ц, как увеличение расхода цемента.

Показатели пористой структуры (табл. 2) определяли способом газожидкостной капиллярной протитки [7]. Содержание цемента принимали равным 10% массы сухих компонентов смеси, В/Т=0,32...0,5.

Как следует из табл. 2, снижение В/Т приводит к рациональному изменению пористой структуры ячеистого бетона, способствующему повышению его морозостойкости.

Результаты исследований подтверждены заводской практикой. Например, ПО Сморгоньсиликатобетон мощностью около 300 тыс. м³ в год с 1984 г. полностью переведено на производство ячеистобетонных изделий плотностью 600 кг/м³ марки 35 со стабильной морозостойкостью Мрз 35 для высшей кате-

Таблица 2

Показатели	Водотвердое отношение			
	0,32	0,36	0,4	0,5 (литевая технология)
Ячеистая пористость, %	63	59	52	49
Капиллярная пористость, %	20	25	27	32
Объем капиллярных пор радиусом более 10 ⁻⁶ м, %	1,4	3,2	4,8	9,2
Средний радиус капиллярных пор, 1X × 10 ⁻⁸ м	1,5	2,3	3,2	5,1
Плотность бетона, кг/м ³	490	470	505	520

морозивания-оттаивания и ультрафиолетового облучения не обнаружено.

Таким образом, при использовании ударной технологии роль цемента в формировании строительно-эксплуатационных свойств ячеистого бетона незначительна. Применение цемента обусловлено только необходимостью повышения стабильности технологического процесса (особенно при некачественной извести), сокращения времени созревания сырца, достижения необходимой прочности для разрезки массивов.

Исходя из этого, при использовании ударной технологии расход цемента должен составлять для ячеистобетонных изделий плотностью 600 и 500 кг/м³ со-

Таблица 3

Состав, %, массы сухих			Плотность, кг/м ³	R _{сж} , МПа	Карбонизационная усадка, мм/м	K _ц	K _{Мрз}	Пределная растяжимость, мм/м
цемента	извести	песка						
5	15	80	530	3,5	0,62	0,93	0,89	0,80
10	15	75	480	3,4	0,77	0,96	0,95	0,88
15	15	70	495	3,6	0,90	0,92	0,96	0,70
20	15	65	520	3,1	1,16	0,88	0,87	0,66
<i>Промышленное постоянное производство ρ=600, М35</i>								
14	14	72	590	3,9	0,88	0,94	0,97	0,72
19	14	67	605	3,8	1,12	0,87	0,88	0,69
<i>Опытная партия ρ=500, М35</i>								
14	15	71	515	3,5	0,85	0,93	0,96	0,70

горни качества. Расход цемента при производстве мелких блоков составляет 80 кг/м³ или 13% массы сухих компонентов. В объединении выпущена опытная партия ячеистобетонных изделий высокого качества плотностью 500 кг/м³ марки 35 с Мрз 75 при расходе цемента 60...70 кг/м³.

Для более полного выявления роли цемента в создании долговечного ячеистого бетона определяли показатели основных факторов долговременной эксплуатационной стойкости (табл. 3).

Карбонизационную усадку исследовали по методике УралпротстройНИИпроекта в среде 100% СО₂ в течение 400 ч, стойкость при переменном увлажнении-высушивании (K_ц) определяли по режиму 7 ч — увлажнение и 15 ч — высушивание при 105°С в течение 75 циклов.

Атмосферостойкость ячеистобетонных панелей плотностью 500 кг/м³, изготовленных при содержании цемента 70 кг/м³, определяли по методике НИИстройфизики и НИПСиликатобетона на установке УМТ при одностороннем воздействии климатических факторов на водонасыщенный материал. Никаких признаков разрушения ячеистого бетона после 75 циклов дождевания, за-

ответственно не более 60...80 и 60...70 кг/м³.

Для снижения расхода цемента при производстве ячеистых бетонов необходимо на работающих предприятиях переходить на ударную технологию, а на вновь строящихся заводах шире использовать ударную технологию производства ячеистобетонных изделий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Энергосберегающая технология ячеистобетонных изделий / А. П. Меркин, Г. О. Мейнерт, М. Г. Орун и др. // Бетон и железобетон. — 1986. — № 12. — С. 16—18.
2. Изготовление эффективных ограждающих конструкций из ячеистого бетона по ударной технологии формирования / А. В. Домбровский, Г. О. Мейнерт, Н. П. Саженев и др. // Строительные материалы. — 1984. — № 2. — С. 6—7.
3. Пауэрс Т. К. Физическая структура порландцементного теста. Химия цементов. — М.: Стройиздат, 1969. — С. 300—320.
4. Оценка качества гидросиликатной связки силикатных бетонов / В. П. Варламов, Н. К. Судина, Л. А. Кузнецова, З. П. Котикова // Строительные материалы. — 1979. — № 10. — С. 26—27.
5. Боженов П. И. Технология автоклавных материалов. — Л.: Стройиздат, Ленинградское отделение, 1978. — 367 с.
6. Шейкин А. Е., Дობщик Л. М., Баранов А. Т. Критерий морозостойкости ячеистых бетонов автоклавного твердения // Бетон и железобетон. — 1986. — № 5. — С. 31—32.
7. Грег С., Кинг С. Адсорбция, удельная поверхность, пористость. — М.: Мир, 1984. — 310 с.

М. Л. ТРАЧЕВСКИЙ, А. В. СЕЛИВАНОВ, кандидаты техн. наук,
С. М. ЦИРУЛЬНИКОВ, инж. (ВНПО Союзавтоматстром);
И. А. МЫСАТОВ, канд. техн. наук, В. С. СКВОРЦОВ, инж.
(Автовский ДСК-3 Главленинградстроя)

Основные направления автоматизации производства газобетона по резательной технологии

Наиболее перспективным направлением газобетонного производства является резательная технология — формование газобетонного массива с последующей его разрезкой на изделия требуемых типоразмеров [1]. В ряде зарубежных стран (Чехословакия, Швеция, ФРГ) технологические процессы производства газобетона в значительной мере автоматизированы, в нашей стране задачи автоматизации еще требуют теоретического и практического воплощения.

Ниже рассмотрены основные направления автоматизации резательной технологии с учетом специфики отечественного крупнопанельного домостроения, обусловленной многоассортиментным характером продукции и необходимостью организации гибкого автоматизированного производства (ГАП).

Для отработки технических решений и внедрения экспериментальных и промышленных АСУ ТП на базовом предприятии — Автовском ДСК-3 (Ленинград) в 1988—1992 гг. проводится реконструкция и техническое перевооружение производства в рамках целевой комплексной территориальной программы «Интенсификация-90».

Производство газобетонных изделий как объект контроля и управления представляет собой дискретно-непрерывный процесс, включающий основные

переделы: склад сырьевых материалов, подготовительное отделение (участки помола кварцевого песка и подготовки извести), смесительное, формовочное, автоклавное, послеавтоклавное, отделочное и склад готовой продукции.

Со склада сырья (рис. 1) кварцевый песок по системе ленточных конвейеров поступает в подготовительное отделение, где его измельчают в шаровых мельницах. При добавлении известкового молока приготавливают песчаный шлам. Качественные характеристики шлама — плотность и удельная поверхность — существенным образом влияют на качество газобетонной смеси.

Объемные и качественные характеристики смеси определяются заданной рецептурой, в соответствии с которой в газобетоносмесителе последовательно смешивают отдозированные порции песчаного шлама плотностью 1,55...1,65 г/см³ и температурой 45...50°C, цемента, растворов стабилизатора (карбоксиметилцеллюлозы натрия), пластифицирующих добавок, ускорителя (едкого натра) и порообразователя (суспензии алюминиевой пудры). Рецептуру состава определяют требования к физико-механическим свойствам будущих изделий.

Существенной особенностью резатель-

ной технологии является значительный объем одного замеса приготавливаемой смеси (15...20 м³) и повышенная требовательность к соблюдению технологических режимов (большой объем некачественной смеси ведет к существенному росту брака).

Из газобетоносмесителя (в цехе их 3 шт.) смесь выливают в подготовленную форму, установленную на автоклавной тележке. Кроме обычных операций чистки и смазки тележек, установки бортооснастки на линии подготовки форм выполняется их пространственное армирование, что является особенностью данной технологии. Резательная технология предполагает одновременный выпуск значительного количества газобетонных изделий (на ДСК № 3, например, около 150 наименований) при их рациональной компоновке в единый массив.

Залитая смесь форма направляется в одну из свободных камер микроклимата, где газомасса вспучивается и созревает в течение 4...6 ч при температуре 80°C (в цехе 4 камеры, каждая рассчитана на две формы). Равномерность вспучивания и созревания газомассы зависит от состава и качественных характеристик смеси и от соблюдения заданного режима прогрева. Сложность управления технологическими операциями в камерах микроклимата обуславливается необходимостью получения массива достаточно большой высоты (1600 мм) и набора заданной пластической прочности.

После обработки в камере микроклимата массив газобетона-сырца остывает, снимается бортооснастка, срезается горбушка. Разрезка массива производится в строгом соответствии с номенклатурой изделий, определяемых закладкой арматуры при подготовке формы. Жесткие допуски по размерам изделий, получаемых при разрезке газобетонного массива, определяют высокие требования к точному фиксированию передвижных резательных установок относительно застabilизированного массива. Кроме этого, в зависимости от состава изделий данного массива и их пространственного расположения, производится

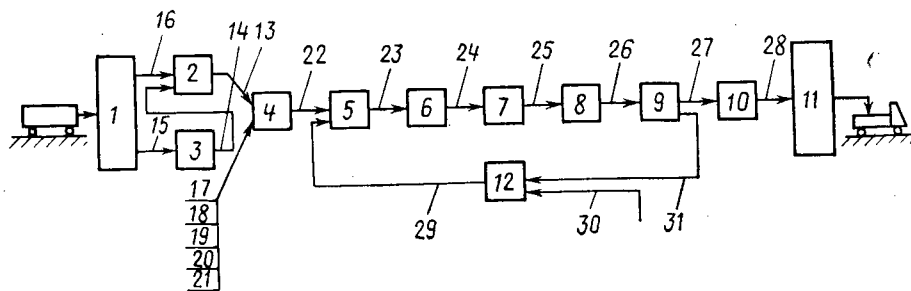


Рис. 1. Технологическая схема производства газобетона по резательной технологии

1 — склад сырья; 2 — помол кварцевого песка; 3 — приготовление извести; 4 — приготовление газобетонной смеси; 5 — заливка форм; 6 — термовлажностная обработка в камерах микроклимата; 7 — резка газобетонных массивов; 8 — автоклавная обработка; 9 — разборка массивов; 10 — отделка газобетонных изделий; 11 — склад готовой продукции; 12 — подготовка форм; 13 — песчаный шлам; 14 — известковое молоко; 15 — комовая известь; 16 — кварцевый песок; 17 — цемент; 18 — ускоритель; 19 — стабилизатор; 20 — суперпластификатор; 21 — порообразователь; 22 — газобетонная смесь; 23 — залитые формы; 24 — массивы газобетона-сырца; 25 — комплектные поезда массивов; 26 — массивы газобетона; 27 — заготовки газобетонных изделий; 28 — готовые изделия; 29 — готовые формы; 30 — арматуры; 31 — автоклавные тележки

перестановка самих резательных струн.

Разрезанные массивы формируют в поезд из 4 массивов и направляют в один из свободных автоклавов (в цехе их 10 шт.). Значительный суммарный объем газобетонных массивов в поезде (75...80 м³ в отличие от 35...40 м³ при горизонтальной технологии) также определяет особо жесткие требования к выполнению заданного режима набора давления, изотермической выдержки и сброса давления в автоклаве.

Затем массивы газобетона охлаждаются, разбирают на ранее разрезанные изделия и в отделочном отделении подвергают механической обработке и декоративной отделке. Изделия направляют на склад готовой продукции, где их комплектуют в стройкомплекты.

Таким образом, общий технологический цикл производства газобетонных изделий составляет 45...48 ч, что необходимо учитывать при выполнении срочных заказов. Анализ качественных характеристик материалов осуществляет заводская лаборатория, производственные задания газобетонному цеху формирует диспетчер ДСК исходя из потребностей стройки.

Для производства газобетона по резательной технологии характерны большая номенклатура газобетонных изделий, наличие транспортного конвейера с параллельными технологическими линиями, значительная продолжительность полного технологического цикла, жесткие требования к соблюдению режимов на каждом переделе. Для эффективного производства газобетона по резательной технологии требуется высокая степень автоматизации технологических процессов, обеспечивающей решения комплекса задач.

В соответствии с современными тенденциями создания многоуровневых систем автоматизации [2] задачи автоматизированного управления технологическими процессами производства газобетона должны определяться принципами иерархии. На нижнем уровне управления целесообразно выделить два класса задач автоматизации:

автоматическое управление поточно-транспортной системой и оборудованием технологического конвейера для обеспечения заданной производительности, ликвидации аварийных ситуаций, исключения холостых «пробегов» оборудования и сокращения ручного труда;

автоматическое управление технологическими режимами для стабилизации качественных характеристик промежуточных и выходных продуктов производства, сокращения брака, экономии материальных и топливно-энергетических ресурсов.

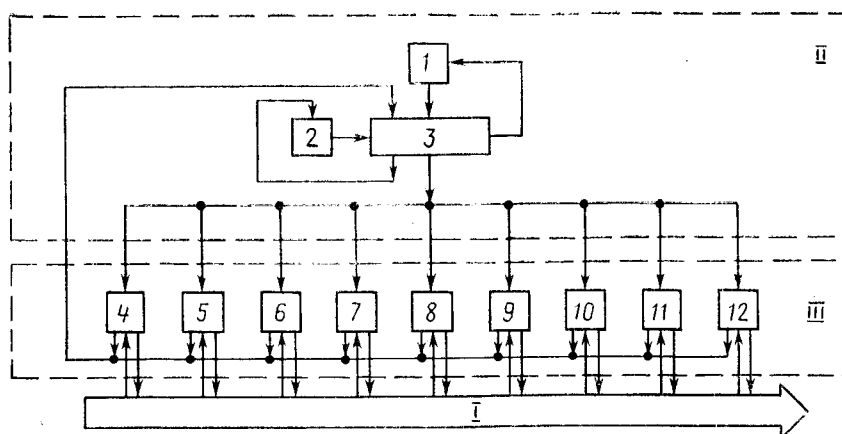


Рис. 2. Структура автоматизированного управления производством газобетона

I — технологический процесс производства газобетона; II — верхний уровень управления; III — нижний уровень управления; 1 — АРМ диспетчера; 2 — АРМ технолога-оператора; 3 — АСУ ТП и ОУ ТП производства газобетона; 4 — АСУ ТП помола кварцевого песка; 5 — АСУ ТП подготовки извести; 6 — АСУ ТП приготовления газобетонной смеси; 7 — АСУ ТП термовлажностной обработки в камерах микроклимата; 8 — АСУ ТП резки газобетонных массивов; 9 — АСУ ТП автоклавной обработки массивов; 10 — АСУ движением форм и изделий по технологическому конвейеру; 11 — АРМ производственной лаборатории; 12 — АРМ диспетчера отгрузки

Решение перечисленных задач в настоящее время затруднено сложностями математического описания отдельных технологических процессов и всего производства в целом, а также отсутствием технических средств автоматизации. Здесь необходимым является, например, оснащение смесительного отделения дозирующими устройствами и регулирующими органами с плавным изменением подачи и выдачи материальных потоков; разработка датчиков, определяющих пластическую прочность массивов газобетона, для камер микроклимата формовочного отделения; создание средств точного позиционирования передаточных тележек, функционирующих в условиях высокой температуры, влажности и запыленности.

Принципиально новой задачей нижнего уровня является автоматическое распознавание типа массивов и управления их движением по конвейеру, начиная от подготовки форм до возвращения пустых тележек после разборки массивов. На конвейере одновременно может находиться около 100 автоклавных тележек с массивами 40 различных типов (по составу изделий). Движение каждой из них должно быть строго согласованным с движением всех других. Например, при подаче тележки в камеру микроклимата должны быть состыкованы (с помощью трансбордеров) рельсовые пути для приема другой тележки, выталкиваемой из камеры. Решение таких задач позволит реализовать оптимальный маршрут прохождения газобетонным массивом всех технологических операций, содержащих, например, дефицитные на текущий момент изделия.

На верхнем уровне управления технологическими процессами решаются задачи двух основных классов. К первому

относится: централизованный контроль поступления и расхода материальных и топливно-энергетических ресурсов, качественных характеристик материальных потоков; изделий, поступающих на склад готовой продукции и на строительные площадки; а также текущих технико-экономических показателей производства в целом. Ко второму классу относится оперативное управление, обеспечивающее по результатам централизованного контроля согласованное управление всем технологическим комплексом. Наиболее актуальными задачами этого класса являются расчет и выдача персоналу производственных заданий по количеству и ассортименту выпуска изделий, исходя из графика отгрузки стройкомплектов; формирование графика запуска массивов в технологический конвейер; оперативная коррекция рецептуры газобетонных смесей и режимов термовлажностной обработки массивов; формирование комплектов поездов массивов; управление ритмом производства; оптимизация раскрытия массивов.

Основной целью верхнего уровня автоматизированного управления является выпуск необходимого объема и ассортимента изделий, обеспечивающих потребности стройки, при стабильном качестве продукции и высоких технико-экономических показателях производства. На верхнем уровне управления определяются оптимальные структурные и технологические изменения всего комплекса, что определяет соответствие предлагаемого автоматизированного производства газобетона классу ГАП.

Реализация задач верхнего и нижнего уровней предполагается в рамках многоуровневой структуры автоматизированного управления технологическим процессом производства газобетона (рис. 2).

В соответствии со структурой верхний уровень управления реализуется в виде человеко-машинной системы, включающей диспетчера ДСК, технолога-оператора центрального поста контроля и управления, автоматизированную систему централизованного контроля и оперативного управления (АСЦКиОУ). Информация, поступающая от системы АСЦКиОУ, позволяет технологу-оператору анализировать ход технологического процесса и принимать решения по его изменению с использованием технических и программных средств автоматизированного рабочего места (АРМ). С помощью АРМ решаются задачи автоматизации расчетных и контролируемых функций человека, вывода информации на экран видеотерминала либо на печатающее устройство.

Теоретические основы создания автоматизированных систем верхнего уровня управления для промышленности строительных материалов изложены в [2, 3]. Наиболее существенные их особенности таковы:

движение управляемого объекта происходит не только в пространстве технологических переменных, но и в пространстве технико-экономических показателей (ТЭП);

задача оперативного управления носит терминальный характер в силу необходимости выполнения плановых заданий к концу календарного времени;

проблема многообразия целей и неполной формализованности решений разрешается включением в контур управления человека (технолога-оператора), выполняющего функции лица, принимающего решения (ЛПР).

В результате взаимодействия диспетчера ДСК, технолога-оператора и АСЦКиОУ на нижний уровень управления выдаются оперативные задания по объемным показателям газобетонного цеха и соответствующие этим заданиям технологические режимы и маршруты движения конвейера. На каждом переделе функционируют АСУ ТП нижнего уровня, реализующие задания верхнего уровня. Сюда же функционально относятся деятельность производственной лаборатории и диспетчера по отгрузке.

Техническую структуру многоуровневого автоматизированного управления технологическим процессом предполагается реализовать на базе вычислительного комплекса СМ-1420 для системы верхнего уровня и на базе микропроцессорных регулирующих комплексов КМР-400 для систем нижнего уровня. Комплекс КМР-400 разработан ВНПО Союзавтоматстром [4] на базе встроенной 16-разрядной микроЭВМ «Электроника МС 1260.12» и обеспечивает авто-

матическое диагностирование сбоев и отказов в работе аппаратуры и программного обеспечения. В его состав входит проблемно-ориентированный пульт с функциональной клавиатурой и алфавитно-цифровой индикацией.

На начальных этапах автоматизации взаимодействие систем верхнего и нижнего уровней можно осуществлять посредством терминальных устройств через операторов местных постов контроля и управления, а в перспективе — автоматически. Поэтому создание и внедрение отдельных автоматизированных систем нижнего уровня может осуществляться независимо, по мере готовности объекта и средств автоматизации с последующим включением АСУ в общую многоуровневую структуру (см. рис. 2).

В настоящее время на Автовском ДСК-3 ведутся экспериментальные, научно-исследовательские и проектно-конструкторские работы по автоматизации газобетонного производства. Общая их координация возложена на ВНПО Союзавтоматстром. В ближайшей перспективе намечено внедрение АСУ ТП автоклавного и помольного отделений, а также системы верхнего уровня — АСЦК и ОУ. Ожидаемый экономический эффект от автоматизации всего технологического комплекса производства газобетона составит 800 тыс. р. в год.

Выводы

Автоматизация верхнего уровня управления на базе мини-ЭВМ и многоуровневой системы представления информации должна обеспечивать со-

гласованное взаимодействие всех технологических переделов, исходя из потребностей строительных площадок и оптимизации технико-экономических показателей производства.

Автоматизация нижнего уровня управления на базе микропроцессорных регулирующих комплексов должна обеспечивать выполнение производственных заданий верхнего уровня, исходя из стабильности характеристик промежуточных и выходных материальных потоков, экономии сырьевых и топливно-энергетических ресурсов.

Автоматизация технологического оборудования и поточно-транспортных систем на базе встроенных средств промышленной автоматики и регулирующих органов должна обеспечивать отработку управляющих воздействий нижнего уровня с высокой степенью точности и надежности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Чистяков Б. З., Мысатов И. А., Бочков В. И. Производство газобетонных изделий по резательной технологии. — Л.: Стройиздат, 1977. — 240 с.
2. Живоглядов В. П. Интегрированные и многоуровневые системы управления производством. — Фрунзе: Илим, 1980. — 145 с.
3. Трачевский М. Л., Селиванов А. В. Оперативное управление процессом обогащения асбестовой руды // Системы управления и технические средства на базе мини- и микроЭВМ: Сб. науч. тр. / ВНПО Союзавтоматстром. — Л., 1985. — С. 144—168.
4. Микропроцессорный регулирующий комплекс для автоматизации технологических процессов производства строительных материалов / А. Д. Каленюк, А. Н. Калинин, В. П. Лапин и др. // Математические модели, алгоритмы и системы управления технологическими объектами: Сб. науч. тр. / ВНПО Союзавтоматстром. — Л., 1986. — С. 116—143.

УДК 691.327.33:620.179.5

Я. М. ПАПЛАВСКИС, канд. техн. наук (НИПСиликатобетон)

Резательная технология изготовления конструкций из ячеистого бетона

Удельный вес изделий из ячеистого автоклавного бетона в общем объеме мелкоштучных стеновых материалов в среднем по стране составляет всего 4,1%. В то же время следует отметить, что по отдельным союзным республикам разница в его применении весьма существенна. Например, удельный вес ячеисто-бетонных мелких блоков в мелкоштучных стеновых материалах состав-

ляет: в Эстонской ССР 45%, в Латвийской ССР — 26,5%, в Белорусской ССР — 18,8%, в РСФСР — 2,2%, а в Армении, Туркмении, Таджикистане, Молдавии, Азербайджане, Грузии и Узбекистане их вообще не выпускают.

Для достижения коренных сдвигов в обеспечении стеновыми материалами жилищного строительства необходимо объем производства эффективных ячеи-

стобетонных стеновых блоков в стране довести до 15 млн. м³ в 1990 г. и до 40... 45 млн. м³ в 1995 г.

Еще лет 10...15 назад приходилось доказывать преимущества ячеистого автоклавного бетона; в настоящее время вопрос состоит в том, на какое оборудование в конкретном случае следует ориентироваться.

Наша страна располагает разработками и оборудованием для изготовления ячеистобетонных изделий по наиболее прогрессивной резательной технологии. Однако долгие годы не решался вопрос о серийном изготовлении оборудования и сдаче заводов «под ключ». В последнее время положение существенно исправлено.

Как известно, в Минстройматериалов СССР разработана и осуществляется программа, предусматривающая в двенадцатой пятилетке строительство 50 линий производительностью 80 тыс. м³ в год при 2-сменном режиме. Эта программа рассчитана на применение разработанной НИПСиликатобетоном технологической линии с использованием резательной машины типа «Универсал-60» (СМС-301) (рис. 1); серийный выпуск которой с 1986 г. освоен Бологовским заводом Минстройдормаша СССР.

Основная часть оборудования для линий изготавливается серийно (мельницы, автоклавы, резательные машины, смеситель, формы и ударные площадки). Не освоен серийный выпуск оборудования дозировочного, а также для пакетирования готовой продукции, системы удаления и утилизации отходов и др. В стране не создана централизованная организация для осуществления и координации монтажных, пусконаладочных работ и сдачи заводов «под ключ».

При реализации программы Минстройматериалов СССР к концу текущей пятилетки будут введены дополнительно мощности на 4 млн. м³ изделий в год, что с учетом уже имеющихся составит 6,3 млн. м³ мелких блоков в год. Однако, как отмечалось выше, для обеспечения потребности в стеновых материалах к концу двенадцатой пятилетки необходимо выйти на рубеж 15 млн. м³ изделий в год, а к концу тринадцатой пятилетки — 40...45 млн. м³ в год.

Поэтому предусмотрены дополнительные меры по увеличению выпуска ячеистобетонных изделий. Для этого ставятся следующие задачи:

создание конвейерной линии производительностью до 200 тыс. м³ в год при 3-сменном режиме работы и использования одной резательной машины;

в отличие от линии производитель-

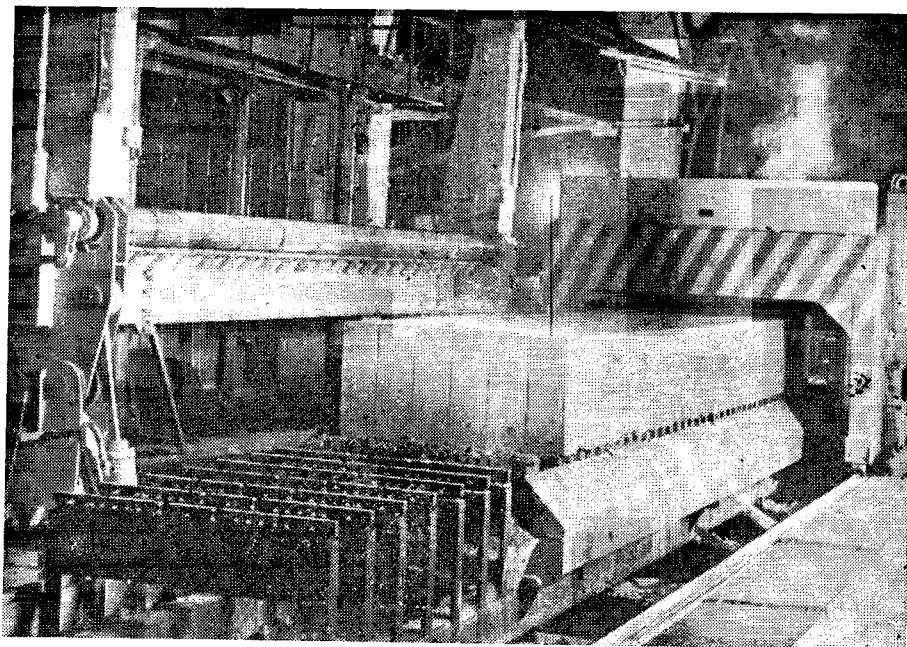


Рис. 1. Резательная машина типа «Универсал-60» (СМС-301)

ностью по поточно-агрегатной схеме 80 тыс. м³ мелких блоков с применением 2-крюковых мостовых кранов грузоподъемностью 15 т, создание конвейерной линии, в которой нет мостовых кранов.

Это позволяет для строительства зданий применять облегченные металлические или железобетонные конструкции;

создание специализированной организации, включающей предприятия по изготовлению и комплектованию оборудования, а также необходимые строительно-монтажные и проектно-конструкторские подразделения.

При создании проекта завода мощностью до 200 тыс. м³ мелких блоков в год головной организацией является ПИ-2 Госстроя СССР. Технологическую часть линии, предусматривающую выпуск ячеистого бетона плотностью 600 кг/м³ класса В2,5, поручено разработать НИПСиликатобетону с привлечением минских отделений Союзгипрострома и ВНПО стеновых и вяжущих материалов. В основе линии — резательная машина типа «Универсал-60» НИПСиликатобетона, чертежи серийной модификации которой СМС-301 разработаны Киевским институтом Гипростром-машина.

Как показывает опыт работы Ахтмеского КСМ и Сыктывкарского ЗССМ, эти машины позволяют обеспечить точность разрезки мелких блоков по всем направлениям в пределах ± 3 мм. При этом число блоков, превышающих максимальные отклонения размеров (± 3 мм), составляет всего около 10% общего числа изделий. Для сравнения отметим,

что у аналогичных машин зарубежных фирм максимальные отклонения точности реза по всем направлениям практически не превышают ± 2 мм. Разница обусловлена уровнем машиностроения, более высокой технологической дисциплиной при эксплуатации оборудования.

Первая отечественная конвейерная линия по производству мелких блоков была разработана НИПСиликатобетоном в содружестве с ПО «Вангажи» Минстройматериалов Латвийской ССР.

Опыт ее 5-летней эксплуатации позволил выявить преимущества и недостатки первого опытно-промышленного образца конвейерной линии. В целом выявилось, что конвейерная технология является единственным правильным решением, если ставится задача существенного увеличения производительности линии, механизации и автоматизации производства, отказа от применения мостовых кранов.

При конвейерном способе требуется более высокая культура производства, технологическая дисциплина и качество исходных материалов, что в совокупности должно обеспечивать работу в заданном ритме. Если заданный ритм конвейера не обеспечивается, теряются его преимущества. Особое внимание будет уделено на это при разработке конвейерной линии производительностью до 200 тыс. м³ блоков в год.

Конвейерное производство мелких блоков базируется на резательных машинах типа «Универсал-60» как наиболее совершенных, всесторонне апробированных и позволяющих достичь пре-

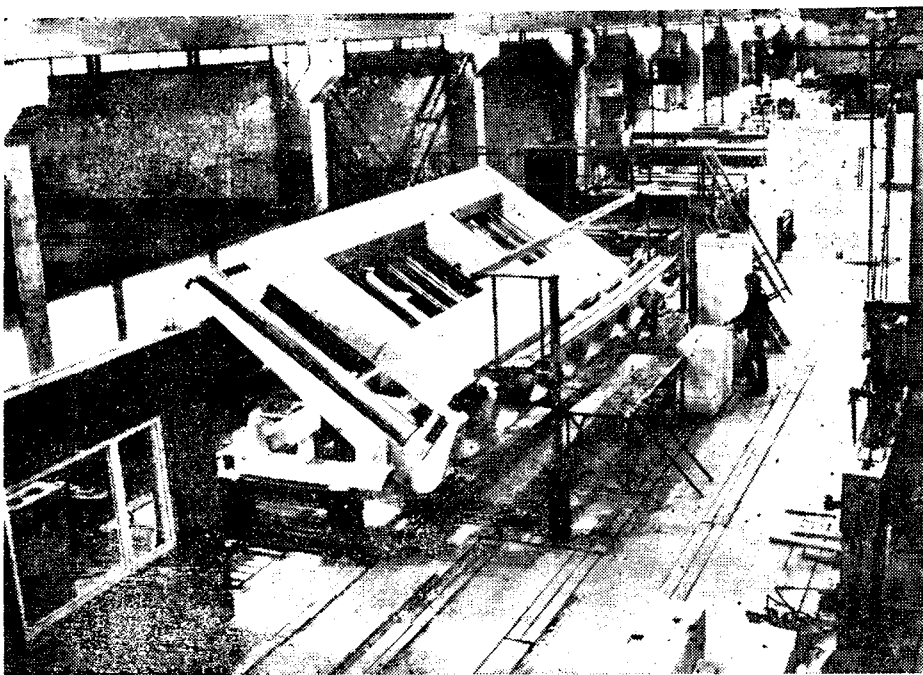


Рис. 2. Участок линии укрупнительной сборки составных панелей

буемого качества изделий. В то же время НИПИ силикатобетоном и другими организациями ведется разработка других конструкций резательного оборудования, особенно с учетом местных условий. Например, иногда наряду с мелкими блоками требуется выпуск теплоизоляционных изделий. При этом отсутствуют автоклавы диаметром 3,6 м, возможности для размещения в пролете мостовых кранов. Для этих случаев НИПИ силикатобетоном разработано и проходит промышленную апробацию резательное оборудование типа «Силбетблок». На этих машинах предусматривается резка массивов высотой до 1,2 м для автоклавов диаметром 2 м.

Машины типа «Силбетблок» предназначены для резки сырья массива на поддоне, без его переноса, как это осуществляется на машинах «Универсал-60». «Силбетблок» введена в эксплуатацию на заводе «Битукас» Минпромстройматериалов ЛитССР, а ее первая модификация ХБ112 внедрена в НИЛ ФХММ и ТП на Люберецком заводе в Мособстройматериалов. Резательные машины типа «Силбетблок» в эксплуатации проще машин «Универсал-60». Однако резка на поддонах вызывает ряд проблем — например недорез, качество резанной поверхности и т. д. Поэтому окончательное решение о перспективах широкого внедрения машин типа «Силбетблок» будет принято после всестороннего их испытания и приемки межведомственной комиссией.

НИПИ силикатобетоном разработаны

технологические линии, в том числе конвейерные, с применением резательных машин типа «Силбетблок» производительностью от 40 до 120 тыс. м³ изделий в год.

В ряде случаев могут оказаться целесообразными разработка и применение очень простых резательных машин для малых заводов (цехов) производительностью 15...20 тыс. м³ мелких ячеистобетонных блоков в год. Такие заводы могут быть построены одной или несколькими организациями за счет собственных средств, например в системе Агропрома или другими ведомствами.

В 1986 г. НИПИ силикатобетон разработал и изготовил резательную машину типа «Агроблок» (ДА-52). Первая опытная линия принята в опытно-промышленную эксплуатацию в Светловодске (Кировоградская обл. УССР). Машина типа «Агроблок» может быть полностью смонтирована на заводе-изготовителе, погружена на железнодорожный или автомобильный транспорт, после перевозки к месту назначения установлена на заранее подготовленный фундамент. После всесторонней апробации линия с применением резательной машины типа «Агроблок» (ДА-52) будет представлена межведомственной комиссией. Проект завода производительностью 15...20 тыс. м³ в год предусмотрено разработать НИПИ силикатобетоном в 1989 г.

Таким образом, имеются различные пути для резкого увеличения производства мелких блоков из ячеистого бетона. Однако во всех случаях стоит вопрос

об изготовлении оборудования (мельниц, автоклавов, смесителей, резательных машин, дозаторов и др.), а также обеспечении производства сырьевыми материалами требуемого качества (негашеная известь, цемент, песок, газообразователь).

Требуется также решение разработки проектов зданий для различных климатических районов страны, в том числе для сейсмических районов. ЛенЗНИИЭП, КиевЗНИИЭП уже много сделали в этом плане.

Необходимо уточнить ряд требований ГОСТа на мелкие блоки, которые необоснованно завышены, особенно при кладке стен на растворе. Необходимо внести в ГОСТ понятие категории качества продукции, решить вопрос зависимости цены от категории качества, объемной массы и прочности мелких блоков. При этом разница в цене должна быть существенна и должна стимулировать качество продукции, понижение плотности ячеистого бетона, что улучшает теплозащитные свойства зданий.

При массовом применении мелких блоков необходимы также централизованное изготовление и поставка сухих растворов, шпаклевки и клеев для кладки и отделки стен.

На резательных машинах типа «Универсал-60» (СМС-301) предусмотрено изготовление мелких блоков и армированных изделий высотой до 60 см без изменения боргоснастки линии. Для изделий больших размеров может применяться разработанная НИПИ силикатобетоном линия укрупнительной сборки и отделки (рис. 2).

Первую конвейерную линию сборки и отделки предусмотрено смонтировать на Нарвском комбинате строительных материалов, а ее участок (стенд сборки) с 1985 г. проходит испытания на Ахтмеском комбинате строительных материалов Госстроя ЭССР. На нем выпускается в год 10...12 тыс. м³ составных ленточных панелей для общественных зданий.

Опыт производства и применения в нашей стране ячеистобетонных изделий показал, что вопросы создания технологии, изучения свойств материалов, разработки оборудования, а также проектов зданий должны решаться комплексно и взаимосвязанно. Созданное общими усилиями заводов, научных и проектных институтов страны позволяет быть уверенными в том, что подотрасль ячеистых автоклавных бетонов находится на правильном пути и внесет существенный вклад в осуществление планов двенадцатой и тринадцатой пятилеток.

Несущая способность стен из мелких ячеистобетонных блоков

Мелкие стеновые ячеистобетонные блоки находят широкое применение в отечественном и зарубежном строительстве. В нашей стране при объеме их производства около 2 млн. м³ в год возводят примерно 6 млн. м² стен (рис. 1...4).

В 1990 г. объем производства мелких ячеистобетонных блоков достигнет 8, а в 1995 г. — 28 млн. м³ в год. Это вызвано высокими технико-экономическими показателями наружных стен из таких блоков. По данным НИПСи силикатобетона по сравнению со стенами из силикатного кирпича толщиной 64 см для средней климатической полосы (при расчетной температуре (-26)...(-32)°С) стены из ячеистобетонных мелких блоков плотностью 700 кг/м³ по толщине меньше в 2 раза, по массе легче в 2,4 раза, по приведенным затратам дешевле в 1,7 раза, стоимость «в деле» ниже в 1,9 раза, общие трудозатраты меньше в 1,9 раза, энергозатраты — в 1,3 раза.

В настоящее время мелкие стеновые блоки изготавливают и применяют в соответствии с ГОСТ 21520—76, который допускает использование шести их основных типов для наружных стен: при кладке на растворе длиной 58,8 см, толщиной 20, 25 и 30 см, высотой 18,8 и 28,8 см; при кладке на клею длиной 59,8 см, толщиной 19, 24 и 29 см, высотой 19,8 и 29,8 см.

Кроме того в стандарте предусмотрены три типа блоков для кладки внутренних стен, два для двухслойной кладки и три вида доборных блоков. Допускаемые отклонения по размерам блоков ±(3...5) мм для кладки на растворе и ±(1...1,5) мм для кладки на клею и цементной пасте. «Рекомендации по применению стеновых мелких блоков из ячеистых бетонов» допускают применять стеновые мелкие блоки с размерами, соответствующими размерам бетонных стеновых камней по ГОСТ 6133—84, а также блоки других размеров по согласованию с заказчиком.

На основании исследований прочности кладки из мелких ячеистобетон-

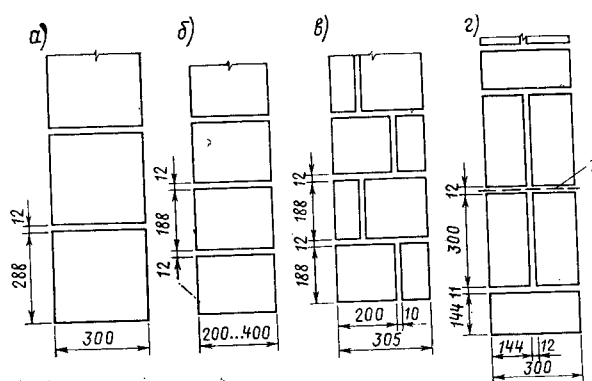


Рис. 1. Типы кладок стен из мелких ячеистобетонных блоков толщиной

а, б — в один блок; в — в полтора блока с чередованием целых блоков и продольных половинок; г — в два блока с чередованием горизонтальной укладки через два ряда блоков; 1 — сетка диаметром 4 мм с ячейкой 80×80 мм

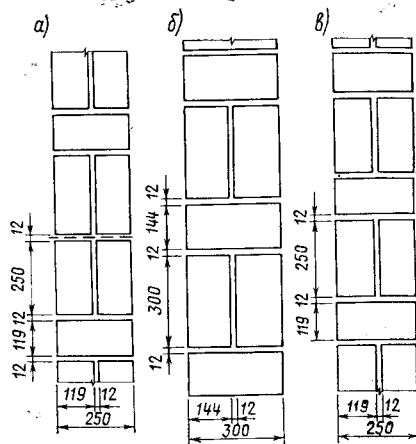


Рис. 2. Типы кладок стен из мелких ячеистобетонных блоков толщиной

а — в два блока с чередованием горизонтальной укладки через два ряда блоков; б, в — то же, с чередованием горизонтальной укладки через один ряд блоков; — — — сетка диаметром 4 мм с ячейкой 70×70 мм

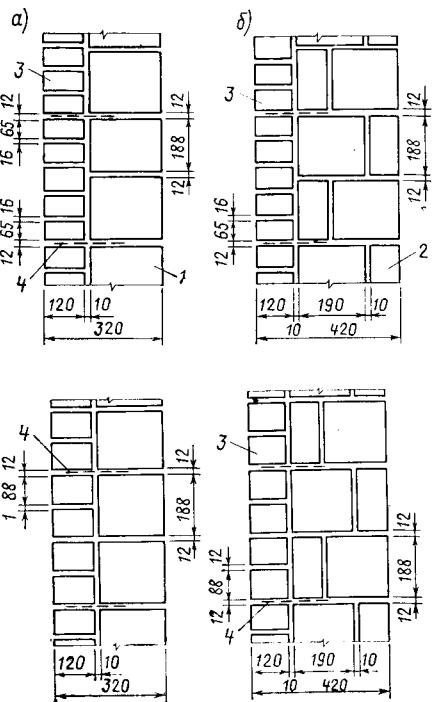
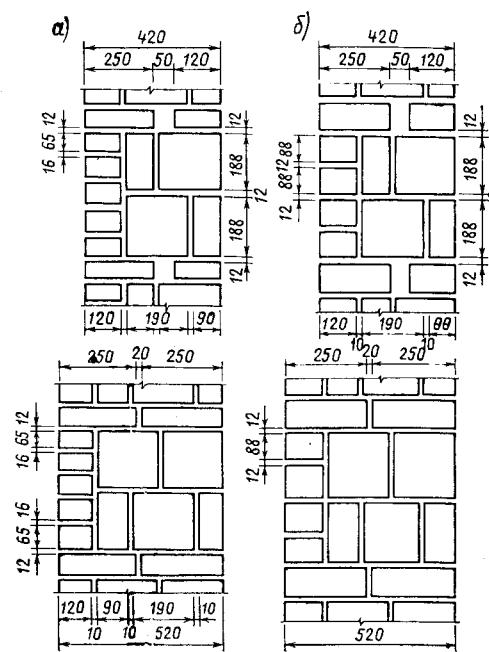


Рис. 3. Типы кладок стен из мелких ячеистобетонных блоков с наружной облицовкой в 1/2 полнотелого кирпича, выполненной на гибких металлических связях

а — облицовка из одинарного кирпича; б — то же, из утолщенного; 1, 2 — блоки основной кладки; 3 — облицовочный кирпич; 4 — металлические связи (скобы диаметром 4...6 мм)

Рис. 4. Типы кладок стен из мелких ячеистобетонных блоков с наружной облицовкой в 1/2 полнотелого кирпича с перевязкой прокладными тычковыми рядами

а — облицовка из одинарного кирпича; б — то же, из утолщенного



ных блоков, выполненных в ЦНИИСКе, установлено, что временное сопротивление сжатию кладки R_u можно определить по формуле* с уточненными эмпирическими коэффициентами

$$R_u = A_1 R_1 \left(1 - \frac{a}{b + \frac{R_2}{2 R_1}} \right) v, \quad (1)$$

где A_1 — конструктивный коэффициент: $A_1 = 0,8$; R_1, R_2 — пределы прочности камня и раствора при сжатии; a, b — эмпирические коэффициенты; $a = 0,16$, $b = 0,3$; v — поправочный коэффициент для кладок на растворах низких марок: $v = 0,75$ при $R_2 = 0$, $v = 1$ при $R_2 = 1$ МПа.

Исследования прочности кладки из мелких блоков, выполненные в ЛенЗНИИЭПе, показали, что опытные данные можно аппроксимировать зависимостью, аналогичной известной формуле Боме-Мосстроа

$$R_u = 0,1 R_2 + 0,5 R_1. \quad (2)$$

Значения предела прочности кладки, определенной по выражению (2), выше, чем по зависимости (1) для растворов низких марок.

Принятое в СТ СЭВ 384—87 понятие нормативного сопротивления материалов, связанное с контрольной или браковочной характеристикой, устанавливаемой ГОСТами на строительные материалы, в действующих нормах в каменной кладке не применяется, поскольку кладка является композитным

* Поляков С. В., Фалевич Б. Н. Каменные конструкции. — М.: Госстройиздат, 1960. — 307 с.

материалом и ее прочность не регламентируется стандартами. При установлении расчетных сопротивлений кладки из мелких ячеистобетонных блоков в СНиП II—22—81 приняты следующие значения: коэффициент вариации кладки по данным статистической обработки $C = 0,15$, условное нормативное сопротивление R_n с обеспеченностью 97,7 % определяют по формуле

$$R_n = R_u (1 - 2C) = 0,7 R_u. \quad (3)$$

Возможное снижение нормативного сопротивления кладки из мелких блоков учитывают делением на коэффициент надежности 1,2, а другие второстепенные факторы и возможные дефекты при возведении стен — на коэффициент 1,15. Следовательно, общий коэффициент надежности для каменных конструкций принят равным 1,4, а расчетное сопротивление кладки $0,5 R_u$.

По результатам исследований ЛенЗНИИЭПа и ЦНИИСКа расчетные сопротивления кладки из ячеистобетонных мелких блоков повышены на 12...14 %. С учетом этих изменений расчетные сопротивления сжатию кладки из таких блоков (каменей) следует определять по табл. 5 СНиП II—22—81.

Расчетные сопротивления R принимают по СНиПу с понижающим коэффициентом 0,9 для блоков из бетона неавтоклавного твердения; для кладки на легких растворах, при толщине горизонтального растворного шва более 15 мм, 0,8 при толщине шва более 20 мм.

В настоящее время наибольшее при-

менение в строительстве находят мелкие блоки из автоклавных ячеистых бетонов плотностью 500...900 кг/м³, которым соответствуют классы бетона по прочности на сжатие В1...В5.

Несущую способность кладки из мелких ячеистобетонных блоков при внецентренном сжатии согласно СНиП II—22—81 определяют по формуле

$$N \leq m_g \varphi_1 R A_c \omega, \quad (4)$$

где m_g — коэффициент, учитывающий длительное действие нагрузки; φ_1 — коэффициент продольного изгиба; A_c — площадь сжатой части сечения: $A_c = A \left(1 - \frac{2 e_0}{h} \right)$; A — полная площадь сечения элемента; e_0 — эксцентриситет приложения расчетной продольной силы N ; h — высота сечения; $\omega = 1$.

Выводы

Несущая способность стен из мелких ячеистобетонных блоков, вычисленная по отечественным и зарубежным нормативным и рекомендательным документам, оказалась достаточно близкой при одинаковой марке блоков и раствора.

Опыт изготовления, проектирования, строительства и эксплуатации зданий различного назначения со стенами из мелких ячеистобетонных блоков в нашей стране и за рубежом позволяет рекомендовать шире применять эти блоки в наружных стенах зданий и в первую очередь в малоэтажных зданиях в различных климатических регионах.

УДК 691.327:666.973.6

Б. О. БАГРОВ, канд. техн. наук (НИИЖБ)

Вторичные технологические продукты промышленности для изготовления ячеистых бетонов

Одним из крупнейших поставщиков новых видов вторичных технологических продуктов в настоящее время является цветная металлургия [1]. Интенсивное развитие всех отраслей народного хозяйства предопределяет увеличение объемов добычи металлов, что влечет за собой и увеличение объемов вторичных технологических продуктов. Особую важность приоб-

ретают эффективное и более полное их использование, так как вторичные технологические продукты — это затраты труда, энергии, топлива.

Так, ежегодный выход шлаков с различных предприятий цветной металлургии, которые могут быть использованы в стройиндустрии, составляет около 13 млн. т, различных шламов — 10 млн. т, щелочных отходов в

пересчете на 100 %-ное содержание щелочных оксидов — около 50 тыс. т [2].

Состав всех видов перспективных вторичных технологических продуктов показывает, что их можно использовать в качестве основного сырья в производстве строительных материалов, в частности бетонов на бесцементном шлакощелочном вяжущем.

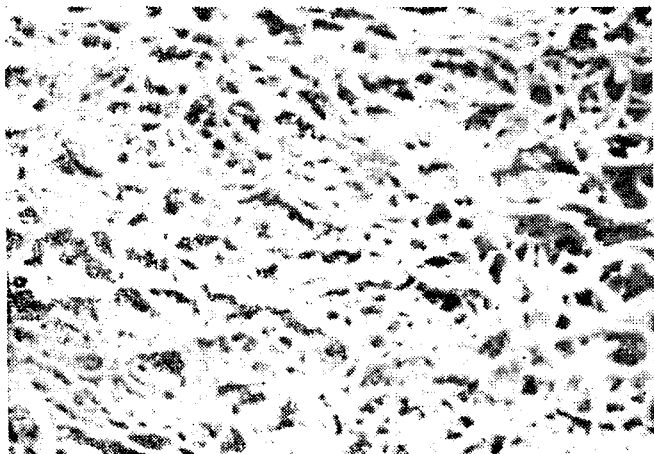


Рис. 1. Структура межпоровой перегородки ячеистого бетона, полученного методом биотехнологии на основе железистых шлаков цветной металлургии (×3000)

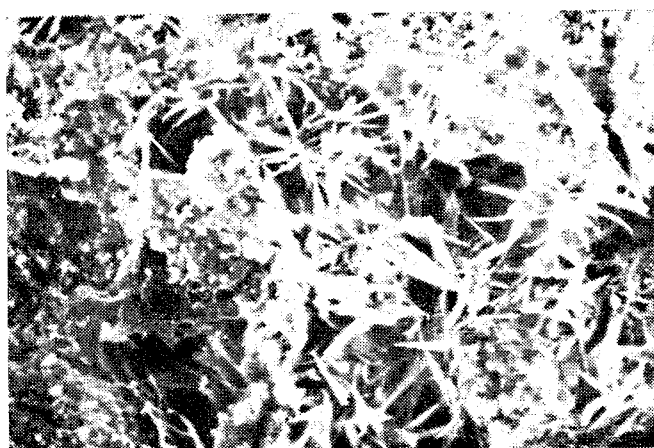


Рис. 2. Структура межпоровой перегородки шлакощелочного ячеистого бетона на основе железистых шлаков цветной металлургии (×3000)

В настоящее время имеются завершённые исследования, посвященные применению шлаков и шламов цветной металлургии в технологии ячеистого бетона на основе традиционных щелочно-земельных вяжущих. Результаты исследований пока не нашли широкого применения в практике строительства, поскольку полученные на этой основе материалы обладают довольно посредственными физико-механическими свойствами.

Проведенные в НИИЖБе работы показали, что использование различных комбинаций вторичных технологических продуктов цветной металлургии позволяет получать автоклавные ячеистые бетоны на шлакощелочном вяжущем, которые по своим свойствам не уступают бетонам на традиционных материалах. Основные физико-механические показатели этих бетонов приведены в табл. 1.

Промышленная микробиология также является важным поставщиком отходов. Продукты биогенного происхождения обладают свойствами, которые позволяют их применять при изготовлении ячеистого бетона. Кроме того, на этой основе можно разработать биотехнологию ячеистого бетона.

Основное преимущество бионизации производства строительных материалов — создание систем, действующих по принципам самоорганизации, характерным для природных биогеоценозов как на макро-, так и на микроуровне.

Применительно к изготовлению ячеистого бетона основные принципы биотехнологии можно сформулировать следующим образом: повышение активной энергии связи исходных сырьевых компонентов применением различных

Таблица 1

Марка бетона по средней плотности	Класс бетона по прочности на сжатие	Марка бетона по морозостойкости	Коэффициент теплопроводности Вт/(м·К)
D400	B0,75	Не нормируется	0,094
D800	B3,5	F50	0,171
D1000	B5,0	F50	0,221

Таблица 2

Марка бетона по средней плотности	Класс бетона по прочности на сжатие	Марка бетона по морозостойкости	Коэффициент теплопроводности Вт/(м·К)
D800	B2,5	F100	0,153
D1200	B5	F100	0,23

продуктов биологического происхождения и переработанных продуктов промышленности; поризация сырьевых смесей за счет газообразующего эффекта биомассы; структурообразование — связывание минеральной основы продуктами биологического происхождения.

Перечисленные принципы вполне реальны для экологически чистой технологии ячеистого бетона.

При использовании шлаков цветной металлургии, активированных продуктами биогенного происхождения, получен ячеистый бетон автоклавного твердения, основные физико-механические свойства которого приведены в табл. 2.

Анализ на электронном сканирующем микроскопе микроструктуры нового материала, полученного методом биотехнологии, и шлакощелочного ячеистого бетона, для изготовления кото-

рых применялся один вид шлака, показал, что вид покрывающих межпоровую перегородку бетона новообразований различен (рис. 1 и 2). В первом случае (биотехнология) новообразования напоминают волокна диаметром до 10 мкм, выстилающие все пространство межпоровой перегородки, во втором случае они представлены лепестками различного вида кристаллогидратов.

Следует отметить, что применение биогенных продуктов в качестве добавок даже в традиционные виды ячеистого бетона позволяет получить положительный технологический эффект. Практически неиссякаемым источником продуктов такого типа являются предприятия по очистке сточных вод на основе биологической очистки.

В сточных водах присутствуют три категории органических веществ: углеводы, белки и жиры. При их бактериальном распаде происходит гидролиз углеводов, превращение их в растворимые сахара, распад белков на аминокислоты, а жиров — на жирные кислоты с короткой углеродной цепью. Аэробный биораспад приводит к образованию углекислого газа и воды. Конечными продуктами при анаэробном распаде являются органические кислоты, спирты и другие промежуточные соединения, находящиеся в растворенном состоянии, а также метан, углекислый газ и сероводород.

Известно, что основные соединения, реагируя с органическими кислотами, образуют поверхностно-активные вещества, которые при введении в бетон могут давать порообразующие и пластифицирующие эффекты.

Для экспериментов были отобраны отходы Люберецкой станции аэрации: уплотненный активный ил, обезвоженный осадок с вакуум-фильтров, фильтрат после вакуумирования. Материалы вводили в сырьевую массу газобетона на смешанном вяжущем.

Образцы бетона размерами $10 \times 10 \times 10$ и $4 \times 4 \times 16$ см запаривались в лабораторном автоклаве по режиму (2+8+3) ч при давлении 0,8 МПа. Молотый песок, компоненты вяжущего, вода и парообразователь соответствовали требованиям СН 277—80. После тепловлажностной обработки образцы испытывались на прочность при сжатии и изгибе.

Анализ данных показал, что введение добавок позволяет повысить прочность при сжатии и изгибе, несколько снизить водотвердое отношение (В/Т) и плотность. Фильтрат после вакуумирования может быть использован в качестве части активного компонента вяжущего, заменив до 5% извести. Таким образом, отходы Люберецкой станции аэрации могут быть эффективно применены в технологии бетонов на смешанном вяжущем.

Следует отметить, что ячеистые бетоны на вторичных технологических продуктах промышленности, как и бетоны на традиционных сырьевых материалах, [3], обладают довольно вы-

сокой термостойкостью — до 600°C. Это позволяет использовать их в качестве жаростойкой теплоизоляции различных теплоэнергетических агрегатов, заменяя ими дорогие и дефицитные огнеупорные материалы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Чалов В. И., Кравчино О. П., Екимов С. В. Использование отходов цветной металлургии для производства строительных материалов. — М.: ВНИИЭСМ, 1984. — 29 с.
2. Использование отходов цветной металлургии для производства шлакощелочного вяжущего и бетонов на его основе. — М.: ЦНИИцветмет, 1987. — 31 с.
3. Рекомендации по приготовлению теплоизоляционного ячеистого бетона с температурой применения до 600°C. — М.: НИИЖБ, 1986. — 10 с.

УДК 624.012.45:691.327:666.973.6:539.4

А. Н. МОРОЗОВ, канд. техн. наук (НИИ строительства Госстроя ЭССР)

Расчет прочности газобетонных конструкций по нормальным сечениям

В НИИ строительства Госстроя ЭССР исследовали упругопластические свойства ячеистых бетонов. При этом испытывали образцы из сланцецеольного газобетона (армированные балки размером $240 \times 15 \times 25$ см и бетонные призмы сечением 10×10 см) плотностью 550...700 кг/м³ и призменной прочностью 2,3...4,7 МПа. Образцы загружали ступенями с выдерживанием 10 мин. Коэффициент упругости газобетона ν перед разрушением при изгибе составил 0,83...0,94, а при центральном сжатии 0,83...0,93, что свидетельствует об одинаковой пластичности при изгибе и сжатии. В последнем случае справедливо выражение

$$\nu = 1 - 0,1 \frac{\sigma_b}{R_b}. \quad (1)$$

Все 18 балок с $\mu = 0,15 \dots 1\%$ разрушились от раздробления газобетона сжатой зоны. Деформации газобетона в балках измеряли непрерывными цепочками тензорезисторов с базой 20 мм, расположенными горизонтальными рядами по высоте сечения в зоне чистого изгиба, в которой средние деформации фибрового волокна газобетона и растянутой арматуры фиксировали индикаторами часового типа с базой 400...500 мм.

В результате установлено, что средние деформации газобетона по высоте сжатой зоны перед разрушением распределя-

ются почти линейно, однако соответствия их закону плоских сечений по всей высоте балки не наблюдается, ибо продолжение этой линии деформаций до оси растянутой арматуры отсекает на ней отрезок меньший ее измеренных деформаций. В работе [1] отклонение деформаций арматуры от закона плоских сечений при эксплуатационных нагрузках предложено учитывать введением коэффициента β , экспериментальные значения которого больше или меньше единицы. При исследовании несущей способности элементов по сжатой зоне важнейшим показателем является ее высота η , следовательно, целесообразно привлечение условной относительной высоты ξ_p [2], для которой справедлив этот закон. Приняв $k_1 = \xi_p / \xi_{fac}$, из условия

$$\xi_p = \frac{1}{1 + \frac{\varepsilon_s}{\varepsilon_0}} = k_1 \frac{\xi}{\omega} \quad (2)$$

получим

$$\xi = \frac{\omega}{k_1 \left(1 + \frac{\varepsilon_s}{\varepsilon_0}\right)}, \quad (3)$$

где ε_0 — предельная деформация сжатия при изгибе фибрового волокна газобетона; ε_s — соответствующая ей деформация растянутой арматуры; ω — характеристика сжатой зоны.

Коэффициент k_1 зависит от упругопла-

стических свойств газобетона, определяемых характеристикой сжатой зоны, и от отношения $\varepsilon_s / \varepsilon_0$ — $k_1 = 1,1 - 0,2\omega - 0,08\varepsilon_s / \varepsilon_0$, т. е. для практических значений $\sigma_s = 210 \dots 340$ МПа и $R_b = 2 \dots 4$ МПа $k_1 = 0,9 \dots 0,95$. Если рассматривать этот коэффициент только в зависимости от характеристики сжатой зоны, то

$$k_1 = 1,08 - 0,24\omega. \quad [3], \quad (4)$$

В данных опытах $\omega = 0,88 - 0,1 R_b^{exp}$. Экспериментами установлено, что средние деформации газобетона вплоть до разрушения по высоте сечения распределяются почти линейно с коэффициентом полноты эпюры в сжатой зоне 0,47...0,53. Модули упругости газобетона балок при изгибе

$$E_{fl} = \frac{M}{bz \Sigma F}, \quad (5)$$

где ΣF — площадь эпюры средних деформаций сжатия; z — плечо от центра ее тяжести до оси растянутой арматуры; E_b — модуль упругости контрольных призм при центральном сжатии (см. таблицу).

Ввиду того, что упругопластические свойства одинаковы, а различие модулей упругости при изгибе и центрального сжатия невелико, примем их равными. В этом случае условие равенства фактического усилия в сжатой зоне его рас-

Шифр балки	8П-78	8П-56	8П-12	6П-34	10Г-34	8Г-56	8Г-34	8Г-78
E_b^f	1820	1500	1700	1460	1740	1760	2380	1770
E_b	1890	1470	1920	1500	1680	1630	2000	1685

Примечание. Данные получены при нагрузках, составляющих 90...97 % разрушающей.

четному значению при прямоугольной эпюре напряжений, равных R_b , можно записать в виде

$$\omega_e \varepsilon_0 \xi_{fac} = \varepsilon_R \xi, \quad (6)$$

где ω_e — коэффициент полноты эпюры деформаций сжатой зоны с фактической относительной высотой ξ_{fac} , ε_R — предельная деформация газобетона при центральном сжатии. При $\omega_e = 0,5$ согласно уравнению (6)

$$\frac{\varepsilon_0}{\varepsilon_R} = 2 \frac{\xi_{fac}}{\xi} = 2 \omega. \quad (7)$$

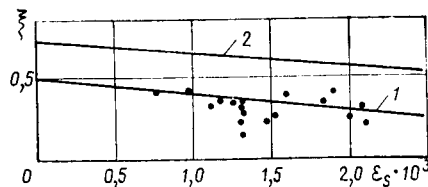
В источнике [4] предложено рассматривать это отношение предельных деформаций в зависимости от пластичности бетона

$$\frac{\varepsilon_0}{\varepsilon_R} = 2 \omega_0, \quad (8)$$

где $\omega_0 = 1 - 0,5 \nu$.

Наиболее близкое соответствие результатов вычислений по зависимостям (7), (8) наблюдается при средних опытных значениях прочности газобетона, его пластичности и предельной деформативности при сжатии и изгибе.

Из выражения (7) при $\varepsilon_R = 2 \cdot 10^{-3}$



Зависимость между деформациями арматуры ε_s и высотой сжатой зоны ξ

● — опытные данные; 1 — по формуле (9); 2 — то же по формуле (11)

$$\frac{\varepsilon_s}{\varepsilon_0} = \frac{\sigma_s}{800 \omega}.$$

Учитывая формулу (2), можно записать

$$\varepsilon_s = 2 \omega \varepsilon_R \left(\frac{\omega}{k_1 \xi} - 1 \right) \quad (9)$$

$$\text{или } \sigma_s = 800 \omega \left(\frac{\omega}{k_1 \xi} - 1 \right).$$

Поскольку опытные данные получены при разрушении сжатой зоны, граничное значение относительной высоты сжатой зоны

$$\xi_R = \frac{\omega}{k_1 \left(1 + \frac{\sigma_s}{800 \omega} \right)}. \quad (10)$$

УДК 691.327.33(006)

Г. А. УХОВА, канд. техн. наук (НИИЖБ)

О пересмотре стандарта на ячеистые бетоны

Основной задачей пересмотра ГОСТ 25485—78 «Бетоны ячеистые. Технические условия» является повышение качества этого материала и долговечности изделий из него. В проекте стандарта установлены показатели физико-механических свойств, требования к сырьевым материалам, соблюдение которых обеспечит получение ячеистых бетонов с необходимыми свойствами, а также методы их физико-механических испытаний.

Проект стандарта распространяется наряду с автоклавными ячеистыми бетонами и твердеющими в условиях пропаривания и электропрогрева на бетоны естественного твердения, применение которых в практике строительного произ-

водства получает дальнейшее распространение.

Ячеистые бетоны, на которые распространяются требования настоящего стандарта, могут быть применены для изготовления теплоизоляционных, конструктивно-теплоизоляционных армированных и неармированных изделий и конструкций, применяемых в жилищном, гражданском и промышленном строительстве.

Ячеистые бетоны, регламентируемые проектом стандарта и изготавливаемые в нашей стране, характеризуются широким диапазоном средней плотности — от 300 до 1200 кг/м³. Каждой марке ячеистого бетона по средней плотности соот-

На рисунке представлены опытные данные ξ и ε_s , а также теоретические зависимости между ними согласно выражению (9) и по СНиП 2.03.01—84

$$\varepsilon_s = \frac{\varepsilon_R}{1 - \frac{\omega}{1,1}} \left(\frac{\omega}{\xi} - 1 \right). \quad (11)$$

Из рисунка видно, что экспериментальные данные лежат ниже прямой 2 по СНиПу. Вычисления по формулам (9), (11) производили при $R_b = 3,4$ МПа, $\varepsilon_0 = 2,4 \cdot 10^{-3}$, $\varepsilon_R = 2,1 \cdot 10^{-3}$. Это необходимо учитывать при проведении исследований, а также при составлении нормативных документов по расчету конструкций из ячеистых бетонов и при конкретном проектировании.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гусаков В. Н. Расчет армированных конструкций из тяжелого силикатного бетона. — М.: Стройиздат, 1967. — 82 с.
2. Морозов А. Н. Расчет прочности сечений, нормальных к продольной оси армированных элементов из сланцезольного газобетона // Исследование по строительству. Напряжения в бетоне. Испытание конструкций. — Таллин: Валгус, 1980. — С. 110—119.
3. Морозов А. Н. О деформативности сланцезольного газобетона и деформированном состоянии частично сжатых нормальных сечений элементов из него перед разрушением // Тез. докл. V республиканской конф. по долговечности конструкций из автоклавных бетонов. — Таллин, 1984. — С. 170—172.
4. Ильин О. Ф. Обобщенная методика расчета прочности нормальных сечений с учетом особенностей свойств различных бетонов. Поведение бетонов и элементов железобетонных конструкций при воздействии различной длительности. — М.: НИИЖБ, 1980. — С. 47—54.

риалы для изготовления изделий и конструкций из ячеистых бетонов разного вида и назначения. Кроме того, при этом учитываются и фактические возможности предприятий, производящих изделия из таких бетонов.

По сравнению с действующим стандартом в разрабатываемый введены повышенные требования к показателям прочности ячеистых бетонов при их заданной плотности. Основанием для подобных изменений являются результаты научно-исследовательских работ, проведенных в НИИСи силикатобетоне, НИИЖБе и в других институтах, а также опыт перепродовых заводов.

Ячеистые бетоны автоклавного и неавтоклавного твердения значительно отличаются по физико-механическим свойствам, поэтому и предъявляемые к ним требования по прочности, морозостойкости, величине усадочных деформаций различны. Теплотехнические свойства так же, как показатели сорбции и паропроницаемости, зависят от средней плотности бетона и вида кремнеземистого компонента, поэтому соответствующие требования ко всем видам ячеистого бетона установлены, как и в действующем стандарте.

Стимулировать заводы на выпуск продукции с повышенными показателями физико-механических свойств предполагается путем введения дифференцированных цен на изделия из ячеистых бетонов разного качества. Проекты таких цен на блоки и теплоизоляционные материалы в настоящее время разрабатываются в процессе пересмотра стандартов на эти виды изделий.

По показателям прочности, плотности и коэффициентов теплопроводности требования разрабатываемого стандарта отвечают уровню соответствующих физико-механических свойств бетонов в социалистических странах и приближаются к показателям ячеистых бетонов, выпускаемых в развитых капиталистических государствах.

Впервые в проект стандарта включены в виде обязательных приложений методы испытания некоторых физико-механических свойств ячеистого бетона. Среди них — новый метод определения и контроля усадки при высыхании, где впервые назначены влажностные граничные условия определения усадочных деформаций. Опыт эксплуатации ячеистобетонных панелей показал, что влажность материала практически не бывает ниже 5% по массе. Этот предел, принятый условием окончания испытаний усадочных деформаций соответствующими стандартами ЧССР и ГДР, в проекте нового ГОСТа и взят в качестве конечного условия определения

усадочных деформаций ячеистых бетонов при высыхании.

Максимально допустимая отпускная влажность ячеистобетонных изделий по действующим стандартам равна 35%. Такая величина влажности принята в качестве начальной при испытаниях. По результатам определения усадочных деформаций и соответствующим им значениям влажности строят диаграммы зависимости между этими параметрами. За контролируемую величину принимают деформации усадки, развивающиеся в интервале вышеназванных значений влажностей.

Метод определения и контроля морозостойкости, включенный в проект стандарта, также подвергнут значительной корректировке по сравнению с методом ГОСТ 12852.4—78. Новый вариант предусматривает как метод контроля соответствия морозостойкости ячеистого бетона заданной марке, так и метод определения марки бетона по морозостойкости.

Впервые при определении и контроле морозостойкости введен новый критерий, предложенный НИИСФом. По результатам относительного снижения прочности в зависимости от числа циклов замораживания — оттаивания строится диаг-

грамма. Марка ячеистого бетона по морозостойкости соответствует концу линейного участка (с округлением в меньшую сторону до ближайшей нормируемой марки) кривой относительного снижения прочности, наблюдаемого при замораживании — оттаивании. Кроме того, с целью получения более точных результатов при контроле морозостойкости увеличено число испытываемых образцов-близнецов и сроков испытания. Режимы замораживания — оттаивания в новом стандарте приняты такими же, как и в действующем ГОСТ 12852.4—78.

После утверждения проекта настоящего стандарта будут внесены коррективы в следующие стандарты: ГОСТ 5742—76 «Изделия из ячеистых бетонов теплоизоляционные», ГОСТ 21520—76 «Блоки из ячеистых бетонов стеновые мелкие», ГОСТ 12504—80 «Панели стеновые внутренние бетонные и железобетонные для жилых и общественных зданий», а также в ГОСТ 11024—84 «Панели стеновые бетонные и железобетонные для жилых и общественных зданий».

Проект стандарта «Бетоны ячеистые. Технические условия» разрабатывается НИИЖБом, ЦНИИСКом, НИИСФом, НИПИСиликатобетоном и ЛенЗНИИЭПом.

УДК 691.327.666.973.2(100)

В. П. ТРАМБОВЕЦКИЙ, канд. техн. наук (НИИЖБ)

Ячеистый бетон за рубежом

Автоклавный ячеистый бетон был разработан в Швеции в 1929 г. Шведские фирмы «Сипорекс» и «Итонг» много сделали для совершенствования процесса заводского изготовления ячеистых бетонов, техники транспортировки и монтажа изделий на стройплощадке, его защитной и декоративной отделки.

В связи с достаточно сложной технологией изготовления ячеистобетонных изделий, основанной на применении достижений химии, механики, автоматики и компьютерной техники, основное производство сосредоточилось в руках небольшого круга широко известных фирм, которые ведут активную лицензионную работу, стремясь расширить производство этого материала. В настоящее время, по данным Г. Бове («Сипорекс»), в 39 странах мира (без учета СССР) работают 212 заводов ячеистого бетона. Из них по лицензиям фирм «Сипорекс» и «Итонг» действуют соответственно 33 и 36 заводов, западногерманской фирмы «Хе-

бель» — 25, голландской «Дюррокс-Кальсикокс» — 15, датской «Селкон» — 8 и т. д.

В ряде стран имеются свои собственные разработки по технологии, и в них наряду с лицензионными действуют предприятия на основе отечественной техники (в КНР — 51, ФРГ — 35, ПНР — 29, Японии — 15, Великобритании — 14, в СФРЮ — 6).

Опубликованные данные об общих объемах выпуска ячеистого бетона в мире отсутствуют. Известно, что наиболее распространенный тип предприятия вышеперечисленных пяти крупных фирм имеет годовую производительность около 200 тыс. м³, хотя наиболее крупное предприятие, построенное в 1987 г. в ВНР по лицензии фирмы «Хебель», имеет производительность 560 тыс. м³. Если исходить из средней цифры, то общая годовая мощность 117 предприятий этих фирм составит около 23 млн. м³, а предполагаемая мощность всех предприятий в мире — до 40 млн. м³. Из сведений по

отдельным странам на конец 1987 г. известно, что в Великобритании, например, 4 компании, владеющие заводами ячеистого бетона, производят главным образом мелкие стеновые блоки общим объемом более 2,8 млн. м³, в Японии и ЧССР выпускается по 3 млн. м³, в СФРЮ — 1 млн. м³ и т. п.

В ФРГ основной объем производства сосредоточен на заводах фирм «Хебель» и «Итонг». В 1984 г. в этой стране, по данным сотрудника фирмы «Хебель» д-ра Д. Бриземанна, всего было изготовлено около 2,6 млн. м³ стеновых блоков и около 0,7 млн. м³ крупнопанельных стеновых панелей, плит покрытий и перекрытий. По данным фирмы «Хебель», в подавляющем большинстве случаев стеновые блоки для малоэтажного (до 3 этажей) строительства делают из бетона плотностью 400...430, для нижних этажей домов до 6 этажей — из бетона плотностью 500, а до 9 этажей — из бетона плотностью 600 кг/м³.

Следует отметить широкое применение ячеистого бетона в ФРГ в качестве противопожарных перегородок (брандмауэров). Разработаны нормированные данные о пределах огнестойкости таких перегородок в зависимости от вида ячеистого бетона, их толщин, защитных покрытий и конструктивных мероприятий.

Сравнительно новым направлением в применении стеновых блоков из ячеистого бетона для жилищного строительства является их сочетание с деревянным каркасом в домах традиционной фахверковой конструкции. С учетом близости свойств обоих материалов Союзом бетона ФРГ разработаны специальные рекомендации по такому виду строительства, включая конструктивные детали, технико-экономические показатели и т. д.

В Финляндии фирма «Лохья» владеет заводом ячеистого бетона производительностью 200 тыс. м³ по лицензии «Сипорекс». Изготавливаются армированные изделия длиной до 6 м в виде стеновых панелей и плит покрытий и перекрытий, перегородки высотой 2,5...4,2 м, а также неармированные блоки. 65% изделий используется в промышленном, а 35% — в жилищном и сельскохозяйственном строительстве.

Из стран социалистического содружества наиболее развитую промышленность ячеистых бетонов имеет ПНР. Свидетельством успехов является то обстоятельство, что за последние годы заводы системы «Униполь» поставлены в целый ряд стран, в том числе в КНР, ЧССР, Алжир, Сирию, Ирак.

Польские заводы, производящие 4 млн. м³ ячеистого бетона в год, в настоящее время работают на бетонах плотностью 600 и 500 кг/м³ прочностью 5 и 3 МПа

соответственно. В экспериментальном порядке отдельные изделия изготавливают из бетона плотностью 400 кг/м³ и прочностью 2 МПа. Один из таких заводов в г. Пулавы работает на песке и смеси песка с золой ТЭЦ. Производит 120 тыс. м³ блоков, 20 тыс. м³ крупноразмерных армированных изделий и около 16 тыс. м³ составных стеновых панелей. Тепловая обработка изделий двухстадийная: 1,5 ч предварительной выдержки при 50°C, затем разрезка массива и последующая автоклавная обработка при давлении 12 МПа и температуре 190°C в течение 13,5 ч для блоков и 17,5 ч для крупноразмерных изделий. Завод оснащен 6 проходными автоклавами диаметром 2,6 и длиной 33 м. Стоимость 1 м³ блоков 60 р., составных панелей полной заводской готовности — 250 р.

На заводе широко применяются новинки, в том числе отделка наружных стеновых панелей составами «Фиброфоб» и защитно-пассивирующая обмазка для арматуры «Берокс». Если раньше арматурные сетки и каркасы предварительно очищали от ржавчины механическим путем, то сейчас здесь действует автоматизированная линия. Сетки и каркасы вначале обрабатывают окунанием за один раз в пассивирующий состав «Берокс», а затем дважды обрабатывают битумной обмазкой с последующей сушкой. Весь цикл занимает 21 ч.

Определенный интерес специалистов вызывает оригинальная технология изготовления ячеистобетонных изделий японской фирмы «Мисава Хоумс». В отличие от широко распространенной в мире, в том числе и в Японии, резательной технологии, доказавшей свои преимущества, фирма вновь вернулась к литьевой технологии изготовления панелей в индивидуальных формах.

Бетон состоит из смеси молотого кварцевого песка (32,4%), поргланццемента (24,1%), алюмината кальция (6,5%), воды (29,8%), добавок и высокоэффективных ускорителей твердения (7,2%). Смесь заливают в формы и выдерживают в течение 30 мин, после чего производится распалубливание сырца и его кантование. Автоклавную обработку ведут в течение 8 ч при 180°C.

При плотности 500 кг/м³ прочность бетона на сжатие составляет 4,3 МПа, на изгиб — 1,0 МПа, на растяжение — 0,6 МПа, модуль упругости — 2 ГПа. Определение прочностных характеристик производят на образцах влажностью 2...5%.

Армированные панели могут иметь рельефную декоративную поверхность за счет применения вкладышей в формах, арматура защищена антикоррозионным полимерцементным покрытием. Испыта-

ния, проведенные исследовательским центром фирмы, подтвердили высокую огнестойкость и атмосферостойкость конструкций, их отличные теплозащитные свойства.

Фирма изготавливает на заводе и поставляет на стройки готовые блок-комнаты размером 4,57×2,47×2,3 м, из которых монтируются дома до 40 модификаций. Завод в г. Нагойя имеет производительность около 200 тыс. м³ панелей в год. К концу 1985 г. фирма поставила заказчикам 9100 объемных блоков для односемейных и многосемейных домов, а в 1986 г. началось аналогичное производство по лицензии этой фирмы в Южной Корее.

Широкое применение ячеистых бетонов вызвано их высокими тепло- и звукоизолирующими свойствами, что обуславливает их экономическую эффективность на стадии эксплуатации. Однако необходимость автоклавной обработки зачасую создает иллюзию чрезмерного расхода энергии на стадии их изготовления. Исследованиями Н. Келлера показано, что если по удельному расходу энергии на изготовление 1 т изделия ячеистый бетон уступает обычному бетону (500 против 200 кВт·ч), то по расходу на 1 м³ он не менее эффективен (250 против 460 кВт·ч).

Ячеистые бетоны таят в себе неиспользованные резервы по дальнейшей экономии энергии как в процессе изготовления, так и на стадии эксплуатации. Ведутся интенсивные исследования по замещению наиболее энергоемких сырьевых компонентов, совершенствованию технологических процессов, созданию новых конструктивных решений.

В настоящее время в рамках Международного союза строительных лабораторий РИЛЕМ действуют два технических комитета по ячеистым бетонам, объединяющих специалистов многих стран. Один из них занимается разработкой и совершенствованием стандартных методик определения эксплуатационных характеристик ячеистых бетонов и тем самым способствует совершенствованию технологии их изготовления. Другой имеет целью создание международных модельных норм по расчету и проектированию конструкций из ячеистых бетонов, которые включают в себя разделы по свойствам материалов, принципам расчета, производству строительных работ, проектированию конструкций с применением компьютерной техники, экономические расчеты и т. п.

Работа обоих комитетов имеет важное значение для поддержания соответствующего уровня конкурентоспособности ячеистого бетона и его дальнейшего совершенствования.

Р. Л. СЕРЫХ, д-р техн. наук, А. П. АКИМОВА, канд. техн. наук,
Л. И. БОКОВА, инж. (НИИЖБ); Г. Б. ЧИЖЕВСКИЙ, инж. (ПСМО Калининградстрой)

Эффективный материал для монолитного домостроения

Производственными опытами на объектах ПСМО Калининградстрой Минсевзапстроя СССР установлена целесообразность применения газозолобетона естественного твердения в качестве эффективного строительного материала при возведении монолитных конструкций жилых домов.

Газозолобетон естественного твердения изготавливают на основе портландцемента по ГОСТ 10178—85 и золы-уноса или золошлаковых смесей ТЭС по ГОСТ 25818—83 и ГОСТ 25592—83.

При проведении экспериментов в лабораторных и построечных условиях использовали золошлаковые смеси, образующиеся при сжигании каменного угля Львовско-Волынского бассейна в топках котлоагрегатов на ТЭС ЦБЗ-1 и ЦБЗ-2 Калининграда.

Исследовали газозолобетоны средней плотностью 400...1000 кг/м³. Цель подбора оптимального состава смеси — получить газозолобетон заданной прочности с наименьшей плотностью. Для этого варьировали расход портландцемента, золы, воды и газообразователя (алюминиевой пудры ПАП-1 по ГОСТ 5494—71Е*).

Результаты экспериментов обработаны с помощью компьютера для получения математических зависимостей прочности и плотности газозолобетона от расхода золы и портландцемента и от их соотношения C . Это позволило установить область значений плотности, в которой можно получить требуемую

прочность, а также построить номограммы для подбора оптимальных составов газозолобетона на исследованных материалах.

Выявлено, что равнопрочный газозолобетон можно получить при разной плотности, изменяя C . С увеличением C плотность равнопрочного газозолобетона возрастает. Для получения бетона заданной прочности при наименьшей плотности следует снижать C .

При назначении состава газозолобетона необходимо учитывать, что если увеличение C снижает себестоимость 1 м³ бетона, то повышение плотности увеличивает толщину конструкции при требуемом сопротивлении теплопередаче и расход материалов на 1 м² конструкции. Поэтому в каждом конкретном случае оптимальный состав газозолобетона заданной прочности подбирают исходя из условия получения минимальной стоимости 1 м² конструкции при требуемом сопротивлении теплопередаче. Минимальный расход цемента на 1 м² конструкции можно достигнуть при максимальном расходе его на 1 м³ бетона, но при минимальной толщине конструкции.

Исследованиями установлено, что прочность газозолобетона с течением времени при всех значениях C возрастает, однако кинетика набора прочности при различных C неодинакова. Относительный прирост прочности газозолобетона с использованием золы значительно выше, чем газобетона на це-

менте. Относительный прирост прочности газобетона на цементе к 180 сут по отношению к 7-суточному возрасту твердения в нормальных условиях составляет 50%, а при использовании золы 120...136% — в зависимости от C . Прочность газозолобетона в разные сроки твердения в нормальных условиях в относительном выражении к прочности образцов в возрасте 7 сут в зависимости от C приведена на рисунке.

Относительный прирост прочности газозолобетона в исследованном интервале C в возрасте 60 сут составляет в среднем 33,5% по отношению к таковой в возрасте 28 сут. Проектный возраст для газозолобетона 60 сут позволит в равнопрочных бетонах снизить на 100 кг/м³ плотность бетона, материалоемкость конструкций и на 30...70 кг/м³ расход цемента по сравнению с назначением возраста 28 сут.

При исследовании газозолобетона плотностью 800 кг/м³ установлено, что коэффициент размягчения после 180 сут — 0,9, коэффициент морозостойкости — 0,9 после 50 циклов замораживания и оттаивания, усадка 1,5...1,9 мм/м при высушивании его до влажности 10% по массе.

Для газозолобетона естественного твердения устанавливают следующие показатели качества:

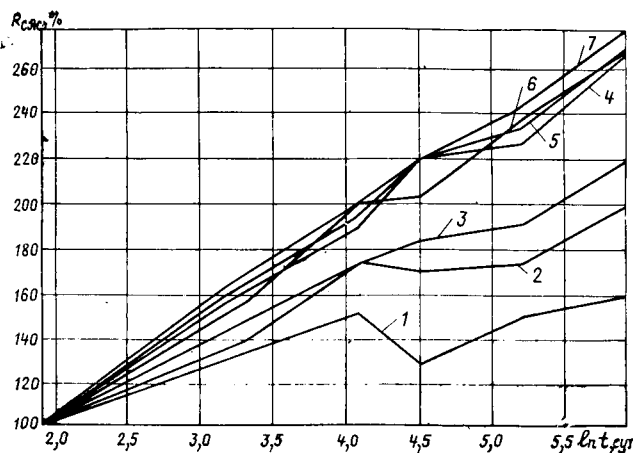
марки по средней плотности $D400, D500$ — теплоизоляционный материал; $D600...D900$ — конструктивно-теплоизоляционный; $D1000...D1200$ — конструкционный;

классы по прочности на сжатие $B0,75...B10$;

марки по морозостойкости $F15...F35$.

Газозолобетон естественного твердения рекомендуется применять при устройстве монолитной теплоизоляции в конструкциях полов и покрытий жилых, общественных и вспомогательных зданий вместо поризованного раствора на основе портландцемента и строительного кварцевого песка; в качестве монолитной стяжки по теплоизоляционному слою в конструкциях полов и покрытий; при возведении монолитных стен в малоэтажных жилых домах усадебного типа вместо керамзитобетона.

Расчеты свидетельствуют о том, что замена керамзитобетона газозолобетонам плотностью 800 кг/м³ в монолитных стенах одноэтажных домов усадебного типа снижает их материалоемкость на 250...270 кг/м³, стоимость 1 м² стены — на 4...5 р.; исключение из бетонной смеси керамзита уменьшает расход усадочного топлива на 100 кг/м³ газозолобетона.



Б. Я. СИРОТКИН, Н. В. ПЕТРОВ, инженеры (Иркутскагропромстрой);
О. П. ВИНОКУРОВ, А. М. КРОХИН, кандидаты техн. наук (НИИЖБ)

Применение неавтоклавного газозолобетона в сельском строительстве

В 1983—1984 гг. Иркутскагропромстроем на базе цеха по производству керамзитобетонных панелей Иркутского сельского строительного комбината был организован выпуск газозолобетонных панелей для строительства жилых и общественных зданий [1].

НИИ строительства Госстроя ЭССР и Иркутскагропромстрой разработали и согласовали с НИИЖБом «Ведомственные технические условия на панели из неавтоклавного газозолобетона для наружных стен сельских зданий», установившие основные требования к стеновым панелям и материалам для их изготовления, правила проверки качества, приемки, хранения и транспортирования. Стеновые панели изготавливали по рабочим чертежам, разработанным КБ по железобетону Госстроя РСФСР совместно с НИИЖБом.

Дефицитный и дорогостоящий керамзит заменили кислой золой-уносом. Отказ от автоклавной обработки позволил выпускать крупногабаритные изделия размером на комнату (3×3×0,45 м) и снизить затраты при монтаже зданий.

Неавтоклавный ячеистый бетон, изготавливаемый на литых и пластичных смесях, имеет высокую влажностную усадку и вследствие этого низкую трещиностойкость. В связи с этим при разработке технологии неавтоклавного газозолобетона на Иркутском ССК основное внимание уделяли снижению усадки и повышению трещиностойкости материала. Улучшения указанных показателей можно достичь вследствие значительного уменьшения В/Т и применения смесей с повышенной жесткостью. Состав газозолобетонной смеси следующий: ПЦ марки 400: зола-унос 1:1,3; В/Т=0,42, расход алюминиевой пудры—0,85 кг/м³, ПАВ—0,05 кг/м³.

Использование таких смесей позволяет снизить влажностную усадку материала на 30% и повысить коэффициент трещиностойкости с 0,1 до 0,5 (см. таблицу). Однако смесители, применяющиеся в технологии ячеистого бетона, не пригодны для перемешивания смесей повышенной жесткости. Для смесителей скребкового типа отработали режимы перемешивания компонентов, способст-

вующие повышению однородности ячеистобетонной смеси.

Изучен процесс формирования ячеистобетонных смесей, повышенной жесткости. Необходимую степень поризации обеспечивают прерывистые режимы виброупучивания.

Выявлено положительное влияние пластификаторов и суперпластификаторов при формировании изделий. Установлена целесообразность применения плавных режимов тепловлажностной обработки, обеспечивающих минимальные влажностно-температурные градиенты в изделиях.

Разработанная совместно с Иркутским политехническим институтом технология позволит получать неавтоклавные газозолобетонные панели со средней плотностью 800...900 кг/м³ и прочностью при сжатии 3,5...5 МПа. При необходимости можно увеличить прочность бетона до 7,5 МПа при той же средней плотности.

Неавтоклавный газозолобетон пригоден для использования в суровых климатических условиях, поскольку его морозостойкость превышает 50 циклов попеременного замораживания и оттаивания, а коэффициент теплопроводности в

сухом состоянии составляет 0,19...0,21 Вт/(м·К).

Твердая фаза неавтоклавного газозолобетона имеет повышенное содержание щелочного компонента и вследствие пассивирующего эффекта значительно снижает интенсивность коррозии арматуры. Основные положения технологии изложены в рекомендациях [2].

В результате испытаний НИИЖБом газозолобетонных кубов и призм на сжатие и растяжение установлено, что полученные опытные данные хорошо согласуются с приведенными в СНиП 2.03.01—84, при этом максимальные деформации сжатия ≈ 2 мм/м.

Длительная прочность газозолобетона в среднем не отличается от соответствующих величин тяжелого и легких бетонов, а в некоторых случаях даже превышает их. С течением времени прочность неавтоклавного газозолобетона повышается.

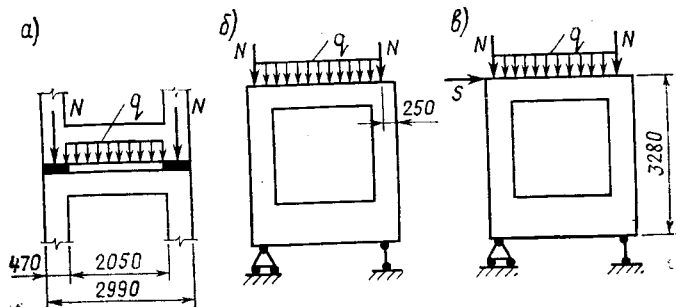
КБ по железобетону совместно с НИИЖБом разработало типовые проекты крупнопанельных жилых и общественных зданий комплексной серии 135 применительно к условиям Иркутской области (климатический подрайон 1в, сейсмичность 7...8 баллов).

В НИИЖБе испытали стеновые панели, изготовленные на Иркутском ССК, размером 2,99×3,28×0,47 м по трем основным расчетным схемам нагружения (рис. 1).

Испытания комбинированного стыка и, в частности, площадки опирания панелей перекрытия на стеновую панель показали, что последняя имеет достаточную несущую способность для восприятия действующих на нее нагрузок.

Рис. 1. Расчетные схемы для испытаний стеновых панелей

а — комбинированный стык стеновых панелей и панелей перекрытия; б — схема приложения контрольных вертикальных нагрузок; в — нагружение панели с учетом сейсмических сил



В/Т	Показатели, см	Средняя плотность, кг/м ³	Прочность, МПа				K _{тр}	Влажность, % по массе	Усадка, мм/м
			R _{вл из}	R _{вл сж}	R _{сух из}	R _{сух сж}			
0,57	17	840	1,1	4,3	0,08	5,0	0,09	23,3	2,8/2,4
0,50	15	945	1,6	4,2	0,25	4,4	0,10	24,0	2,9/2,3
0,39	10	835	0,9	3,6	0,13	4,2	0,13	22,5	2,5/2,3
0,34	5	860	1,3	3,6	0,75	4,0	0,51	18,6	1,86/1,6
0,32	2	950	1,4	4,5	0,90	5,3	0,55	20,0	1,93/1,7

Примечания: 1. Прочность влажных образцов определяли через 1 сут после ТВО.

2. K_{тр} — по методике [4].

3. Для первых трех составов — диаметр расплыва, для остальных — погружение конуса СтройЦНИЛ.

4. Перед чертой — сушка 3 сут при t=105°C, после черты — сушка 120 сут при 20°C.

Разрушающая нагрузка, приложенная непосредственно на площадку опирания панелей перекрытия, составила 350 кН, в то время как по расчетной схеме суммарная нагрузка на площадку опирания — 101,1 кН.

Испытания газозолобетонной панели на воздействие вертикальной нагрузки (см. рис. 1) показали, что фактическая разрушающая нагрузка 1500 кН, в то время как суммарная нагрузка, согласно расчетной схеме при $C=1,6$ равна 649,2 кН.

На заключительном этапе опытные панели нагружали диагональным сжатием в вертикальном положении, при котором их работу можно представить в виде загрузения горизонтальной сдвигающей силой и вертикальной силой сжатия.

Разрушающая нагрузка при этом составила 46 кН (с учетом собственного веса верхней части панели — 59,8 кН), а горизонтальная и вертикальная составляющие — 32 и 35 кН. Разрушение произошло по углам панели. Испытания перлитокерамзитобетонных панелей аналогичных размеров в горизонтальном положении [3] показали, что диагональная сжимающая нагрузка 54 кН.

Горизонтальное смещение верхнего угла панели (см. рис. 1) составило при расчетной нагрузке $S=5,2$ кН, соответствующей диагональной нагрузке 7,5 кН, 0,5 мм.

Относительные деформации простенков и перемычек при разрушающей нагрузке не превысили 0,08 мм/м. Это позволяет сделать вывод о том, что прочность простенков и перемычек недоиспользуется и несущую способность панелей можно повысить конструктивным усилением углов, т. е. увеличением жесткости стыков простенков и перемычек.

В результате испытания панелей из неавтоклавного газозолобетона установ-

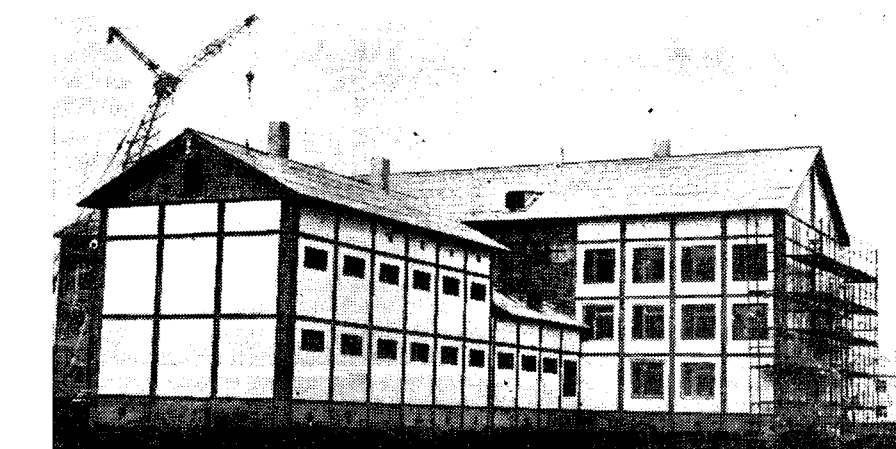


Рис. 2. Средняя школа на 392 учащихся (с. Дундай)

лено, что они удовлетворяют требованиям прочности и жесткости и могут быть использованы при строительстве зданий в районах с сейсмичностью 7..8 баллов.

Это подтвердили и натурные испытания 2-этажных фрагментов общественного здания с наружными стенами из газозолобетонных панелей на сейсмические нагрузки (до 7..8 баллов) с помощью специальной вибромашины и взрыва, проведенные по заказу Иркутск-агропромстроя, КазпромстройНИИпроект и Институтом земной коры СО АН СССР при участии НИИЖБа. Они показали приемлемость конструктивных решений, заложенных в проектах общественных зданий серии 135 с наружными стенами из газозолобетонных панелей.

В настоящее время в Иркутской области ежегодно возводят по 120 одноэтажных двухквартирных жилых домов усадебного типа со стенами из газозолобетонных панелей, а также общественные здания высотой до трех этажей — школы на 8, 10 и 16 классов (рис. 2), дет-

ские сады на 90 и 140 мест (рис. 3), клубы на 200 и 300 мест, магазины, столовые и т. д.

Экономический эффект от применения газозолобетонных панелей неавтоклавного твердения по сравнению с ранее выпускавшимися керамзитобетонными панелями составляет более 9 р. на 1 м³ панели. Начиная с 1984 г. Иркутский ССК выпускает ежегодно около 10 тыс. м³ панелей.

Выводы

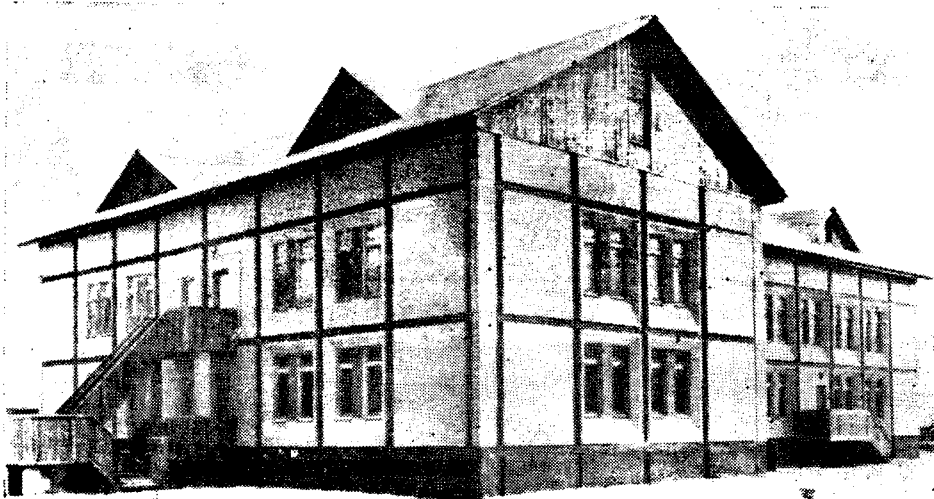
Основное преимущество неавтоклавного газозолобетона по сравнению с автоклавными ячеистыми бетонами заключается в том, что он не требует ТВО при повышенном давлении. Неавтоклавный газозолобетон Иркутского ССК можно использовать в изделиях и конструкциях наряду с автоклавными ячеистыми бетонами и другими видами легких бетонов, а сопоставление этих свойств с другими разновидностями неавтоклавных ячеистых бетонов показало, что они не имеют принципиального отличия и по некоторым показателям даже превосходят рассмотренные разновидности неавтоклавных ячеистых бетонов.

Исследования работы стеновых газозолобетонных панелей при различных сочетаниях нагрузок показали, что они удовлетворяют проектным требованиям и имеют запас по прочности и жесткости.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Винокуров О. П. Опыт производства и применения неавтоклавных ячеистых бетонов // Строительные материалы. — 1986. — № 7. — С. 6—8.
2. Рекомендации по изготовлению и применению изделий из неавтоклавного ячеистого бетона. — М.: НИИЖБ, 1986. — 34 с.
3. Федоров А. Д. Исследование несущей способности и деформативности стеновой керамзитобетонной панели при перекосе. Стр-во и архитектура. Экспресс-информ.: Строительство в особых условиях. Сейсмостойкое строительство. — М.: ВНИИИС, 1985. — Сер. 14. — № 1. — С. 13—14.
4. Крохин А. М. Экспресс-методика для определения трещиностойкости ячеистого бетона // Долговечность конструкций из автоклавных бетонов: Тез. докл. III Республиканской конф. — Таллин, 1978. — 194 с.

Рис. 3. Детский сад-ясли на 140 мест (с. Урик)



А. Ч. ЧАРЫЕВ, инж. (Главкаракумстрой); Ю. Д. ЧИСТОВ, канд. техн. наук,
А. В. ВОЛЖЕНСКИЙ, д-р техн. наук, О. И. ЛАРГИНА, канд. техн. наук (МИСИ)

Применение неавтоклавного газобетона из барханного песка

Работы по обводнению обширных районов пустынных и залежных земель вдоль Каракумского канала включают благоустройство осваиваемых территорий. Одной из важнейших задач является строительство в рабочих поселках жилья, объектов культурного и социального назначения, причем не только индустриальным способом, но и всемерно наращивая мощности индивидуального строительства. Наиболее перспективным и экономически целесообразным является использование в строительстве ячеистых бетонов — высокоэффективного строительного материала.

В Туркменской ССР почти полностью отсутствуют кварцевые и незначительны запасы крупнозернистых песков, ограничены запасы глин для производства керамзитобетона, нет эффективных природных легких заменителей. Однако республика располагает практически неисчерпаемыми запасами тонкодисперсных барханных песков. Поэтому вопрос широкого их использования в производстве ячеистых бетонов приобретает исключительное значение.

Разобщенность и удаленность объектов сельскохозяйственного строительства от основных промышленных баз строительной индустрии выдвигает задачу создания небольших предприятий по выпуску стеновых материалов на основе дешевого местного барханного песка, без больших капиталовложений и с несложной технологией. Задача может быть успешно выполнена благодаря широкому использованию неавтоклавного газобетона из барханного песка.

Главкаракумстрой и МИСИ им. В. В. Куйбышева более 20 лет успешно сотрудничают в разработке технологии неавтоклавного газобетона. Известно, что автоклавирование изделий из ячеистого бетона, наряду с получением качественной продукции, имеет и недостатки: сильно усложняется технологический процесс, необходима установка дорогостоящего оборудования и наличие высококвалифицированных кадров, в результате чего дорожают изделия. Для отдаленных сельских районов пустынной зоны Каракумов эти вопросы, особенно дефицит квалифицированной ра-

бочей силы, приобретают первостепенное значение. Поэтому выбор был сделан в пользу неавтоклавной технологии газобетона с использованием пылевидных барханных песков.

Основными недостатками неавтоклавного газобетона на цементе являлись: несовершенство технологии его производства, большой расход цемента, недостаточная прочность, высокая отпускная влажность изделий и, как следствие, малая их трещиностойкость. Эти вопросы удалось успешно решить совместными усилиями ученых и инженерно-технических работников предприятий.

В результате в пос. Новый Захмет (Марийской обл.) была создана опытно-производственная база треста Главкаракумстрой по выпуску из барханного песка крупных стеновых газобетонных блоков неавтоклавного твердения мощностью 10 тыс. м³ изделий в год.

Технологией предусмотрен совместный помол в двухкамерной мельнице барханного песка с цементом до удельной поверхности 2000...2500 см²/г. В осенне-зимнее время песок высушивается во вращающемся барабане. Смеси готовят в виброгазобетоносмесителе СМС-40. Его перемещают к посту формирования, с пульта управления которого контролируется процесс укладки и виброформование смеси продолжительностью 7...10 мин. Формы краном снимают с вибростолы и подают на пост вызревания и отделки поверхности изделий.

После твердения на открытой площадке в течение 20...25 мин (в зависимости от температуры окружающей среды) с изделий срезается «горбушка», которая укладывается в специальную форму с ячейками размером 19×19×38 см для изготовления стеновых камней. Отформованные стеновые блоки устанавливают на прицепные тележки и направляют в туннельную камеру, оборудованную ТЭНами. Распалубку изделий производят после их тепловой обработки.

Режим термообработки устанавливают в зависимости от качества цемента, состава газобетона и его конечной влажности [1], которая колеблется от 6 до 8%, что обеспечивает высокую долго-

вечность изделий и резкое повышение трещиностойкости газобетонных блоков в условиях сухого жаркого климата. Прогрев и сушка изделий совмещены в едином технологическом цикле. В результате такой термообработки стеновые блоки из газобетона со средней плотностью 1000...1200 кг/м³ достигают прочности при сжатии 5,0...6,5 МПа, влажность их составляет не более 8%.

Как показали натурные наблюдения жилых и производственных зданий, даже в летних условиях при относительной влажности воздуха 10...15% и температуре +50...70°C обеспечивается трещиностойкость блоков [2].

Расход материалов на 1 м³ стеновых блоков из неавтоклавного газобетона класса по прочности В 3,5 составляет (кг):

Цемент марки 400	300...350
Песок барханный	800...850
Вода	400
Каустическая сода	1,57
Алюминиевая пудра	0,35
Сульфатол	0,02
Арматурная сталь	5...13

По данным НПО «Солнце» АН ТССР [3], термическое сопротивление стен из неавтоклавного газобетона выгодно отличаются от других стеновых материалов (табл. 1).

Таблица 1

Материал	Средняя плотность, кг/м ³	Толщина стены, м	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°С)	Термическое сопротивление, м ² ·°С/Вт
Кирпич	1800	0,39	0,70	0,55
Керамзитобетон	1200	0,30	0,52	0,58
Неавтоклавный газобетон на барханном песке	1200	0,30	0,46	0,65

Наружная стена из неавтоклавного газобетона более теплоустойчива, что имеет важное значение для районов с сухим жарким климатом.

Исследования структуры пор газобетона средней плотностью 1000 кг/м³ под микроскопом показали, что в ней равномерно распределены замкнутые поры правильной и слегка деформированной формы размером от 0,13 до 0,7 мм. Межпоровые перегородки имеют толщину до 1,5 мм. С увеличением средней

плотности до 1200 кг/м³ толщина межпоровых перегородок возрастает до 2...2,95 мм, а размеры и число пор в единице объема несколько снижаются.

Характерным для газобетона на барханном песке является относительно высокая прочность при изгибе. Отношение $R_{изг}/R_{сж}$ составляет 0,25...0,28 для бетонов средней плотностью 1000...1200 кг/м³.

Призменная прочность газобетона на барханном песке средней плотности 1000...1200 кг/м³ находится в пределах 3,6...5,6 МПа, коэффициент размягчения газобетона — 0,5...0,65 и практически не зависит от средней плотности.

Водопоглощение газобетона с уменьшением средней плотности возрастает с 32 до 40...42%, а капиллярный подсос — с 24 до 30%. Морозостойкость газобетона на барханном песке можно считать удовлетворительной: образцы выдерживают 50...60 циклов попеременного замораживания и оттаивания по стандартной методике.

После 60 циклов испытания образцов газобетона на переменное увлажнение и высушивание замечено незначительное падение прочности (10...12%).

Некоторые физико-механические характеристики газобетона на барханном песке с использованием разных составов вяжущего представлены в табл. 2.

Для изготовления кубов из газобетона с ребром 10 см использовали Белгородский портландцемент марки 400, барханый песок Захмстского месторождения ТССР, негашеная известь 2-го сорта, добавки. Сухие компоненты бетонной смеси совместно измельчали в ша-

Таблица 2

№ пп.	Состав бетонной смеси (вяжущее: барханый песок молотый; вода), мас. ч.	Расход вяжущего, кг/м ³	Средняя плотность высушенных образцов, кг/м ³	Предел прочности на сжатие, МПа
1	1:2,5:1,5	335	1200	4,0/5,3
2	1:1,25:0,94	390	930	4,5/5,6
3	1:1,5:1	390	1020	4,3/5,2
4	1:1:1	460	980	5,6/7,0
5	1:1,5:1	445	1100	6,0/9,0
6	1:1,5:0,88	460	1220	10,0/12,6

Примечания. 1. Перед чертой — высушенные образцы; после черты — через 3 мес после термообработки.

2. В составе 1 в качестве вяжущего использован портландцемент марки 400; в составах 2, 3 — композиция портландцемент: негашеная известь = 0,85 : 0,15 в частях по массе; в составах 4...6 вяжущее состоит из 54% портландцемента, извести и некоторых добавок.

3. В качестве ПАВ в бетонную смесь вводили техническое мыло (0,02% массы вяжущего).

4. Для повышения щелочности бетонной смеси в состав 1 вводили каустическую соду (0,35% массы цемента).

ровой мельнице. Алюминиевую пудру вводили с водой затворения (0,14...0,28% массы вяжущего). Бетонная смесь при формовании имела температуру 40°C. После предварительной выдержки образцы проходили термообработку и сушку до постоянной массы.

Как видно из табл. 2, газобетон на барханном песке средней плотностью в сухом состоянии 930...1200 кг/м³ и прочностью 4,5...10 МПа можно получать при пониженных на 50...100 кг/м³ расходах портландцемента (составы 4...6). При этом прочность образцов продолжает расти во времени. Экспе-

рименты открывают новые возможности для совершенствования технологии газобетона.

Технология получения газобетонных изделий на барханном песке была отработана и проверена многолетней практикой. По этой технологии НИИСиликатабетона разработал технологические проекты строительства двух заводов. Один из них мощностью 50 тыс. м³ изделий в год построен в 1983 г. Минводхозом ТССР в пос. Калинин Ташаузской обл., ввод в действие второго завода той же мощности намечен на первое полугодие 1988 г. рядом с действующим экспериментальным цехом в пос. Новый Захмет.

К настоящему времени по предложенной технологии из блоков неавтоклавного газобетона построено более 1000 жилых домов, несколько школ, магазинов, столовых, зданий сельскохозяйственного назначения, два двухэтажных корпуса санатория в г. Байрам-Али и др.

Экономический эффект от использования неавтоклавного газобетона вместо керамзитобетона и пиленого камня «Гюша» составил более 4 млн. р.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Теплогазовая обработка ячеистого бетона / А. В. Волженский, Ю. Д. Чистов, В. Н. Грибанов и др. // Строит. материалы. 1972. — № 11. — С. 31—32.
2. Чистов Ю. Д. Дома из неавтоклавного газобетона // Сельское строительство. — 1984. — № 10. — С. 17—18.
3. Натурные исследования теплового режима жилого дома из газобетона / Р. Байрамов, А. Давлетов, А. А. Петров и др. // Изв. АН ТССР. Сер. физ.-техн., хим. и геол. наук.—1983.—№ 1.—С. 8—13.

УДК 69.022:693.5:691.327:666.973.6:666.97.035.51

Б. Г. ВЕСНИН, канд. техн. наук, В. С. МИРОНОВ, Л. И. БОКОВА, А. Д. КОЗЛОВ, инженеры (НИИЖБ); Л. Н. ШУРАВИНА, инж. (ПСМО Вологдааггострой)

Электропрогрев монолитных стен из газобетона

Эффективность применения монолитного газозобетона повышается в построечных условиях вследствие ускорения вспучивания и твердения с помощью электротока, что в значительной степени устраняет сезонность работ, особенно в районах с суровым климатом. Интенсивное испарение влаги сокращает время достижения распалубочной прочности, повышает кубиковую и призменную прочность, а также прочность на растяжение, морозостойкость и модуль упругости бетона при одновременном снижении усадочных деформаций. Распределение влажности по толщине стены

таково, что происходит более равномерное по сравнению с бетоном естественного твердения высыхание внутренних и наружных слоев. Это снижает растягивающие усилия и соответственно уменьшает возможность образования и развития поверхностных усадочных трещин, что также улучшает прочность газобетона и способствует повышению долговечности наружных стеновых ограждений.

Эксперименты НИИЖБ и Кадуйского ПМК ПСМО Вологдааггострой осуществляли на составах для приготовления бетона естественного твердения. При

этом использовали следующие материалы: ПЦ марки 300, золошлаковую смесь Череповецкой ГРЭС (влажность 25...30%), газообразователь (алюминиевая пудра ПАП-1).

В НИИЖБ изготовили фрагменты монолитных стен для электропрогрева и естественного твердения в опалубке размером 2,8×0,3×0,1 м. Для сквозного электропрогрева по коротким сторонам внутренние части деревянной опалубки были обиты жестью и снабжены клемниками.

Объем смеси и высоту заливки в опалубку, а также ее приготовление определяли по той же методике, что и для образцов естественного твердения. Одновременно с фрагментами заливали образцы-кубы с ребром 10 см. Всего было прогрето электротоком четыре фрагмента расчетной плотностью 700 кг/м³ при $C=1,4$.

В/Т для фрагмента 1 составляло 0,35, в остальных случаях — 0,5. В фрагмент

3 вводили стабилизирующую химическую добавку (0,5% массы цемента). В фрагменте 1 использовали молотый песок, в остальных образцах — золу с одинаковым расходом на 1 м³ бетона.

Известно, что условия порообразования ячеистого бетона и его твердения таковы, чтобы процесс вспучивания смеси не опережал, но и не отставал от роста пластической прочности.

Поэтому подбирали режимы электротермообработки, обеспечивающие в первую очередь интенсификацию процесса газовыделения, а затем структурообразования при обеспечении стабилизации вспученной смеси и предотвращения ее осадки, в том числе без применения добавок (рис. 1).

При этом варьировали время перемешивания и предварительного выдерживания бетонной смеси до включения электротока скорость подъема температуры, время изотермического прогрева (см. рис. 1) при постоянных и переменных по величине и времени напряжениях (20...380 В) и силе тока (5...50 А).

Исследования показали, что при форсированном подъеме температуры (более 5°C/ч) интенсивность газовыделения значительно опережает рост прочности бетона, при этом происходит осадка бетонной смеси (рис. 2). Снижение скорости подъема температуры в 3...5 раз позволяет бетонной смеси стабилизироваться после вспучивания. Но при увеличении времени предварительного выдерживания смеси до подачи электротока скорость подъема температуры можно увеличить в 2...3 раза по сравнению с фрагментами 2 и 3.

Пластическая прочность в процессе электропрогрева возрастает по сравнению с образцами естественного твердения в 3...5 раз. Из рис. 2 видно, что при этом скорость твердения в фрагменте 2 отстает от роста прочности в электропрогретых кубках, в фрагменте 3 — несколько выше, а в фрагменте 4 рост прочности бетона значительно опережает твердение в остальных случаях.

Усадочные деформации при 10%-ной влажности снижаются на 20...30% по сравнению с бетоном естественного твердения, а при 5%-ной влажности — на 30...50%, что повышает прочность и деформативность электропрогретого бетона на 7...15%.

Прочность бетона в 28-суточном возрасте имеет разброс от 10...15 до 15...30% расчетного класса прочности на сжатие, в том числе и по высоте фрагментов стен, что позволяет сделать вывод о необходимости подбора оптимальных режимов прогрева в каждом конкретном случае (в зависимости от цемента, золы и других составляющих).

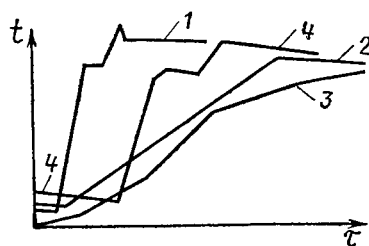


Рис. 1. Схема температурных режимов при электропрогреве фрагментов монолитных стен 1...4

В построечных условиях в крупнощитовой опалубке возвели наружные и одну внутреннюю стену из газозлобетона естественного твердения с применением электропрогрева. Его осуществляли через борта опалубки и стержни, заложенные по периметру стен, соединенные между собой алюминиевой проволокой.

Такой вариант электропрогрева позволил использовать существующую опалубку без переоборудования. Для про-

грева использовали трансформаторную подстанцию КТП-01-63-VI с трансформатором ТМОБ-63/038.

Электропрогрев осуществляли при температуре наружного воздуха (+10)...(-2)°C, при этом вспучивание смеси составило 30...50% начальной высоты каждого слоя заливаемого бетона, что соответствует плотности 900...800 кг/м³.

Распалубка через 7 сут показала, что поверхности ровные, стыки по ярусам и захваткам слитны, т. е. качество стен вполне удовлетворительное.

Выводы

Выявлена принципиальная возможность ускорения вспучивания и твердения ячеистобетонных смесей при послонном изготовлении монолитных стен в различные сроки предварительного выдерживания бетонной смеси, скорости подъема температуры, с применением химических добавок и без них.

Экономический эффект от электропрогрева газобетонных смесей в монолитном строительстве сельских домов составляет не менее 1...1,5 р/м³ бетона.

На ВДНХ СССР

Пористый заполнитель из шлаков ТЭС

На межотраслевой выставке ВДНХ СССР «Ресурсосбережение-88» НИО Стройматериалы представляет новый материал на основе отходов (пористый заполнитель из шлаков ТЭС) и технологию его производства.

Заполнитель обладает высокими технико-экономическими показателями. Так, при размере фракций заполнителя 5...10 и 10...20 мм его насыпная плотность равна соответственно 250...300; 200...250 кг/м³, прочность при сдвигании в цилиндре 2,0...3,0; 0,8...2,0 МПа, коэффициент теплопроводности 0,162; 0,112 Вт/(м·К). Бетон марок 50 и 75, изготовленный на пористом заполнителе, имеет среднюю плотность 650...800; 850; расход цемента 200; 240...250 кг/м³; теплопроводность 0,2...0,22; 0,2...0,23 Вт/(м·К) соответственно для заполнителя фракций 5...10 и 10...20 мм.

Пористый заполнитель используют в производстве легких бетонов. Технология его изготовления включает порошковый метод подготовки сырьевых гранул и их термическую обработку. Технологический процесс осуществляется на серийном оборудовании, скопированном в оригинальную линию. Сырьевая смесь для производства такого заполнителя может содержать 70...85% шлака ТЭС в зависимости от свойств комплексной добавки.

Изготовителем является Киевский экспериментально-исследовательский завод НИИСМИ Минстройматериалов УССР.

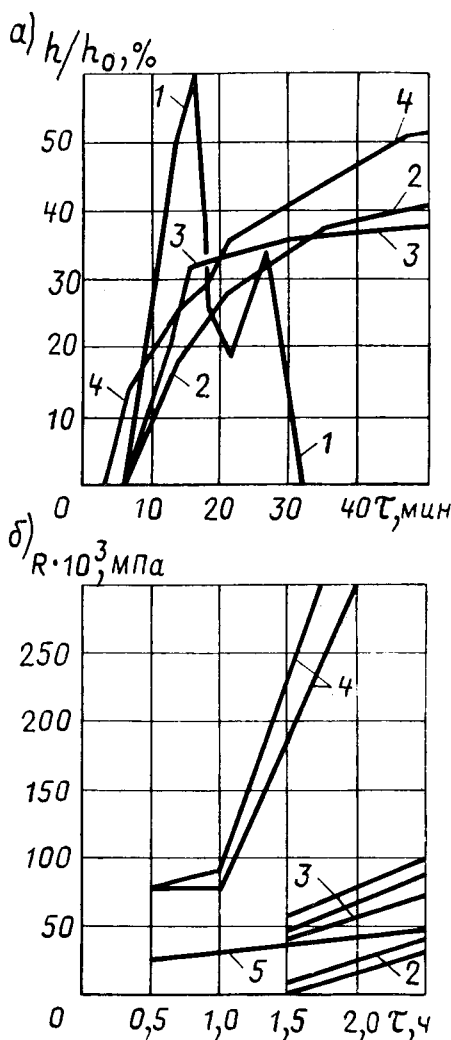


Рис. 2. Кинетика вспучивания (а) и пластической прочности (б) газозлобетона фрагментов 1...4
5 — для электропрогретых кубков с ребром 10 см; h_0 , h — высота заливки и вспучивания газозлобетона

УДК 624.012.46.042.3

Б. Н. ШЕВЧЕНКО, канд. техн. наук, А. А. СЕРГИЕНКО, инж.
(Криворожский горно-рудный ин-т); С. Б. ШЕВЧЕНКО, инж.
(ПО Криворожжелезобетон)

Оценка работы преднапряженных ригелей при однократных и повторных нагружениях

В настоящее время несколько научно-исследовательских институтов изучают возможность экономии бетона и стали при проектировании преднапряженных конструкций новых серий. Наряду с этим большое внимание уделяется изучению работы конструкций при многократно повторяющихся нагрузках, особенно при уровнях, близких к разрушению [1].

Совершенствою серию 1.020—1/83, ЦНИИЭП учебных зданий, ПИ-3, НИИЖБ и трест Оргтехстрой Калининского ТУС разработали преднапряженные ригели со смешанным армированием [2].

ПО Криворожжелезобетон освоило серийный выпуск преднапряженных ригелей конструкций рамного каркаса для строительства многоэтажных зданий. Это позволило на единицу продукции сократить расход арматурной стали с 134,9 до 122,3 кг и снизить класс бетона с В40 до В30 (сравнивали преднапряженные ригели серии 1.020—1/83 с обычными ригелями серии ИИ 04—3 одинаковых пролетов под одинаковые нагрузки).

В Криворожском горно-рудном институте испытали преднапряженные ригели серии РДП 4.56—60 Ат-У с высотой сечения 450 мм и пролетом 6 м в возрасте

14 сут. Ригели армированы в среднем сечении (рис. 1).

Эксперименты производили с целью текущего контроля и оценки качества изделий, а также для выявления напряженно-деформированного состояния под нагрузкой, проверки надежности новой серии конструкций. Известно, что изменчивость прочности и деформативности материалов в значительной мере определяет знание нагрузок [1].

В ПО Криворожжелезобетон изготовили четыре ригеля. Два подвергли испытательной нагрузке согласно требованиям проекта (одноразовое ступенчатое нагружение до разрушения), остальные повторным силовым воздействиям (0,8 разрушающего момента). Такая методика принята в связи с необходимостью выявления (согласно требований ГОСТа) прочности, деформативности изделий и характера их разрушения, которые в дальнейшем при испытании конструкций на выносливость использовали в качестве эталона.

Ригели изготавливали из бетона класса В30 на цементе марки 500. Расход составляющих на 1 м³ бетонной смеси следующий: цемент — 470 кг, песок — 510 кг, щебень — 1290 кг, вода — 195 л. Кубиковая прочность после термообработки по режиму 2+3+6+2 ч при $t =$

$= 80...95^{\circ}\text{C}$ составила 27,9 МПа. Преднапряженная арматура — 4 \varnothing 18 Ат-У (см. рис. 1). Напряжение осуществляли на упоры электротермическим способом. Опытное значение напряжения в напрягаемой арматуре перед бетонированием составило 430, после отпуска — 284 МПа. Созданное таким способом преднапряжение после отпуска вызвало напряжение в бетоне нижней зоны $\sigma_{ср} = 2,8$ МПа, что повлекло за собой обратный выгиб ригеля, равный 5 мм.

В соответствии с требованиями проекта ригели испытывали сосредоточенными силами (см. рис. 1). При этом согласно ГОСТ 8829—85, в процессе испытаний контролировали жесткость, трещиностойкость и прочность. Контрольную нагрузку по проверке прочности принимали равной нагрузке, вызывающей в основных сечениях усилия, равные максимальным усилиям от расчетных нагрузок, умноженных на коэффициент С, который в зависимости от возможного характера разрушения и вида бетона определяли согласно ГОСТа. При $C=1,4$ $N_p=350$ кН, при $C=1,6$ $N_p=400$ кН. Поскольку армирование нижней зоны ригелей осуществлено термически упрочненной сталью класса Ат-У с условным пределом текучести $\sigma_T = 800$ МПа ($\xi \approx \xi_R$), разрушение дол-

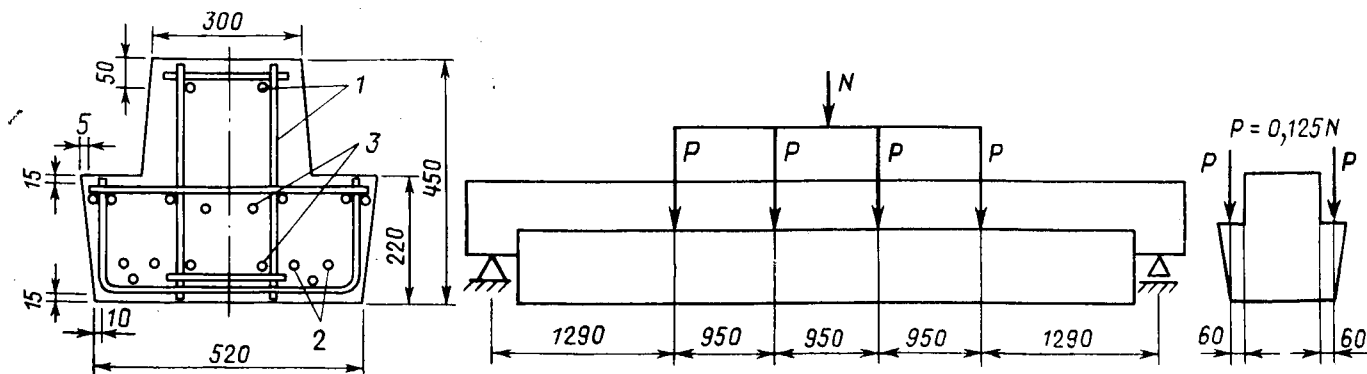


Рис. 1. Сечение и схема нагружения ригелей серии 1.020—1/83
1 — \varnothing 12 А-III; 2 — \varnothing 18 Ат-У; 3 — \varnothing 16 А-III

жно произойти по сечениям нормальным или наклонным к продольной оси ригеля с раздроблением сжатой зоны сечения до наступления текучести продольной арматуры. В возрасте 14 сут проект предусматривал контролировать жесткость и трещиностойкость при создании в ригеле усилий $M_f=220 \text{ кН}\cdot\text{м}$ ($N_f=250 \text{ кН}$) и $M_T=265 \text{ кН}\cdot\text{м}$ ($N_T=300 \text{ кН}$). При этом контрольный прогиб при N_f не должен превышать 10,7 мм, а при N_T контрольная ширина раскрытия трещин должна быть не больше 0,25 мм.

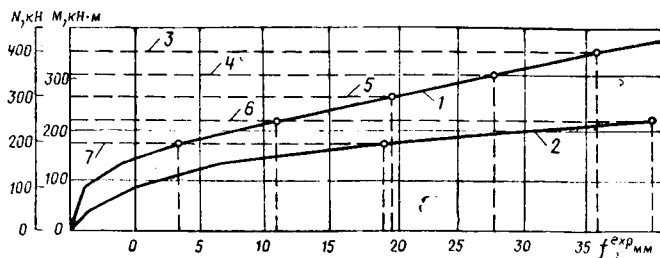


Рис. 2. Изменение прогибов по середине пролета ригелей в зависимости от нагрузки и изгибающего момента
1 — при однократном нагружении кратковременной нагрузкой; 2 — то же, на двадцатом цикле нагружения до разрушения M по проверке; 3 — прочности $C=1,6$; 4 — то же, $C=1,4$; 5 — трещиностойкости; 6 — несущей способности; 7 — трещинообразования

Однократное испытание ригелей производили поэтапным нагружением на прессе ПММ-1000 ступенями, равными 50 кН. На каждом этапе измеряли прогибы прогибомерами и штангенциркулем с ценой деления 0,001 мм и ширину раскрытия трещин микроскопом Бриннеля.

Испытания ригелей ступенчато возрастающей нагрузкой согласно ГОСТ 8829—85 показали, что при контрольной нагрузке по проверке жесткости ($M=220 \text{ кН}\cdot\text{м}$) опытный прогиб составил 10,9 мм, при контрольном значении 10,7 мм (рис. 2). Этот результат можно считать вполне приемлемым, имея в виду, что испытания осуществляли при отпускной прочности бетона, а не при проектной, и преднапряжение в напрягаемых стержнях $\sigma_{sp}=284$ вместо 300 МПа. Ширина раскрытия при контрольной нагрузке N_T составила 0,25 мм, что не превышает значение контрольной ширины раскрытия трещин. Разрушение произошло по сечениям, наклонным к продольной оси ригеля с раздроблением сжатой зоны бетона до наступления текучести продольной арматуры при $N_{max}=500 \text{ кН}$.

По результатам однократных испытаний двух ригелей до разрушения построена усредненная кривая зависимости величины прогибов по середине пролета ригеля от усилий и нагрузок (см. рис. 2). Таким образом, сделан вывод о пригодности серийных ригелей к эксплуатации.

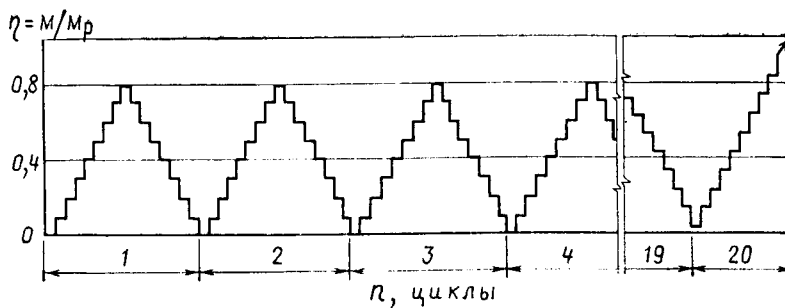


Рис. 3. Режим нагружения опытных ригелей на малоцикловую усталость

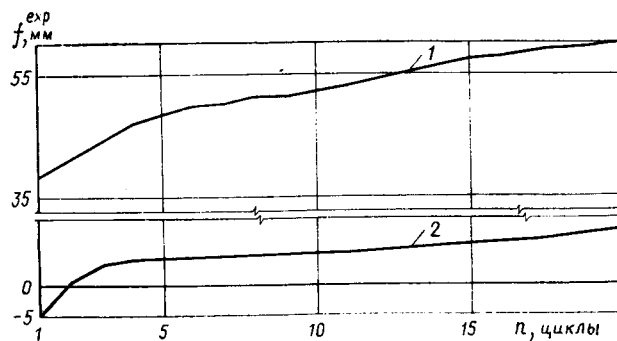


Рис. 4. Нарастание прогибов ригелей в зависимости от числа циклов нагружения
1 — прогибы при $\eta=0,8$; 2 — остаточные прогибы

Для определения особенностей работы рассматриваемых конструкций под действием повторных нагрузок, которые могут возникнуть в процессе эксплуатации зданий, испытали в мягком режиме два ригеля той же партии (см. рис. 1). Максимальное усилие на верхнем уровне амплитуды напряжений $M_{\eta, N}$ устанавливали в соответствии с требованиями проекта как произведение полной расчетной нагрузки (250 кН) на $C=1,6$.

Такой уровень повторного нагружения (400 кН) продиктован тем, что применение высокопрочных материалов в железобетоне привело к значительному подъему эксплуатационных нагрузок. Кроме того, известно, что работа бетона в диапазоне напряжений $0,75 \dots R_b$ происходит в режиме малоцикловой усталости [3]. На рис. 3 показан режим нагружения и разгрузки ригелей. Нагружение до 400 кН ($\eta_{max}=M_{\eta, N}/M_{разр}$) и сброс нагрузки до нуля производили этапами по 50 кН аналогично однократным испытаниям. Таким образом, ригели испытывали в режиме с полной разгрузкой, который принято считать самым невыгодным режимом нагружения [4].

В процессе повторного нагружения прогибы ригелей на верхнем уровне амплитуды напряжений от цикла к циклу плавно нарастали. На всем протяжении деформирования стабилизации прогибов не наблюдалось, на двадцатом

цикле нагружения значения указанных прогибов составили 65 мм (при однократном нагружении нагрузкой 400 кН, $f_{01}=38 \text{ мм}$) (рис. 4).

На двадцатом цикле ступенчатого нагружения до разрушения ригелей при $N_f=250 \text{ кН}$ прогибы в среднем составили 45 мм, в отличие от 10,9 мм при начальном, одноразовом нагружении (см. рис. 2). Таким образом, история нагружения ригеля сказалась на жесткости ригелей и на верхнем уровне амплитуды напряжений снизилась в четыре раза.

Наряду с этим к двадцатому циклу нагружения так же плавно нарастали остаточные прогибы опытных ригелей (при сбросе нагрузки до нуля), которые на двадцатом цикле составили 14 мм (см. рис. 4). Таким образом, при действии повторяющихся нагрузок высокого уровня остаточные деформации (прогибы) превысили значения требуемых величин, которые должны возникнуть при действии расчетной нагрузки $N_f=250 \text{ кН}$.

Известно, что на низких и средних уровнях повторного нагружения прогибы конструкций стабилизируются на 3...7 циклах и дальнейшее повторное нагружение уже не оказывает существенного влияния на их жесткость [4]. В данном же случае стабилизации жесткости не наблюдалось и прогибы развивались на протяжении всего периода повторного нагружения (см. рис. 4).

Такое поведение конструкций позволило оценить работу ригелей в режиме малоциклового усталости несмотря на то, что усталостного разрушения опытным путем достичь не удалось.

Таким образом, наступление предельного состояния ригеля при высоком уровне повторного деформирования теоретически можно оценить по формуле, предложенной в работе [3]:

$$N = -\frac{R_b \delta (1 + \alpha)}{2 E_0 \epsilon_R^\alpha} - \frac{1}{\sigma_a \delta}, \quad (1)$$

где N — число циклов до разрушения; $\delta = \frac{\alpha}{1 + \alpha}$; $\alpha = \frac{1}{\nu}$; ν — коэффициент упругости; ϵ_R — предельные деформации бетона; σ_a — амплитуда напряжений при повторном нагружении бетона.

Подставляя все известные параметры по СНиП 2.03.01—84 в эту формулу, можно подсчитать, что опытные ригели должны исчерпать несущую способность на тридцатом цикле повторного нагружения.

Естественно, решение проблемы малоциклового усталости в значительной степени связано со сложностью анализа напряженного состояния и критериев разрушения в элементах конструкций при возникновении упругопластических деформаций, особенно учитывая отсутствие экспериментальных данных по циклической пластичности бетона. Наряду с этим широкому накоплению опытных данных препятствуют большая сложность и трудоемкость малоциклового нагружения высокого уровня.

Выводы

Проведенные экспериментальные исследования преднапряженных серийных ригелей для каркасов многоэтажных зданий удовлетворяют требованиям ГОСТ 8829—85 и требованиям рабочих чертежей по прочности жесткости и трещиностойкости.

Расчетное число циклов повторного нагружения при высоких уровнях деформирования конструкций можно определить по формуле (1).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Крылов С. М., Погорелая А. П. Работа бетона и железобетона при кратковременном и длительном нагружении // Бетон и железобетон. — 1985. — № 3. — С. 45.
2. Подольский И. Я., Лаковский Д. М., Нечаев Г. А. Преднапряженные ригели со смешанным и внешним армированием для каркасов многоэтажных зданий // Бетон и железобетон. — 1986. — № 1. — С. 5—8.
3. Барашиков А. Я., Шевченко Б. Н., Валовой А. И. Малоцикловая усталость бетона при сжатии // Бетон и железобетон. — 1985. — № 4. — С. 27—28.
4. Влияние повторных нагрузок на работу консолей колонн // А. Я. Барашиков, Б. Н. Шевченко, А. Д. Стром, С. Б. Шевченко // Бетон и железобетон. — 1987. — № 3. — С. 4—5.

УДК 691.322:621.9

А. С. ДМИТРИЕВ, канд. техн. наук, Э. Х. КУШУ, инж. (НИИЖБ)

Предварительная механическая обработка крупных заполнителей

Способ приготовления бетонной смеси, включающий предварительное перемешивание крупных заполнителей в гравитационных бетоносмесителях и бетоносмесителях принудительного действия — роторного и планетарно-роторного типа — известен с 50-х годов [1, 3]. Эта технология позволяет улучшить характеристики крупных заполнителей и повысить качество бетона.

В настоящее время она внедряется Фрунзенским политехническим институтом на некоторых заводах сборного железобетона как частный случай так называемой комплексной технологии обогащения и приготовления бетонных смесей на неоднородных местных заполнителях. Разработаны рекомендации по применению данной технологии [2].

Улучшение свойств и повышение прочности бетона на прочных заполнителях, содержащих загрязняющие частицы в пределах требований стандартов, согласно комплексной технологии объясняется некоторой активацией заполнителя и цемента при их совместном перемешивании с определенной дозой воды затворения. Экономия цемента при этом может составить 15...20% [2].

Для оценки эффективности рассматриваемой технологии, факторов ее обеспечивающих, а также для определения условий ее применения, направлений реконструкции существующего и создания нового бетоносмесительного оборудования НИИЖБ провел производственную проверку технологии на Ошском заводе ЖБИ ПО «Киргизводстройиндустрия».

В качестве крупного заполнителя на заводе используют дробленый щебень из гравия прочностью 80...100 МПа с содержанием загрязняющих включений 0,5...1%.

Анализ результатов испытаний бетона показал, что реальная экономия цемента в результате освоения комплексной технологии составила 7...11%. При этом были изменены ранее применявшиеся составы бетона и принят наиболее оптимальный способ приготовления бетонной сме-

си: загрузка в смеситель крупного заполнителя, 0,5 дозы воды затворения и цемента, перемешивание в течение 60 с; последующая загрузка остальных составляющих и их смешивание в течение 60 с.

На первом этапе определяли эффективность нового способа приготовления смеси. Для этого замесы новых производственных составов, подобранных в соответствии с [2] и оптимизированных экспериментально, готовили с предварительным перемешиванием крупного заполнителя и традиционно с одновременной загрузкой всех составляющих в смеситель. В дозаторном отделении БСЦ контролировали точность дозирования. Смеси готовили в бетоносмесителе С-951, переоборудованном в смеситель роторного типа.

От каждого из трех последовательно приготовленных замесов отбирали пробы, определяли удобоукладываемость и плотность бетонных смесей. Для определения отпускной прочности бетона от каждой пробы формовали по одной серии, состоящей из двух образцов-кубов с ребром 10 см.

Данные испытаний, откорректированные по подвижности смеси и приведенные на рис. 1, свидетельствуют о том, что предлагаемый способ приготовления смеси не повышает прочности бетона. Несколько завышенная прочность бетона при приготовлении смеси традиционным способом объясняется большей продолжительностью смешивания составляющих, так как исходным условием проверки явилась неизменная производительность бетоносмесителя. Нормальный вид зависимости прочности бетона от расхода цемента (или от Ц/В) хорошо согласуется с опытными данными. Какой-либо закономерности, отражающей эффективность предварительного перемешивания крупных заполнителей при различных расходах цемента, не выявлено.

Комплексная технология обогащения и приготовления бетонных смесей предполагает новую упрощенную методику под-

бора составов бетона. В ней исключается учет зависимости прочности бетона от В/Ц и предлагается коэффициент использования цемента $K_{и.ц} = R_b / Ц$. Расход цемента определяется после принятия значения $K_{и.ц}$, имеющего широкий диапазон изменения. Правильный выбор коэффициента $K_{и.ц}$, определяющий точность методики, затруднителен без учета активности цемента.

Составной частью известных методик подбора составов бетона является определение оптимального соотношения содержания крупного и мелкого заполнителей. Предлагаемая методика предполагает максимально возможный расход крупного заполнителя. Так, доля песка в смеси заполнителей r в подобранных по упрощенной методике составах бетона класса В25 принимается 0,25...0,28. При этом раздвижки зерен крупного заполнителя практически не происходит. Иногда расчетное значение расхода крупного заполнителя оказывается более 1 м^3 на 1 м^3 смеси.

Таким образом, рассматриваемая упрощенная методика подбора состава бетона не отвечает общим принципам известных и широко применяемых методик, а также требованиям ГОСТ 7374—85. Чрезмерная упрощенность расчетной части методики без учета активности цемента, пустотности заполнителей, их влажности, крупности песка и других, вызывает необходимость принимать состав бетона ориентировочно и оптимизировать его большим числом экспериментов.

В процессе отработки комплексной технологии на Ошском заводе ЖБИ применение составов бетона, подобранных по новой методике, было невозможно из-за плохой формуемости смеси. В связи с этим возникла необходимость увеличения доли песка в смеси заполнителей до 0,3...0,33. Следует отметить, что ранее применявшиеся составы бетона имели $r = 0,45$.

На втором этапе исследований определяли оптимальное соотношение расхода песка и щебня для бетона класса В25. Готовили пять замесов с различной долей песка в смеси заполнителей от 0,25 до 0,45 по новому способу. Отбор проб производили аналогично

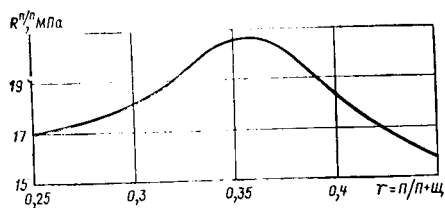


Рис. 2. Зависимость прочности бетона класса В25 от доли песка в смеси заполнителей

описанному выше. Одновременно контролировали формуемость смеси вибрированием при изготовлении лотков. При $r = 0,25$ бетонная смесь не обладала связностью, при формировании расслаивалась, образовывались пробки, затруднявшие прохождение смеси в полости формы. Это повлекло за собой резкое увеличение продолжительности формирования: около 30 мин вместо 5...7 мин для смеси с $r > 0,3$.

Результаты определения прочности бетона (рис. 2) свидетельствуют о том, что существует оптимальное соотношение содержания песка и щебня в условиях применяемого способа приготовления смеси. Доля песка в смеси заполнителей, соответствующая максимальной прочности бетона класса В25, составляет 0,34...0,36.

Смесь, состав которой подобран по новой методике с $r = 0,25$, обеспечивает большую прочность бетона по сравнению с ранее применявшимися составами с $r = 0,45$. При отработке комплексной технологии это послужило основанием считать ее эффективной. Увеличение доли песка до 0,3...0,33 в связи с плохой формуемостью смеси позволило достичь более стабильной экономии цемента. Прирост прочности бетона и возможная при этом экономия цемента полностью объясняются применением смесей со значением r , более близким к оптимальному. Таким образом, какого-либо обогащения или активации составляющих смеси при указанном способе приготовления в данном случае не выявлено.

Улучшение прочностных и других характеристик бетона при предварительной обработке крупных заполнителей в бетоносмесителях в некоторых случаях

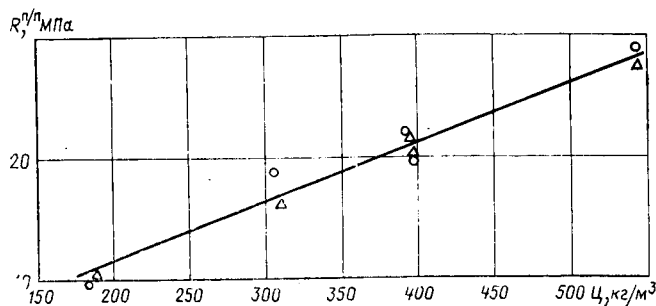


Рис. 1. Зависимость прочности бетона от расхода цемента
 Δ — новая технология;
 \circ — обычная технология

не вызывает сомнений. Например, предварительное перемешивание с водой затворения или некоторой ее дозой крупных заполнителей, поверхности зерен которых покрыты загрязняющими «рубашками» (пылевидным, глинистыми, илстыми), приводит к повышению прочности бетона благодаря улучшению сцепления цементного камня с чистыми поверхностями заполнителя. Загрязняющие частицы при этом переходят в растворную часть и, находясь в равномерно распределенном состоянии в объеме цементного камня, не снижают прочности бетона.

Кроме того, перемешивание в смесителях крупных заполнителей невысокой прочности, например карбонатных, может сопровождаться процессами обогащения (по прочности и форме зерен) и механической активации вследствие обнажения свежих поверхностей зерен.

Технико-экономическую эффективность предварительной механической обработки крупных заполнителей в смесителях следует определять с учетом экономии цемента и таких негативных факторов, присущих данному способу приготовления смеси, как снижение производительности смесителей, повышенный износ их рабочих органов, перерасход электроэнергии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Грацай В. П. Промывка щебня в бетоносмесителе // Строительные материалы. — 1967. — № 1. — С. 30.
2. Пахомов Ю. Ф. Основы комплексной технологии обогащения и приготовления бетонных смесей на неоднородных крупных заполнителях. — Фрунзе, 1985. — 111 с.
3. Сизов В. П. Применение заполнителей с повышенным содержанием пылевидных примесей // Бетон и железобетон. — 1957. — № 10. — С. 404—406.

На ВДНХ СССР

Изготовление труб

Технологическая линия предназначена для производства многослойных элементов коррозионностойких труб диаметром 800...2400 мм и длиной до 2500 мм. Трубы, используемые для удаления агрессивных жидкостей и газов, формируют на центробежно-прокатной машине. При этом последовательно уплотняется основной слой, а затем коррозионноустойчивый. Уплотнение производится с помощью прокатного вала, имеющего гладкую и фигурную части. После формирования трубы проходят термообработку: в течение 4...5 ч или 1 сут твердеют при нормальной температуре.

Производительность линии 20 тыс. м³ изделий в год, годовой экономический эффект 250 тыс. р.

Более подробные сведения можно получить во ВНИИЭСМе Минстройматериалов СССР по адресу: 125171, Москва, Ленинградское шоссе, 16.

УДК 624.072.2

Г. М. МАМЕДОВ, засл. деятель науки АзССР, проф., Р. Д. АЛИЕВ, канд. техн. наук, Н. Г. СЕИДОВ, инж. (Азербайджанский инженерно-строительный ин-т)

Расчет прочности сплошных плоских плит по наклонным сечениям

Несмотря на массовое применение в строительстве широких балок и плит, их работа на действие поперечных сил в нашей стране и за рубежом практически не исследована.

В связи с этим для оценки влияния ширины сечения на прочность наклонных сечений и с целью совершенствования методов расчета и разработки рекомендаций по расчету сплошных плоских плит на действие поперечных сил Азербайджанский инженерно-строительный институт совместно с НИИЖБом провел специальные экспериментально-теоретические исследования.

Для экспериментов изготовили три серии опытных образцов из тяжелого бетона прочностью 38, 20,5 и 24 МПа, всего 35. Ширина сечения образцов серии I составляла 10, 20, 40, 60, 80, 100 и 120 см, серии II — 20, 40, 80 и 140 см, серии III — 20 и 140 см. Опытные образцы армировали продольными стержнями $\varnothing 14$ А-III (серии I, III) и $\varnothing 22$ А-III (серия II). Количество стержней принимали в зависимости от ширины сечения элемента с таким расчетом, чтобы процент продольного армирования в каждом из трех серий был одинаковым — 0,93, 3,3 и 1,73%.

Образцы испытали по единой методике как однопролетные балки на действие кратковременной нагрузки в силовой раме. Нагрузку передавали двумя сосредоточенными силами по длине элемента, равномерно распределенную по ширине через систему траверс. Относительное расстояние от опоры до груза a/h_0 в серии I 2,5, в остальных 3.

В качестве контрольного образца для сравнения несущих способностей сплошных плит разной ширины сечения в каждой серии являлась балка шириной 20 см при $b/h=1$.

В результате теоретических исследо-

ваний* установлено, что с увеличением относительной ширины сечения b/h касательные напряжения по ширине сечения распределяются по криволинейному закону с максимумом у боковых краев сечения и уменьшением в средних частях элемента (рис. 1). Однако согласно обычной элементарной теории напряжения по ширине сечений распределяются равномерно (см. рис. 1). С увеличением b/h разница напряжений, вычисленная по теории упругости и элементарной теории возрастает, и при упругой работе элемента на уровне нейтральной оси для квадрата она составляет около 11%, а для сплошных плит при $b/h=6$ эта разница повышается почти в 2,5 раза.

Это указывает на то, что при действии поперечных сил в широких элементах в крайних боковых частях главные напряжения в бетоне в первую очередь достиг-

нут предельного значения, в результате чего образуются первые трещины, тогда как в средних частях плиты напряжения в бетоне еще незначительны.

С целью изучения возможного предотвращения преждевременного образования раскрытия наклонных трещин в боковых краях плиты часть опытных образцов серии II изготовили с усилением с помощью плоских каркасов, расположенных у боковых краев образца с максимальным шагом хомутов $S=0,5h=10$ см из $\varnothing 6$ А-I свободными краями.

Для исключения влияния на результаты экспериментов других факторов все образцы серии были идентичны по составу материалов и бетонировались одновременно из одного замеса.

Все опытные балки и плиты разрушались по наклонным сечениям. Фактическая несущая способность сплошных

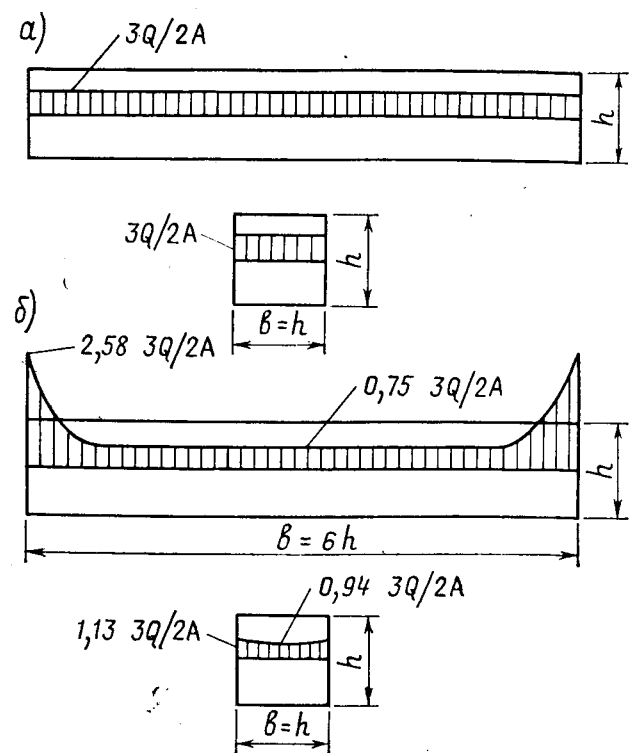


Рис. 1. Распределение касательных напряжений по ширине сечения
 а — по элементарной теории (формула Журавского) при $b/h=1$ и б: б — по теории упругости (Q — поперечная сила от внешней нагрузки; A — площадь поперечного сечения)

* Работнов Ю. Н. Механика деформируемого твердого тела. — М.: Наука, 1979. — 744 с.

плоских плит по наклонным сечениям возросла не прямопропорционально ширине сечения. Например, с увеличением b/h в 7 раз фактическая несущая способность повысилась всего в 6 раз. С увеличением b/h существенно менялся характер работы сплошных плоских плит при действии поперечных сил. На начальных этапах нагружения плиты с $b/h \geq 4$ работают как обычные балки. При дальнейшем увеличении внешней нагрузки у боковых краев сечения в зоне действия поперечных сил образуются наклонные трещины. Однако они не являются сквозными и охватывают небольшую глубину по ширине сечения. С повышением внешней нагрузки вершина наклонной трещины выходит на сжатую грань и на боковых краях сечения практически отсутствует сжатая зона бетона. Однако при этом не происходит разрушения, поскольку включается в работу сжатая зона бетона в средних частях сечений над наклонной трещиной.

На основании исследований авторов установлено, что высота сжатой зоны бетона над наклонной трещиной по ширине сечения меняется по криволинейному закону с максимумом по середине поперечного сечения. Это явление объясняется неравномерным сопротивлением бетона действию главных напряжений, а также неравномерным распределением касательных напряжений. Все это указывает на то, что в крайних частях плиты на уровне нейтральной оси главные напряжения в бетоне, в первую очередь, достигают предельного значения, в результате чего образуются наклонные трещины от главных растягивающих напряжений, когда в средних частях сечений они еще незначительны. С другой стороны, в средних частях бетон находится в более благоприятном стесненном состоянии, что и увеличивает его работоспособность.

Данные испытаний плоских плит с усиленными краями свидетельствуют о том, что их работа при действии поперечных сил имеет особенности. На начальных этапах нагружения плиты работают по балочной схеме как обычные плиты без усиления. С увеличением внешней нагрузки происходит неравномерное распределение усилий по ширине сечения. Значительный рост касательных напряжений на боковых краях вызывает образование наклонных трещин небольшой глубины. При этом хомуты активно включаются в работу, препятствуя раскрытию трещин в боковых частях плиты, создавая дополнительные связи между верхним и нижним блоком. В результате действия усилий, передающихся через хомуты на верхнюю поверхность верхнего блока, вдоль боковых

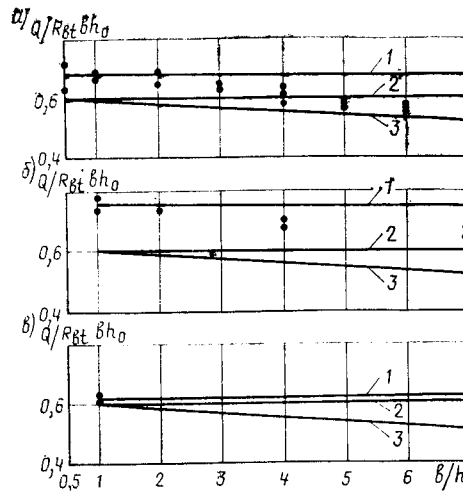


Рис. 2. Изменение относительной несущей способности балок и плит в зависимости от b/h . Серии: а — I; б — II; в — III; 1 — прямопропорциональная зависимость от контрольной балки; 2 — по СНиП 2.03.01—84; 3 — по предложению авторов

краев возникают продольные раскалывающие трещины, которые начинаются около грузовой площадки и развиваются по длине плиты в направлении торцевой части. Разрушение плит происходило вследствие текучести арматуры с последующим раздроблением бетона сжатой зоны.

Методика СНиП 2.03.01—84, в которой с учетом выполненных исследований исключено повышение несущей способности плит по сравнению с балками на 25%, согласуясь с опытными данными, не учитывает некоторого снижения несущей способности с увеличением ширины плиты. Это видно из рис. 2, для элементов серий I и III при сравнительно небольших процентах продольного армирования ($\mu_{s\omega}^I = 0,93$; $\mu_{s\omega}^{III} = 1,73$). Сопоставление расчетных и опытных данных серии II (см. рис. 2) свидетельствует об удовлетворительном совпадении в достаточной надежности СНиПа для сплошных плоских плит при больших процентах армирования ($\mu_{s\omega}^{II} = 3,3\%$).

На основании полученных результатов и с целью совершенствования методики расчета прочности изгибаемых железобетонных элементов по наклонным сечениям предложено в расчетную формулу для определения несущей способности элемента без поперечной арматуры по наклонному сечению вводить коэффициент φ_α , учитывающий влияние относительной ширины сечения.

При этом формулу (84) СНиП 2.03.01—84 можно записать в виде

$$Q \leq \frac{\varphi_{b4} (1 + \varphi_N - \varphi_\alpha) R_{bt} b h_0^2}{C_d}$$

где $\varphi_\alpha = 0,02 b/h < 0,2$; $2,5 R_{bt} b h_0 < Q_b \leq \varphi_{b3} (1 + \varphi_N - \varphi_\alpha) R_{bt} b h_0$; φ_{b3} , φ_{b4} и φ_N — по СНиПу.

Анализ опытных данных серии II показал, что снижение несущей способности с возрастанием b/h можно предотвратить усилением свободных краев поперечной арматурой, которая существенно повышает несущую способность элементов по наклонным сечениям. При этом количество поперечных стержней для усиления боковых краев плит следует определять в зависимости от b/h .

Результаты экспериментов свидетельствуют о том, что для усиления свободных краев сплошных плоских плит диаметр и шаг поперечных стержней предлагается принимать по расчету при $\mu_{s\omega} \geq 0,075\%$. Нижний конец поперечной арматуры должен обхватывать нижнюю рабочую арматуру, а верхний конец, огывая верхнюю продольную арматуру и принимая Г-образную форму, должен входить в глубину сечения на расстояние не менее $h/2$, чтобы предотвратить распространение наклонных и продольных трещин на верхнюю грань элемента.

Расчет сплошных плоских плит с усиленными свободными краями с соблюдением конструктивных условий предлагается производить по формуле (84) СНиП 2.03.01—84, как для элементов без поперечной арматуры.

Кроме того, для образцов серии II с армированными поперечной арматурой краями установлено, что с увеличением ширины плиты и расстояния между плоскими каркасами усилие, воспринимаемое хомутами, снизилось, поскольку не соблюдалась совместная работа хомутов с бетоном. Поэтому для учета совместной работы хомутов и бетона согласно СНиПу расстояние между плоскими каркасами по ширине сечения плит следует принимать не более $2h$.

В сплошных плоских плитах с несвободными боковыми краями, соединенными с другими элементами или имеющими опоры, увеличенное напряжение у боковых граней воспринимается дополнительными связями. В то же время напряжение в средней зоне плиты составляет 75% касательных напряжений при равномерном распределении их по ширине сечения (см. рис. 1).

В связи с этим расчет сплошных плоских плит с несвободными боковыми краями можно производить по формуле (84) СНиП 2.03.01—84, как для балочных элементов без поперечной арматуры с увеличением несущей способности на 25%.

Расчет усилий в перекрытиях каркасных зданий с напрягаемой в процессе монтажа арматурой

На основе югославского опыта строительства по системе ИМС (Институт материалов Сербии, Белград) в ТбилизНИИЭП разработана система конструкций каркасно-панельных зданий жилого, культурно-бытового и производственного назначения [1]. В Тбилиси построено пять 16-этажных жилых домов с такими конструкциями.

На рис. 1 приведена схема несущих конструкций здания и детали узла соединения плит перекрытия с колонной. Расчетную схему пространственного каркаса здания можно приближенно заменить плоской рамой, в которой плита перекрытия является ригелем, жестко связанным с колоннами. Это позволяет воспользоваться результатами анализа напряженно-деформированного состояния сжато-изогнутого стержня, жестко соединенного с колоннами и нагруженного поперечной нагрузкой.

Допустим, что стержень (рис. 2) первоначальной длины l_0 заключен между двумя несмещаемыми опорами с расстоянием между ними $l < l_0$, т. е. рассмотрим деформации стержня, преднапряженного усилиями S .

При действии на стержень поперечной нагрузки q условия равновесия можно составить только для деформированного состояния стержня, так как ни при каких значениях S под действием поперечной нагрузки недеформированный стержень не будет в равновесии.

Зададимся отклоненным положением стержня с прогибом по середине пролета f (рис. 3) и составим уравнение равновесия системы. Деформации стержня вызывают смещение равнодействующих сжимающих усилий к верхней грани в пролете и к нижней грани на опоре. Поворот сечений в пролете и на опоре происходит вокруг точек приложения равнодействующих, что и определяет условия равновесия

$$S(k-1)f = \frac{ql^2}{8} = M, \quad (1)$$

где M — изгибающий момент по середине пролета шарнирно опертого стержня от внешней поперечной нагрузки; k — безразмерный коэффициент: $k = e/f + 1$;

e — плечо пары внутренних сил, уравновешивающих внешнюю нагрузку.

При малом прогибе $f = l/2 \sin\varphi = l/2\varphi$, выражение (1) примет вид

$$S\varphi(k-1) = \frac{M}{l}. \quad (2)$$

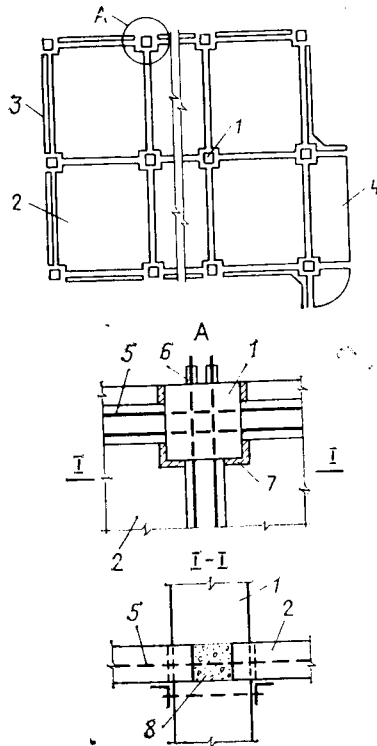


Рис. 1. Схема несущих конструкций здания и детали узла соединения перекрытия с колонной
1 — колонна; 2 — плита перекрытия; 3 — бортовой элемент; 4 — балконная плита; 5 — напрягаемая арматура; 6 — анкер; 7 — шов между колонной и плитой перекрытия; 8 — шов между сборными плитами перекрытия

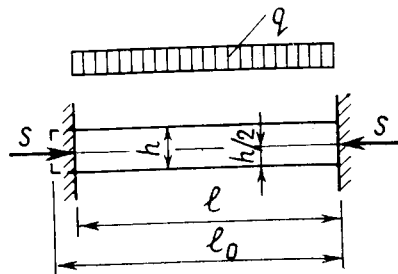


Рис. 2. Схема сжато-изогнутого стержня

В состоянии равновесия необходимо также, чтобы соблюдалось условие

$$R - \frac{ql}{2} = 0, \quad (3)$$

где R — вертикальная составляющая опорной реакции в шарнирно опертом стержне.

Соотношение между S и R на опоре стержня

$$R = 2S\varphi(k-1). \quad (4)$$

Это соотношение между внутренними усилиями в стержне верно для малых значений $\varphi(k-1)$, когда $\sin\varphi$ можно приравнять к величине угла в радианах.

Поясним смысл коэффициента k на конкретном примере вычисления начального прогиба f , защемленного на опорах сжато-изогнутого стержня постоянного сечения $b \times h$ пролетом l , нагруженного равномерно-распределенной нагрузкой q и усилием преднапряжения S , приложенным по геометрической оси стержня.

К нормальным напряжениям $\sigma = S/bh$, действующим в сечениях по середине пролета, добавятся напряжения, вызванные изгибающим моментом $M = ql^2/24$. Это вызывает смещение равнодействующей нормальных усилий вверх от геометрической оси стержня на величину

$$e' = \frac{ql^2}{24S}. \quad (5)$$

Аналогично смещение равнодействующей в опорном сечении вниз по геометрической оси стержня

$$e'' = \frac{ql^2}{12S}. \quad (6)$$

Суммируя выражения (5) и (6) и вы-

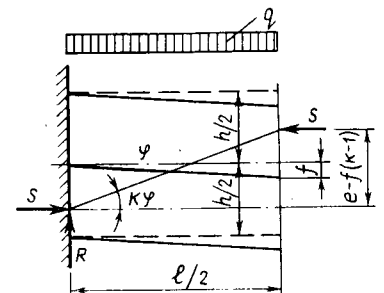


Рис. 3. Расчетная схема деформированного сжато-изогнутого стержня

читая прогиб стержня, получим величину плеча внутренних сил e :

$$e = \frac{q l^2}{8 S} - f. \quad (7)$$

Подставляя выражение для подсчета e и учитывая, что $f \ll q l^2 / 8 S$, получим

$$S (k - 1) f = \frac{q l^2}{8} = M,$$

т. е. результат, аналогичный формуле (1).

Таким образом, безразмерный коэффициент k определяет отношение величины плеча внутренней пары сил, уравновешивающих момент внешних сил, к прогибу стержня по середине пролета в состоянии равновесия.

Составим приближенное выражение для потенциальной энергии стержня, равновесие которого в деформированном состоянии описывается уравнением (2),

$$U = S \varphi^2 (k - 1) - \frac{4 M}{l} \varphi. \quad (8)$$

Усилие S производит работу на перемещениях, пропорциональных квадрату угла φ и является параметрической нагрузкой. Поперечная нагрузка q представляет собой активную нагрузку и совершает работу на перемещениях, пропорциональных первой степени φ .

Аналитически критическое состояние равновесия [2] определяется уравнениями:

$$\frac{dU}{d\varphi} = 2 S \varphi (k - 1) - \frac{4 M}{l} = 0; \quad (9)$$

$$\frac{d^2 U}{d\varphi^2} = S (k - 1) = 0. \quad (9')$$

При $\varphi = 0$ и условии (9) $M = 0$ при сколь угодно большом S , т. е. равновесие при недеформированном состоянии стержня невозможно. Условие (9') выполняется при $S = 0$, а также при $k = 1$, т. е. когда $e = 2f$.

Из выражения (1) получим уравнение кривой давления в стержне, справедливое для любого вида поперечной нагрузки

$$e_x = f_x (k - 1) = \frac{M_x}{S_j}, \quad (10)$$

где e_x — эксцентриситет равнодействующей сжимающих напряжений на расстоянии x от опоры; f_x — прогиб стержня в сечении x ; M_x — изгибающий момент внешней поперечной нагрузки в сечении x .

Для случая равномерно-распределенной нагрузки

$$e_x = \frac{q x (l - x)}{2 S}.$$

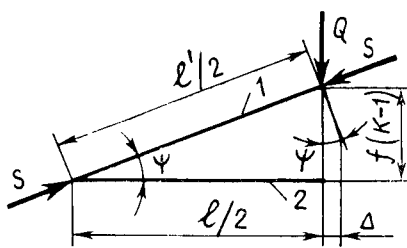


Рис. 4. Расчетная схема стержня в упругопластической стадии

При $x = l/2$ $\frac{de_x}{dx} = 0$, а при $x = 0$ (на опоре)

$$\frac{de_x}{dx} = \frac{q l}{2 S} = \operatorname{tg} \gamma,$$

где γ — угол наклона равнодействующей опорной реакции.

Этот результат совпадает с соотношением (4). Следовательно, при действии поперечной нагрузки на преднапряженный стержень внутри тела стержня образуется выпуклое поле мембранных усилий, уравновешивающих действие этой нагрузки [1]. Например, при действии равномерно-распределенной нагрузки интенсивностью q кривая давления имеет вид параболы с вершиной по середине длины стержня, выпуклой в сторону действия поперечной нагрузки. При возрастании интенсивности нагрузки вид кривой давления остается неизменным. При таком напряженном состоянии деформации системы определяются только линейным сжатием вдоль кривой давления и весьма малы для рассматриваемой конструкции перекрытия, что и подтверждается многочисленными экспериментами.

Поведение стержня в упругопластической стадии рассмотрим на примере действия сосредоточенной силы Q , приложенной по середине пролета. В этом случае из выражения (10) кривая давления прямая, наклонная к оси стержня под углом $\operatorname{tg} \psi = R / 2 S$, при этом расчетную схему стержня можно принять в виде, представленном на рис. 4. Очевидно, что напряжения текучести будут достигнуты у опоры и по середине пролета одновременно. Предельная поперечная нагрузка Q , вызывающая образование шарниров текучести,

$$Q = 2 S \sin \psi. \quad (11)$$

Рассматривая условия равновесия за пределами упругости, заметим, что уже на стадии упругих деформаций наблюдается несовпадение с гипотезой плоских сечений характера распределения нормальных к продольной оси напряжений в сечениях стержня. Так максимальные крайние напряжения в сечениях сжа-

то-изогнутого стержня [3] определяются выражением

$$\sigma_{max} = \frac{S}{F} + \frac{q l^2}{8 W} \left(1 + \frac{1,028 \frac{S}{S_k}}{1 - \frac{S}{S_k}} \right), \quad (12)$$

где F , W — площадь и момент сопротивления сечения стержня; S_k — критическая сила.

Отсюда следует, что крайние напряжения не пропорциональны внешним силам, а растут быстрее их. Это объясняется тем, что нейтральная ось изгиба сжато-изогнутого стержня смещается от его геометрической оси в направлении кривизны в деформированном состоянии, что, как известно, наблюдается так же при изгибе кривого бруса. Сечение остро реагирует на изгибные деформации, и при равных внешних изгибающих моментах плечо внутренней пары сил оказывается большим, чем при изгибе стержня без осевого обжатия. Этим и объясняется, в частности, малая деформативность преднапряженного стержня.

Остается рассмотреть вопрос о деформациях стержня (см. рис. 4) из состояния 1, когда кривая давления образует с геометрической осью стержня угол $\psi > 0$, в состояние 2, когда $\psi = 0$. Может показаться, что это сопряжено с преодолением некоторого энергетического порога, поскольку длина стержня в состоянии 2 меньше первоначальной длины на $\Delta = f(k - 1) \sin \psi = e \sin \psi$. Поскольку $f(k - 1) = e$ ввиду малой деформативности стержня условия равновесия (2) соблюдаются вплоть до образования пластических шарниров.

Приращение энергии деформации при переходе стержня из состояния 1 в состояние 2

$$\Delta U = S e \sin \psi \approx S e \psi. \quad (13)$$

Но это численно совпадает с величиной энергии момента внутренней пары сил при повороте сечения на угол ψ . Следовательно, энергетического порога не существует и переход стержня из состояния 1 в состояние 2 происходит при постоянной внешней нагрузке.

Рассматривая предельное состояние стержня, можно установить зависимость между интенсивностью поперечной нагрузки и усилием преднапряжения. Для случая сосредоточенной силы

$$S = S_{min} = \frac{P}{2 \operatorname{tg} \psi}. \quad (14)$$

При $S \geq S_{min}$ равновесие стержня определяется мембранной группой напряжений, причем максимальная поперечная нагрузка отмечается при $S = S_{min}$. Если $S < S_{min}$, в условия равновесия войдут напряжения изгибной группы. В пределе, при $S = 0$, равновесие стержня опре-

деляется только напряжениями изгибной группы.

Ход рассуждений при анализе напряженно-деформированного состояния стержня за пределами упругости для нагрузок других видов остается тем же.

Выводы

Возможно предельное состояние сжато-изогнутого стержня, когда внешняя нагрузка полностью или частично уравновешивается мембранной группой внутренних напряжений в стержне. Такой вид предельного состояния существенно отличается от обычно используемой при расчете перекрытий каркасных зданий схемы разрушения с образованием пластических шарниров.

На основе сформулированных зависимостей между усилием преднапряжения и внешней нагрузкой можно подобрать такое их соотношение, которое позволит более полно использовать прочностные свойства материала сжато-изогнутых элементов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Корнилов В. Г. Каркасно-панельные здания нового типа // Жилищное стр-во. — 1986. — № 10. — С. 15—18.
2. Р ж а н и ц ы н А. Р. Строит. механика. — М.: Высшая школа, 1982. — 400 с.
3. Б е л ь я е в Н. М. Сопrotивление материалов. — М.: Физматгиз, 1959. — 856 с.

На ВДНХ СССР

Линия для изготовления стеновых блоков

На ВДНХ СССР на межотраслевой выставке «Ресурсосбережение-88» быв. НИЛ ФХММ и ТП демонстрирует линию, представляющую собой комплексный агрегат, осуществляющий полный технологический цикл от приема бетонной смеси до контейнеризации готовых изделий.

Линия оснащена универсальными гидрорегулируемыми манипуляторами портального типа. Способ формования — объемное вибропрессование. Формующий агрегат состоит из вибропресса ВИП-13 (производительностью 8 млн. шт. усл. кирпича), механизмов дозировки бетона и подачи поддонов.

В отличие от действующего ранее вибропрессующего оборудования на ВИП-13 усилие вибропрессования создается не пневматикой, а гидравликой, что значительно уменьшает габариты пресса и стабилизирует его работу. Впервые применены механические вибраторы с жидкой смазкой и выносным электроприводом. Принцип работы специального устройства для виброобъемного дозирования заключается в одновременном воздействии на бетонную смесь вертикально направленной вибрации от виброплощадки и горизонтально направленной вибрации мерного ящика.

Экономический эффект от внедрения линии составил 740 р.

Теория

УДК 624.072.2/3

А. П. КИРИЛЛОВ, д-р техн. наук, проф. (Атомэнергопроект);
И. МИРСАЯПОВ, инж. (МИСИ)

Выносливость наклонных сечений изгибаемых элементов

Оценку выносливости наклонного сечения железобетонных изгибаемых элементов СНиП 2.03.01—84 рекомендует производить по условным напряжениям, которые определяют на уровне центра тяжести приведенного сечения по упругому расчету. Однако напряженное состояние элемента при действии поперечных сил весьма сложно. В зоне их действия бетон работает в условиях плоского напряженного состояния, испытывает неупругие деформации; образуются нормальные и наклонные трещины, происходит нарушение сцепления между арматурой и бетоном. Многократно повторяющаяся нагрузка приводит к непрерывному изменению вторичного поля напряжений вследствие проявления виброползучести бетона сжатой зоны. В результате в рабочей продольной и поперечной арматуре, а также в бетоне сжатой зоны появляются остаточные растягивающие напряжения, возрастающие с увеличением числа циклов нагружения. В зоне действия переменных изгибающих моментов распределение этих дополнительных нормальных напряжений вдоль пролета среза имеет неравномерный характер. Из условия равнове-

$$\frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} = \frac{\partial \sigma_x}{\partial x} \quad (1)$$

вытекает, что неравномерно распределенные по высоте и вдоль пролета среза дополнительные нормальные напряжения из-за виброползучести бетона вызывают дополнительные касательные напряжения в бетоне сжатой зоны.

Для оценки выносливости наклонного сечения элементов необходимо определить напряжения в бетоне, продольной и поперечной арматуре с учетом их изменения в процессе циклического нагружения. На первой стадии устанавливаются начальное напряженное состояние, на второй — по известным начальным напряжениям на основе теории ползучести находят дополнительные (остаточные) напряжения, вызванные воздействием циклической нагрузки (рис. 1).

Начальные напряжения можно подсчитать для статической нагрузки, равной максимальному уровню циклической нагрузки на основе двухблочной модели, предложенной для оценки прочности наклонного сечения при статическом нагружении [1].

Эпюра нормальных напряжений в бетоне над наклонной трещиной принята прямоугольной с напряжениями, равными $\sigma_{x, \max}$, а под наклонной трещиной — треугольной с таким же максимальным напряжением

$$\sigma_{x, \max} = \frac{2 \sigma_{s1, \max} A_s}{b (y + y_0)} \quad (2)$$

где

$$\sigma_{s1, \max} A_s = \frac{M_{s, \max}}{h_0 - \frac{y^2 + y y_0 + y_0^2}{3 (y + y_0)}};$$

y_0 — высота сжатой зоны; y — высота зоны бетона над вершиной наклонной трещины.

Эпюра касательных напряжений имеет криволинейное очертание с максима-

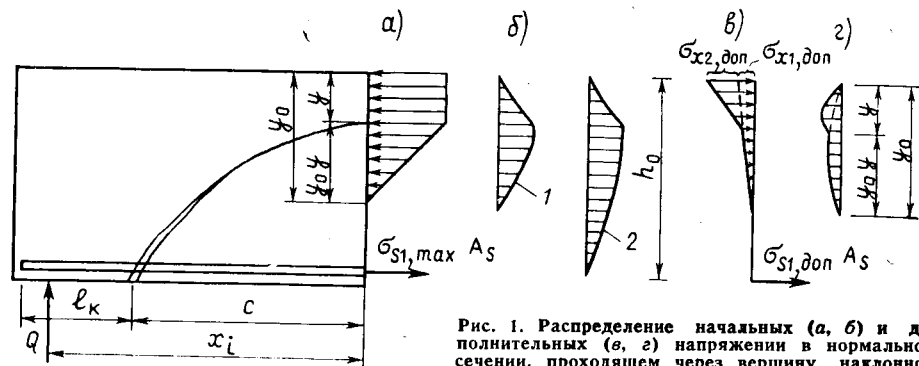


Рис. 1. Распределение начальных (а, б) и дополнительных (в, г) напряжениях в нормальном сечении, проходящем через вершину наклонной трещины

Эпюры а — σ_x, \max ; б — $\tau_{xy, \max}$; в — $\sigma_x, \text{доп}$; г — $\tau_{xy, \text{доп}}$; 1 — балки без поперечной арматуры; 2 — с поперечной арматурой

ми вблизи вершины наклонной трещины. Под наклонной трещиной касательные напряжения быстро уменьшаются к вершине нормальной трещины, сохраняя в зоне с нормальными трещинами величину

$$\tau_{xy, \max} = \frac{Q_{\max}}{b \left(\frac{2}{3} y_b - \frac{1}{3} y \right)}, \quad (3)$$

где y_b — высота нетреснутого бетона: для балок без хомутов $y_b = \xi h$; для балок с хомутами $y_b = h_0$.

При циклических нагружениях изменение напряженного состояния в опорной зоне приводит также к изменению высоты сжатой зоны в нормальном сечении, проходящем через вершину наклонной трещины. Точное ее значение можно определить из условия равновесия в этом сечении, но это вызывает неоправданное усложнение расчетной методики. Поэтому в предлагаемой методике высота сжатой зоны принята постоянной и равной y_0 при первом нагружении.

Нормальные напряжения $\sigma_{y, \max}$ в горизонтальных сечениях вычисляют по формуле

$$\sigma_{y, \max} = \frac{Q_{\max}}{b (2,5 y + l_{оп})} \times \left(1 - \frac{y}{h_0} \right) \left(1 - 0,4 \frac{x}{y} \right). \quad (4)$$

Начальные нормальные напряжения в крайних волокнах $\sigma_{s, \max}^{B(n)}$ и начальные касательные напряжения $\tau_{s, \max}$ в продольной арматуре в месте пересечения ею наклонной трещины определяют по зависимостям:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{s, \max}^{B(n)} &= \sigma_{s, \max} \pm \sigma_{sx, \max}; \\ \tau_{s, \max} &= \frac{Q_{s, \max}}{A_s}, \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

где $\sigma_{s, \max}$; $\sigma_{sx, \max}$ — начальное осевое напряжение и напряжение от изгиба в продольной арматуре в месте пересечения ею наклонной трещины:

$$\sigma_{s, \max} = \frac{\sigma_{s1, \max} A_s + N_{3, \max}}{A_s} - \frac{0,5 \sigma_{x, \max} b (y_0 - y)}{A_s};$$

$$\sigma_{sx, \max} = \frac{Q_{s, \max} a_m}{3 n W_s};$$

$Q_{s, \max}$ — начальные нагельные силы в продольной арматуре в месте пересечения ею наклонной трещины:

$$Q_{s, \max} = \frac{2}{3} b \tau_{xy, \max} (y_b - y) - Q_{3, \max} - Q_{sw, \max};$$

a_m — расстояние от точки приложения нагельной силы $Q_{s, \max}$ до точки изгиба

продольного стержня [2]; n — число продольных стержней в поперечном сечении; $N_{3, \max}$; $Q_{3, \max}$ — горизонтальная и вертикальная составляющие сил зацепления в наклонной трещине.

Напряжения в i -том хомуте в месте пересечения им наклонной трещины можно подсчитать на основе гипотезы плоского поворота наклонного сечения, изложенной в работах [3, 4]

$$a_{crc, \max}^{sw} = \frac{C_{sw} a_{crc, \max}^s}{C \sin \alpha}, \quad (6)$$

где C_{sw} — горизонтальное расстояние от вершины наклонной трещины до i -го хомута; $a_{crc, \max}^s$ — горизонтальная составляющая ширины раскрытия наклонной трещины по оси продольной арматуры

$$\begin{aligned} a_{crc, \max}^s &= a_{crc} (\sigma_{s, \max}) = \\ &= g_0 (l_k, \sigma_{s, \max}) + g_0 (C; \sigma_{s, \max}); \quad [3] \\ \operatorname{tg} \alpha &= \frac{h_0 - y}{C}. \end{aligned}$$

Напряжение в i -том хомуте — по источнику [5]

$$\begin{aligned} \sigma_{sw, \max}^i &= \frac{a_{crc, \max}^{sw}}{1,3 d_{sw}} \times \\ &\times \left[E_s - \frac{d_{sw}}{h_0} + 0,3 E_b \times \right. \\ &\left. \times \left(1 + 2 \frac{E_s}{E_b} \mu_{sw} \right) \right]. \quad (7) \end{aligned}$$

Дополнительные напряжения $\sigma_{x1, \text{доп}}$, $\sigma_{s1, \text{доп}}$ в нормальном сечении, проходящем через вершину наклонной трещины, находят по работе [6]. Дополнительные касательные напряжения определяют исходя из условия равновесия (1) с учетом предложений источника [7], полагая

$$\begin{aligned} \frac{\sigma_{xi, \text{доп}}}{\sigma_{x, \text{доп}}} &= \frac{\varepsilon_{pl, xi}^N}{\varepsilon_{pl, x}^N} = \\ &= \frac{S_{k, xi}^0 \left(\frac{\sigma_{xi, \max}}{R_b} \right) \sigma_{xi, \max}}{S_{k, x}^0 \left(\frac{\sigma_{x, \max}}{R_b} \right) \sigma_{x, \max}}. \quad (8) \end{aligned}$$

Следовательно, дополнительное касательное напряжение на вершине наклонной трещины

$$\begin{aligned} \tau_{xy, \text{доп}} &= - \frac{\sigma_{x1, \text{доп}} y_0}{x_i} \times \\ &\times \frac{1 + (1 + m_n) \left(\frac{\sigma_{x, \max}}{R_b} \right)^{m_n} \eta_n}{1 + \eta_n \left(\frac{\sigma_{x, \max}}{R_b} \right)^{m_n}} \times \\ &\times \left[\frac{y}{y_0} - \left(\frac{y}{y_0} \right)^2 \right], \quad (9) \end{aligned}$$

где m_n , η_n — параметры нелинейности; x_i — расстояние от оси опоры до нормального сечения, проходящего через вершину наклонной трещины.

Таким образом, текущие напряжения на вершине наклонной трещины через N циклов нагружения:

$$\left. \begin{aligned} \tau_{xy}(t) &= \tau_{xy, \max} + \tau_{xy, \text{доп}}; \\ \sigma_x(t) &= \sigma_{x, \max} + \sigma_{x1, \text{доп}}; \\ \sigma_y(t) &= \sigma_{y, \max}. \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

После подсчета напряжений в бетоне и уточнения высоты сжатой зоны y_0 из условия равновесия в нижнем и верхнем блоках устанавливают $\tau_{s, \text{доп}}$, $\sigma_{sx, \text{доп}}$, $\sigma_{s, \text{доп}}$. Текущие напряжения в арматуре в месте пересечения ею наклонной трещины находят по выражениям:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_s^{B(n)}(t) &= \sigma_{s, \max}^{B(n)} + \sigma_{s, \text{доп}} \pm \sigma_{sx, \text{доп}}; \\ \tau_s(t) &= \tau_{s, \max} + \tau_{s, \text{доп}}. \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

Для определения напряжения $\sigma_x^i(t)$ в i -том хомуте через N циклов нагружения необходимо произвести расчет по формуле (7), подставляя $\sigma_{s, \max} + \sigma_{s, \text{доп}}$ вместо $\sigma_{s, \max}$.

Поскольку относительная величина остаточных напряжений в разных элементах сечения различна, отличаются и коэффициенты асимметрии цикла напряжений, т. е. $\rho_q \neq \rho_{st}$, $\rho_q \neq \rho_{swt}$, $\rho_q \neq \rho_{bt}$. Причем, для всех режимов повторной нагрузки для продольной и поперечной арматуры ρ_{st} и ρ_{swt} они возрастают, а для бетона ρ_{bt} — уменьшаются. Таким образом, в процессе циклического нагружения бетон сжатой зоны, продольная и поперечная арматура последовательно проходят несколько режимов, начиная от ρ_q , $\sigma_{x, \max}$, $\sigma_{y, \max}$, $\tau_{xy, \max}$, $\sigma_{s, \max}^{B(n)}$, $\sigma_{sw, \max}^i$ до $\rho_{bt}^{\text{пред}}$, $\rho_{st}^{\text{пред}}$, $\rho_{swt}^{\text{пред}}$, $\sigma_{x(t)}^{\text{пред}}$, $\sigma_{y, \max}^{\text{пред}}$, $\sigma_{s(t)}^{\text{пред}}$, $\sigma_{sw(t)}^{\text{пред}}$, $\tau_{xy(t)}^{\text{пред}}$.

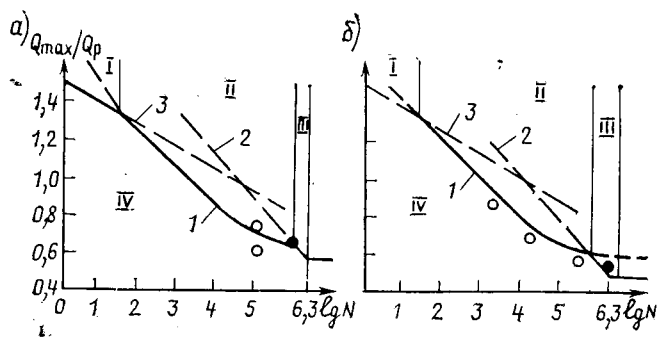
Поэтому для точной оценки выносливости наклонного сечения изгибаемых элементов пределы выносливости бетона, продольной и поперечной арматуры следует устанавливать с учетом непрерывного изменения напряжений и коэффициентов асимметрии цикла напряжений.

При этом проверяют условия:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_s^B(t) &\leq [\sigma_{st}^{\text{вын}}] = f(\rho_{st}); \\ \sigma_{sw}^i(t) &\leq [\sigma_{swt}^{\text{вын}}] = g(\rho_{swt}); \\ \tau_{xy}(t) &\leq [\tau_{xyt}^{\text{вын}}] = \varphi(\rho_{bt}), \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

где $[\sigma_{st}^{\text{вын}}]$, $[\sigma_{swt}^{\text{вын}}]$, $[\tau_{xyt}^{\text{вын}}]$ — пределы выносливости продольной арматуры, хомутов и бетона с учетом изменения коэффициентов асимметрии цикла напряжений.

При таком анализе следует учитывать и промежуточные режимы, которые мо-



наклонном сечении; III — по продольной арматуре в наклонном сечении; IV — зона выносливости — линия выносливости балки

гут быть сведены в интервале между ρ_q и $\rho_t^{\text{пред}}$ к n ступеням с постоянными σ и ρ на каждой ступени. Если на каких-то ступенях значения $\sigma_{\text{max}} + \sigma_{\text{доп}}$ выйдут за предел усталостной прочности для данного режима, то следует учитывать накопление усталостных повреждений согласно работе [8].

Характер усталостного разрушения наклонного сечения и железобетонной балки в целом можно установить по предложенной в источнике [8] методике, заключающейся в совместном рассмотрении зависимостей, определяющих усталостную прочность материалов (бетона, продольной и поперечной арматуры) в координатах $\sigma_{\text{max}}/R - \lg N$ (σ_{max} , R — максимальное напряжение цикла и статическая прочность мате-

риала), и зависимостей, связывающих действующие в материале относительные напряжения σ_{max}/R с относительной нагрузкой Q_{max}/Q_p (Q_{max} , Q_p — действующая и предельная разрушающая нагрузка). При этом получены линии, определяющие усталостную прочность материалов в координатах $Q_{\text{max}}/Q_p - g(\lg N)$, огибающая которых характеризует усталостную прочность железобетонной балки (в том числе наклонного сечения), а также характер ее усталостного разрушения. На рис. 2 приведены теоретические линии выносливости $Q_{\text{max}}/Q_p - g(\lg N)$, полученные таким образом для двух серий балок размером $14 \times 23,5 \times 162$ см с содержанием продольной арматуры класса А-III 3,1% и без поперечного армирования. При

Рис. 2. Теоретические линии выносливости наклонного сечения железобетонного элемента а — серия I; б — серия II
Линии выносливости: 1 — бетона на вершине наклонной трещины; 2 — арматуры в месте с пересечения с наклонной трещиной; 3 — бетона в нормальном сечении зоны чистого изгиба
Опытные точки: O — разрушение по бетону; ● — разрушение по растянутой арматуре;
Зоны разрушения: I — по бетону в нормальном сечении; II — то же, в

установлении зависимости $Q_{\text{max}}/Q_p = f(\sigma/R)$ для арматуры и бетона в наклонном сечении напряжения определяли по формулам (3)...(6). Как видно из рис. 2, опытные точки удовлетворительно ложатся на теоретические линии выносливости. Так, в области I усталостное разрушение происходит по нормальному сечению, в областях II и III — по наклонному сечению.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Залесов А. С., Ильин О. Ф. Опыт построения новой теории прочности балок в зоне действия поперечных сил // Новое о прочности железобетона. — М.: Стройиздат, 1977. — С. 115—140.
2. Гутковский В. А. Прочность и деформативность контакта в предварительно напряженных тонкостенных сборно-монолитных балочных конструкциях: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. — Минск, 1985. — 30 с.
3. Холмянский М. М. Контакт арматуры с бетоном. — М.: Стройиздат, 1981. — 182 с.
4. Залесов А. С., Попов Г. И., Усенбаев Б. У. Расчет прочности припорных участков на основе двухблочной модели // Бетон и железобетон. — 1986. — № 2. — С. 34—35.
5. Расчет ширины раскрытия наклонной трещины / А. С. Залесов, А. В. Гольшев, В. Ф. Усманов, Ю. В. Мансиков // Бетон и железобетон. — 1983. — № 12. — С. 36—37.
6. Кириллов А. П., Мирсаяпов И. Т. Влияние виброполучности бетона на выносливость железобетонных конструкций // Бетон и железобетон. — 1986. — № 1. — С. 45—46.
7. Залесов А. С. Трещиностойкость наклонных сечений // Предельные состояния элементов железобетонных конструкций. — М.: Стройиздат, 1976. — С. 56—68.
8. Кириллов А. П. Выносливость гидротехнического железобетона. — М.: Энергия, 1978. — 272 с.

Экономия ресурсов

А. Л. ЦИОНСКИЙ, канд. техн. наук (НИИЖБ);
О. А. ПРОДОУС, канд. техн. наук (ЛИИЖТ)

Энергосберегающие трубопроводы из напорных виброгидропрессованных труб

При перекачке воды по напорному трубопроводу из виброгидропрессованных труб диаметром 1000 мм и длиной 1 км расход электроэнергии в год составляет около 300 тыс. кВт·ч. Учитывая, что в эксплуатацию ежегодно вводятся тысячи километров водоводов, проблема экономии электроэнергии на их эксплуатацию имеет большое народнохозяйственное значение.

Внимание НИИЖБа, ЛИИЖТа, ВНИИЖелезобетона, Ленинградского ПО «Баррикада» и т. д. до недавнего времени было сосредоточено на получении виброгидропрессованных труб с улучшенными против серийных изделий показателями R_a и S_m , где R_a — среднее арифметическое отклонение профиля — интегральная характеристика высоты неровностей; S_m — средний шаг неровностей.

Между тем, гидравлическое сопротив-

ление в трубопроводе зависит от ряда факторов: шероховатости внутренней поверхности труб; размеров кольцевой ниши; несоосности внутренней поверхности смежных труб; наличия конусности по длине трубы и др. Шероховатость внутренней поверхности зависит от состава свежееуложенной бетонной смеси и состояния рабочей поверхности резинового чехла, взаимодействующего с ней при прессовании [1].

В НИИЖБе при анализе своих работ по изготовлению труб на песчаных бетонах пришли к выводу, что с увеличением расхода мелкого заполнителя и подвижности бетонной смеси внутренняя поверхность труб должна становиться более гладкой [2]. Это было подтверждено изготовлением на Ленинградском ПО «Баррикада» семи партий труб диаметром 1000 мм с различным расходом песка в бетонной смеси, у ко-

торых ЛИИЖТом была замерена шероховатость внутренней поверхности [3]. В каждой партии было по 3...4 трубы. В таблице представлены усредненные результаты показателей R_a и S_m каждой партии труб (состав бетона на 1 м³).

В дальнейшем ПО «Баррикада» приступило к изготовлению труб на составах с подвижностью смеси ≈ 6 см и увеличенным на 200...300 кг/м³ расходом песка по сравнению с традиционным. По данным ЛИИЖТа, Ленводоканала и Леноблводоканала в Ленинграде и Ленинградской области уложено около 170 км труб с улучшенной внутренней поверхности за счет применения бетонной смеси новых составов и отобранных из серийных чехлов изделий с показателями $R_a \approx 50$ мкм.

В настоящее время 109 км водоводов введены в эксплуатацию с экономией на 1 км трубопровода около 50 тыс. кВт·ч в год.

Технология изготовления чехлов из сырой резины ее каландрованием на стальном дорне приводит, как правило, к весьма шероховатой и гофрированной рабочей поверхности, зависящей от

качества ткани, ее ширины, степени натяжения отдельных полотен и других факторов. Шероховатость может быть несколько уменьшена при применении в качестве бинтовой ткани перкалевой вместо бязевой, а количество гофр уменьшается с увеличением ширины полотна ткани.

Существует несколько направлений снижения шероховатости рабочей поверхности резинового чехла: изменение технологии его изготовления; грунтование, либо облицовка рабочей поверхности серийных изделий и др.

В НИИЖБе имеется ряд предложений по изменению технологии изготовления резиновых чехлов. Одно из них сводится к образованию на дорнах цилиндрических рукавов, а затем их вывертыванию наизнанку с последующей приваркой концевых элементов. Это позволит добиться очень гладкой рабочей поверхности резинового чехла, поскольку она будет зависеть только от качества обработки дорна. Не исключена возможность разработки по такой же технологии чехлов одновременно с концевыми элементами. Весьма заманчивым решением является облицовка рабочей поверхности чехла материалом из группы полиолефинов, например экструдированным в лист с зеркальной поверхностью полипропиленом [4].

Известна грунтовка рабочей поверхности составами на основе латекса, которая опробовалась ЛИИЖТом на Ленинградском ПО «Баррикада». Однако такой процесс был бы более эффективен на предприятии резинотехнических изделий в сочетании с гляцеванием и вулканизацией наносимого слоя. ВНИИЖе-лезобетон, ЛИИЖТ и Волжский филиал Гипрорезинотехники в содружестве с рядом трубных предприятий осваивают конструкцию чехла, снабженную со стороны рабочей поверхности гладкой листовой резиной.

Главные проблемы этой конструкции — создание нерасслаивающегося чехла и продольного шва, строго параллельного образующей цилиндра. Создание чехла с гладкой рабочей поверхностью должно быть рассмотрено всесторонне с выбором варианта, обеспечивающего прежде всего качество лицевой поверхности в сочетании с долговечностью. В течение почти 20-летнего изготовления долговечность чехлов едва доходит до 200 оборотов, в то время как зарубежные образцы имеют 500 и более оборотов.

Из теории гидравлики известно, что любое расширение движущегося потока усугубляет потерю напора жидкостью. Такое расширение имеется в стыке двух смежных труб диаметром

Цемент марки 500 завода Воровского	Песок с $M_{кр} = 2,6$	Щебень гранитный фракции 3—10 мм	Вода, л	Суперпластификатор С-3, кг	О.К. бетонной смеси, см	Выдержка перед прессованием бетонной смеси, мин	Параметры шероховатости внутренней поверхности труб	
							мкм	мм
550	440	1200,5	215	0,55	2	—	90	4,0
550	660	990	209,5	1,1	62	30	50	6,2
550	660	990	195,6	3,85	15	60	48	6,5
550	660	990	185	5,5	27	90	48	7,0
550	1650	—	195	3,85	16	60	46	6,8
550	1650	—	185	5,5	26	90	45	7,0
550	1650	—	183	6,0	27	90	45	7,0

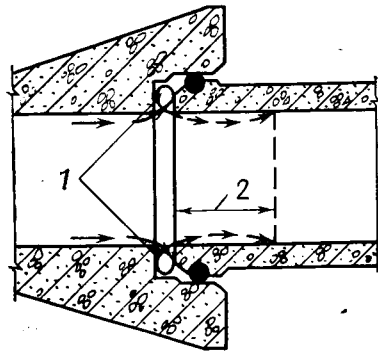


Рис. 1. Стыковое соединение виброгидропрессованных труб
1 — вихри «сжатия»; 2 — зона отрыва

500...1600 мм; оно характеризуется глубиной кольцевой ниши, которая находится в пределах 67...120 мм. Кольцевая ниша характеризуется шириной 40...70 мм и асимметрией вследствие искривления оси трубопровода. По СНиП 3.05.04.—85 «Наружные сети и сооружения водоснабжения и канализации» ширина кольцевой ниши рекомендуется для труб диаметром 700 мм — 8...12 мм; диаметрами 700...1000 мм — 12...15 мм; диаметром более 1000 мм — 18...22 мм. Асимметрия кольцевой ниши, также нарушающая структуру установившегося турбулентного потока, в СНиПе не оговорена.

Обработка результатов выполненных НИИЖБом на ряде заводов обмеров внутренних диаметров труб показала, что их сечение имеет вид усеченного конуса. Внутренний диаметр трубы увеличен против номинального у ее раструба, уменьшен у втулки и имеет

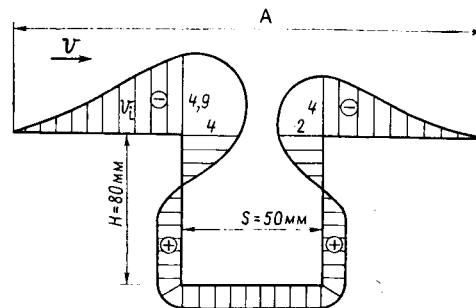


Рис. 2. Эпиюра давлений для стыкового соединения виброгидропрессованных труб диаметром 800 мм без кольцевого выступа
V — скорость потока воды; V_i — скорость в i-том сечении потока

вид усеченного конуса. Во втулочной части сечение трубы имеет вид цилиндра, а к торцу изделия снова несколько уменьшается в диаметре.

Результаты обследования водоводов, прокладываемых трестом Спецстрой Главленинградинжстроя из труб ПО «Баррикада», показали, что несоосность смежных труб, характеризующаяся образованием на их внутренней поверхности сегментных или кольцевых выступов, достигает 12...16 мм. Стыковые соединения, имеющие кольцевые ниши (рис. 1), должны деформировать поток воды, перераспределяя его усредненные скорости и увеличивая пульсацию последних.

Можно предположить, что по границе транзитного потока, имеющего большую скорость, чем скорость потока в кольцевой нише, возникает вихрь «сжатия». Это способствует закручиванию находящегося в кольцевой нише потока, что, в свою очередь, за стыковым соединением в так называемой «зоне отрыва струи» вызывает непрерывно перемежающиеся вихри, приводящие к пульсации скоростей жидкости и потере энергии движущегося потока. Описанные процессы иллюстрируются эпюрами давления (рис. 2 и 3), полученными в ЛИИЖТе [5] методом электрогидродинамических аналогий (ЭГДА).

Для снижения потерь в стыках труб на стадии их изготовления рекомендуется: обеспечивать соосность расположения нижнего анкерного и калибрующих колец наружной форме; формовать трубы при наличии резинового чех-

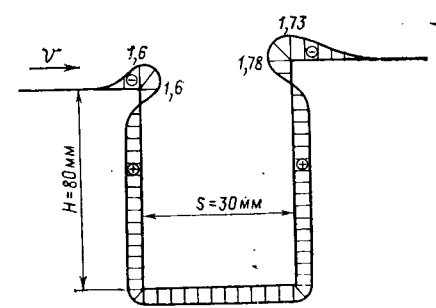


Рис. 3. Эпиюра давлений для стыкового соединения виброгидропрессованных труб диаметром 800 мм с кольцевым выступом в 10 мм

ла под вакуумом; соблюдать проектные допуски при калибровании внутреннего диаметра раструба трубы, соблюдая соосность цилиндрической части изделия. Последнее требование ЛИИЖТ осуществил на ПО «Баррикада», центрируя трубы по лазерному лучу генератора ЛГ-78. Завершающий операцией на заводе должна быть комплектация труб в партии с допуском по внутреннему диаметру, например в 1 мм.

При монтаже труб можно рекомендовать ориентировать их по отпечаткам от продольных разъемов форм; соблюдать проектную соосность трубопровода и правила монтажа; заделывать кольцевую нишу раствором, обеспечивая плавный переход от трубы к трубе по ходу движения потока воды.

При рассмотрении проблемы создания энергосберегающих водоводов в целом напрашивается вывод о введении при изготовлении труб индивидуально-го поста их калибрования по длине. Однако для этого следует изготавливать трубы с увеличенным, против номинального, размером внутреннего диа-

метра, а затем их калибровать путем введения внутрь сердечника и подачи в зазор быстросхватывающейся калибрующей массы.

Весьма заманчивым при этом способе является попутное лечение труб с течами, создание на их внутренней поверхности коррозионно-стойких слоев. Не исключена установка внутри тонкостенных пластмассовых, стеклянных и других труб. Во всяком случае такое решение вопроса является перспективным с точки зрения создания энергосберегающих трубопроводов. Оно снимает вопрос о выпуске резиновых чехлов нового поколения и реализацию половинчатых решений по борьбе с несоосностью кольцевой ниши.

Рекомендации по калибровке виброгидрессованных труб в равной степени относятся и к трубам, изготавливаемым по другим технологиям, в том числе к металлургическим с внутренними покрытиями из песчаного или мелкозернистого бетона.

Настоящие предложения выносятся для обсуждения специалистами по тру-

бам. По нашему мнению, это первые шаги на пути создания действительно энергосберегающих трубопроводов, сулящих значительные выгоды народному хозяйству страны. Выработка правильной стратегии решения проблемы с учетом всех ее аспектов позволит быстро и с минимальными затратами решить задачи экономии электроэнергии при перекачке воды по водоводам.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Попов А. Н., Ционский А. Л. Брак в производстве железобетонных виброгидрессованных труб и меры по его устранению. — М.: ЦНИИТЭСТРОМ, 1967. — С. 18—19. — (Сер. 3, вып. 9).
2. Изготовление железобетонных напорных виброгидрессованных труб из цементно-песчаного бетона / А. Л. Ционский, В. А. Хрипунов, В. А. Яковлев, В. П. Денежкина. — М.: ВНИИЭСМ, 1971. — С. 3—6. — (Сер. 3, вып. 8).
3. Изготовление труб с применением суперпластификатора С-3 / Ф. М. Иванов, А. Л. Ционский, В. Г. Багратов, Р. И. Любченко // Бетон и железобетон. — 1979. — № 12. — С. 18—20.
4. Попов А. Н., Ционский А. Л. Производство больших размеров железобетонных напорных и безнапорных труб. — М.: ВНИИЭСМ, 1976. — С. 21. — (Обзор. информ. / ВНИИЭСМ).
5. Дружинин Н. А. Изучение рациональных потоков подземных вод методом электродинамических аналогий. — М.: Недра, 1966. С. 30—36.

Стандарты и нормативные документы

УДК 691.327(083.7)

А. С. ЗАЛЕСОВ, д-р техн. наук, проф. (НИИЖБ); А. А. БАТЬ, В. А. ОТСТАВНОВ, кандидаты техн. наук (ЦНИИСК); Л. Л. ЛЕМЫШ, канд. техн. наук, И. К. НИКИТИН, инж. (ЦНИИпромзданий)

Корректировка СНиПа

В связи с утверждением и изданием нового СНиП 2.01.07—85 «Нагрузки и воздействия» некоторые пункты СНиП 2.03.01—84 «Бетонные и железобетонные конструкции» нуждаются в уточнении. Последнее вместе с другими изменениями и дополнениями будет в установленном порядке в свое время внесено в этот нормативный документ.

Однако в связи с запросами проектных организаций следует уже сейчас, не дожидаясь упомянутых официальных изменений и дополнений, сделать необходимые разъяснения.

1. В прежнем СНиПе по нагрузкам (II-6-74) к длительным нагрузкам коэффициент сочетаний не вводился. Поэтому последняя фраза третьего абзаца п. 1.12 СНиП 2.03.01—84 была с этой точки зрения оправдана.

В новом СНиПе по нагрузкам к длительным нагрузкам вводится коэффициент сочетаний 0,95. Поэтому действующая запись упомянутого пункта оказывается неправильной. В связи с этим в расчетах конструкций ее следует считать недействительной и руководство-

ваться указаниями первого абзаца п. 1.12.

2. В прежнем СНиПе по нагрузкам при учете вертикальных и горизонтальных крановых нагрузок число одновременно учитываемых кранов указывалось независимо от вида расчета: по прочности, по прогибам или по трещиностойкости.

В новом СНиПе по нагрузкам проводится различие в требованиях о числе учитываемых кранов при расчете, с одной стороны, по прочности и устойчивости, а с другой — по прогибам. При этом остался открытым вопрос о числе кранов для расчета по трещиностойкости.

При анализе этого вопроса пришли к выводу, что при расчете балок крановых путей и колонн производственных зданий, оборудованных мостовыми кранами, на трещиностойкость 1-й категории должно учитываться такое же число кранов, как при расчете на прочность и устойчивость по СНиП 2.01.07—85, а 2-й и 3-й категорий — как при расчете по прогибам.

Поскольку речь идет о трещиностой-

кости, относящейся только к бетонным и железобетонным конструкциям, сочли целесообразным соответствующее разъяснение привести в п. 1.16 СНиП 2.03.01—84, а не в СНиПе по нагрузкам.

3. В новом СНиПе по нагрузкам уточнена трактовка бывшей длительной части некоторых кратковременных нагрузок. Это было сделано в связи с запросами проектных организаций о том, является ли эта часть нормативным значением или расчетным, умноженным на коэффициент надежности по нагрузке.

В новом СНиПе теперь указывается, что нагрузка определенного рода характеризуется, как правило, одним нормативным значением. А некоторые нагрузки — их всего четыре: снеговые, крановые, нагрузки на перекрытия, температурные климатические воздействия — характеризуются двумя нормативными значениями: полным и пониженным. Последнее вводится в расчет, в частности при необходимости учета влияния длительности нагрузок по правилам, установленным для длительных нагрузок. Поэтому целесообразно в п. 1.12 СНиП 2.03.01—84 указать, что «вводимую в расчет кратковременную нагрузку следует принимать уменьшенной на пониженные нормативные значения нагрузок».

Вопросы оценки, прогноза и регулирования надежности железобетонных конструкций привлекают все большее внимание специалистов. Проблема надежности имеет фундаментальное значение для теории и практики железобетона, и решение ее направлено в целом на совершенствование и дальнейшее развитие метода расчета конструкций по предельным состояниям. Альтернативой этому методу мог бы служить вероятностный метод расчета зданий и сооружений, однако его разработка сдерживается недостатком данных о вероятностных характеристиках поведения конструкций, нагрузок и воздействий, сопротивлений материалов и оснований и т. д.

Одной из составных частей вероятностного расчета железобетонных конструкций и проблемы единой системы оценки их качества являются вопросы учета вероятности одновременного неблагоприятного сочетания прочностей бетона и арматуры, усталости влияния правил статистического контроля

прочности материалов на прочность конструкций, чему был посвящен ряд публикаций журнала.

Практические рекомендации, полученные исходя из вероятностных представлений в результате решения этих вопросов, могли бы быть использованы в том или ином виде при совершенствовании метода расчета конструкций по предельным состояниям, например путем введения новых или корректировки принятых частных коэффициентов.

Принимая во внимание важность проблемы, различие мнений исследователей о путях ее решения и достоверности полученных результатов, редакция считает целесообразным продолжить обсуждение вопросов, поднятых ранее на страницах журнала, с целью более полного их решения, в первую очередь, в направлении конкретных практических рекомендаций по снижению материалоемкости железобетонных конструкций при обеспечении необходимой надежности.

УДК 624.012.46

О вероятностном расчете железобетонных конструкций

Отзыв на статьи М. Б. Краковского и А. В. Шапиро «Вероятностный расчет подколонников типовых монолитных фундаментов» и Г. Б. Кульчицкого «К вопросу оценки надежности изгибаемых железобетонных элементов»¹

На страницах журнала «Бетон и железобетон» в течение многих лет публикуются интересные статьи, посвященные вопросам усовершенствования метода предельных состояний. К сожалению, некоторые авторы, например М. Б. Краковский, делают попытки доказать, что уточнение сопротивления железобетонных элементов относится к вероятностному расчету конструкций. Это приводит читателей к некоторому заблуждению и ошибочным выводам. Жертвой такого подхода стал тов. Г. Б. Кульчицкий, который надежность изгибаемого железобетонного элемента вычисляет, не исходя из принципов теории надежности механических систем, а с помощью модифицированного языка алгебры событий — изменчивостей прочности материалов.

По существу, вероятностный расчет тов. М. Б. Краковский и его коллеги сводят к вычислению коэффициента изменчивости распределения сопротивления элементов с учетом общеизвестного закона малой вероятности одновремен-

ного неблагоприятного сочетания прочностей арматуры и бетона.

Полученный при этом экономический эффект снижения расхода материалов является условным по двум причинам. Во-первых, обеспеченность конструкции становится ниже нормативной. Кроме того, в нормативных рекомендациях неблагоприятное сочетание механических свойств бетона и арматуры учитывается косвенно — путем нормирования значений коэффициентов надежности по материалам, введения понижающих коэффициентов условий работы бетона $\gamma_{b\sigma} = 0,9$ и $\gamma_{b10} < 1$ при отсутствии арматуры и т. д. Во-вторых, уменьшение расхода цемента и арматурной стали может привести к возникновению новых видов предельных состояний — новых видов разрушения, образования трещин предельной ширины и т. п., а тем самым к снижению надежности конструкции.

Фактический экономический эффект в стадии проектирования конструкций может быть достигнут путем применения новых прогрессивных решений, повышения долговечности железобетона, учета пространственной и совместной работы

конструкций, а также использования вероятностно-оптимизационных методов расчета. Практическая деятельность инженеров требует развития и применения методов теории надежности, так как, пользуясь рекомендациями метода предельных состояний, нельзя определять вероятность работоспособности (безопасности, эксплуатационной пригодности и долговечности), технические ресурсы и другие показатели надежности конструкций.

Основная задача расчета конструкций на надежность состоит в установлении вероятности того, что в течение заданной продолжительности эксплуатации здания или сооружения элементы и системы не окажутся в предельных состояниях. Поэтому при расчете показателей надежности следует рассматривать математические модели случайных процессов, позволяющих учитывать деградацию механических свойств бетона и арматуры в агрессивных условиях окружающей среды, изменения интенсивности временных нагрузок и других характеристик, обусловленных фактором времени.

¹ См.: «Бетон и железобетон». — 1986. — № 11. — С. 19—20, 37—38.

В настоящее время существует недостаточное количество данных, позволяющих определять статистическое распределение и корреляционные связи механических свойств материалов и нагрузок. Поэтому в вероятностных расчетах используют так называемые статические математические модели с неменяющимися во времени значениями статистик распределения и связи сопротивлений и усилий элементов.

Рассмотрим вероятностный расчет изгибаемого железобетонного элемента с целью определения обеспеченности его работоспособности в нормальном сечении. Как известно, существуют два вида разрушения изгибаемого элемента в данном сечении: по арматуре растянутой зоны и по бетону сжатой зоны.

Условимся, что геометрические параметры нормального сечения представляют собой детерминистические величины. Тогда в функции сопротивления элемента по растянутой арматуре находятся два случайных аргумента — прочности арматуры и бетона. Ввиду малой вероятности неблагоприятного сочетания прочности этих двух материалов коэффициент вариации сопротивления изгибаемого элемента будет меньше, чем коэффициенты изменчивости прочности сжатого бетона и растянутой арматуры. А изменчивость сопротивления элемента по бетону сжатой зоны будет примерно такой же, как для прочности сжатого бетона.

Таким образом, при расчете изгибаемой конструкции на безопасность по нормальному сечению вероятностная модель представляется системой из двух условных элементов, соединенных последовательно. Эти элементы являются стохастически зависимыми по коэффициенту корреляции ρ , так как вероятность любого вида разрушения связана с одними и теми же статистиками прочности бетона. Тогда вероятность работоспособности элемента

$$P \approx \rho P_{\min} + (1 - \rho) P_1 P_2, \quad (1)$$

где P_1 и P_2 — вероятности безопасности элемента соответственно по растянутой арматуре и сжатому бетону; P_{\min} — минимальное значение из вероятностных показателей P_1 и P_2 .

Если коэффициент корреляции ρ приближается к единице, то вероятность работоспособности конструкции по (1) равняется минимальному вероятностному показателю P_{\min} . При коэффициенте $\rho \approx 0$ вероятность безопасности конструкции

$$P \approx P_1 P_2. \quad (2)$$

Для слабо армированных изгибаемых элементов вероятность P_1 намного меньше показателя $P_2 \approx 1$. Поэтому в

данном случае безопасность элемента может быть оценена из расчета его на прочность по растянутой арматуре. Однако в сильно армированных элементах и при большой изменчивости прочности бетона неучет двух видов разрушения может привести к необоснованной переоценке обеспеченности прочности железобетонных конструкций. Например, при $\rho = 0,4$; $P_1 = 99,9\%$ и $P_2 = 99,92\%$ согласно формуле (1) вероятность без-

опасности изгибаемого элемента по нормальному сечению $P \approx 0,4 \cdot 99,9 + (1 - 0,4) 99,9 \cdot 99,92 = 99,85\%$, что меньше величины $P_1 = 99,9\%$.

Таким образом, рассуждения Г. Б. Кульчицкого являются логичными, тогда как отзыв М. Б. Краковского на его статью приводит читателей к дополнительным заблуждениям.

А. П. КУДЗИС, член-корр. АН ЛитССР

УДК 624.012.4.046.2:519.212

Оценка надежности изгибаемых элементов

Предпосылка автора статьи [1] о том, что нормальное функционирование изгибаемого железобетонного элемента... обуславливается работой двух элементов — бетона и арматуры», не вызывает сомнений. Однако это дает основания утверждать, что надежность изгибаемых железобетонных элементов зависит только от вероятностей безотказной работы арматуры и бетона, и вычислять надежность с помощью алгебры событий.

Общепринято, что надежность применительно к строительным конструкциям означает способность их работать в течение определенного времени без отказов. Показателем надежности считается вероятность невыхода конструкции в пространстве состояний за границы допускаемой области.

Рассмотрим только один вид отказа — по прочности. Исключим коррозию, упрочнение и другие факторы, изменяющие физико-механические свойства материалов во времени. Процесс эксплуатации будем упрощенно рассматривать как последовательное нагружение конструкции максимумами нагрузки (например, годовыми, что удобно при климатических нагрузках).

Надежность конструкции определим по методу условных функций [2]

$$W = \int_0^{\infty} \Phi(Q) f(Q/t) dQ, \quad (1)$$

где Q — внешнее воздействие на конструкцию; $f(Q/t)$ — плотность распределения максимумов внешнего воздействия; $\Phi(Q)$ — функция, характеризующая несущую способность конструкции. При этом $\Phi(Q)$ понимается как вероятность случайного события, состоящего в том, что любой элемент v из пространства состояний конструкции $V(r_1, r_2, \dots, r_n)$ принадлежит допускаемой области $\Omega(Q)$

$$\Phi(Q) = P \{v \in \Omega(Q)\}. \quad (2)$$

Здесь r_1, r_2, \dots, r_n — параметры, входящие в условие прочности конструкции

(геометрические характеристики сечения, физико-механические характеристики материалов и т. п.). Границы допускаемой области соответствуют предельному состоянию и определяются условием прочности.

Из формул (1, 2) видно, что надежность изгибаемых железобетонных элементов — функция нескольких параметров и не может полностью обеспечиваться только бетоном и арматурой, как предполагается в [1].

С таким предположением можно согласиться, если принять, что все остальные параметры, входящие в условие прочности, незначительно влияют на надежность элемента. Однако это не всегда справедливо. Например, для простейшего случая изгибаемого элемента — прямоугольного сечения с отношением $h/b \geq 1,5$ и одиночной арматурой наиболее значимые параметры — прочность арматуры и высота сечения. Внешнее воздействие также не относится к числу малозначащих факторов.

Таким образом, оценка надежности изгибаемых железобетонных элементов, основанная на вероятностных характеристиках только бетона и арматуры, не может считаться достоверной. Следует признать также спорным употребление понятия «отказ арматуры (бетона)» при прочности материала ниже его расчетного сопротивления [3], так как оно не имеет ясного физического смысла и не соответствует понятию «отказ», принятому в расчетах надежности строительных конструкций.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кульчицкий Г. Б. В вопросе оценки надежности изгибаемых железобетонных элементов // Бетон и железобетон. — 1986. — № 11. — С. 37—38.
2. Болотин В. В. Методы теории вероятностей и теории надежности в расчетах сооружений. — М.: Стройиздат, 1982. — 351 с.
3. Краковский М. Б. Учет условной надежности при расчете железобетонных конструкций // Бетон и железобетон. — 1983. — № 4. — С. 22—23.

В. А. НИКИФОРОВ, канд. техн. наук
(Ивановский инженерно-строительный ин-т)

Достижения изобретателей и рационализаторов

Изобретательская деятельность является мощным рычагом в ускорении темпов научно-технического прогресса. Процесс технического перевооружения во всех отраслях народного хозяйства возможен лишь при широкомасштабном и оперативном внедрении в производство высокоэффективных изобретений.

По инициативе Государственного комитета по делам изобретений и открытий СССР и ЦС ВОИР в Москве, на ВДНХ СССР в апреле — июле т. г. проводится межотраслевая выставка «Изобретательство и рационализация-88» («ИР-88»). Ее цель — творческий отчет изобретателей и рационализаторов за последние пять лет по созданию высокоэффективных технических новшеств. На выставке представлено свыше 3 тыс. экспонатов более 80 министерств и ведомств. Экспозиция размещена в павильоне межотраслевых выставок № 1 ВДНХ СССР.

Тематическая направленность выставки представлена следующими разделами: вводный; прогрессивные технологические процессы, машины и оборудование, автоматизация и механизация производственных процессов, развитие робототехники, роторных и роторно-конвейерных линий, гибкие автоматизированные производства; электронизация народного хозяйства; энергетика (в том числе атомная); новые материалы и технология их производства и обработки; развитие агропромышленного комплекса и реализация Продовольственной программы СССР; развитие производства товаров народного потребления и сферы услуг; изобретатели АН СССР и высшей школы — народному хозяйству; биотехнология; здравоохранение; самостоятельное техническое творчество; достижения юных изобретателей и рационализаторов; достижения изобретателей и рационализаторов социалистических стран.

В вводном разделе освещена деятельность Госкомизобретений СССР и Все-

союзного общества изобретателей и рационализаторов. По последним данным, в стране зарегистрировано более 300 научных открытий и более 1 млн. изобретений, свыше 80 тыс. промышленных образцов и 300 тыс. товарных знаков. Экономический эффект от использования изобретений в 1987 г. составил 3,8 млрд. р., что на 190 млн. больше, чем в 1986 г.

Особого внимания заслуживает новая форма работы ВОИР — создание инженерно-технических творческих кооперативов. Посетители могут подробно ознакомиться с деятельностью НПО «Поиск» методического и координационного центра по совершенствованию и развитию государственной системы патентной информации. Здесь же демонстрируется автоматизированная информационно-поисковая система патентной документации «Темп». В вводном разделе освещается деятельность заслуженных изобретателей СССР и демонстрируются их высокоэффективные разработки.

Раздел «Прогрессивные технологические процессы, машины и оборудование, автоматизация и механизация производственных процессов, развитие робототехники, роторных и роторно-конвейерных линий, гибкие автоматизированные производства» — самый большой в экспозиции. В нем представлено около тысячи экспонатов, объединенных в следующие подразделы: автоматизация и механизация в топливно-энергетическом комплексе; прогрессивные технологические процессы и оборудование в металлургии; машиностроительный комплекс; транспортное и складское оборудование; автоматизация и механизация строительных и монтажных работ.

Машиностроительный комплекс широко представлен новыми технологическими процессами, прогрессивными машинами и оборудованием для сварки, механообработки, новыми инструментами метрологическим оборудованием и приборами контроля, технологическим оборудованием для сборочного производства, новыми видами машиностроительной продукции, транспортного и складского оборудования и др.

Ведущими экспонентами раздела являются предприятия и организации Минтяжмаша СССР, Минстанкопрома СССР, Минприбора СССР, Минавтопрома СССР, Минэлектротехпрома СССР, Минстройдормаша СССР.

Индустриальные технологии в строительстве представлены многочисленными строительными организациями различных регионов страны. Очень активно представлен трест Алмаатаоргтехстрой при Совмине КазССР. Среди разрабо-

ток этого треста устройство для возведения железобетонных монолитных колонн, многоместная форма для изготовления бетонных кубиков, щитовая опалубка блочного типа для строительства каналов, туннельная опалубка для возведения монолитных зданий, стенд для изготовления Т-образных железобетонных конструкций, блочно-переставная опалубка стен ВАКа, предназначенная для бетонирования протяженных продольных стен.

Высокое качество ремонта строительных машин обеспечивает технология восстановления деталей электродуговой наплавкой в ультразвуковом поле. Процесс основан на введении в наплавляемый металл интенсивных ультразвуковых колебаний, что повышает износостойкость ремонтируемых деталей в 3 раза (ПО Строймаш Минстроя БССР).

Многочисленная экспозиция средств и устройств электронизации представлена последними достижениями изобретателей в области электроники. Среди них вычислительная техника, оборудование для монтажа и контроля печатных плат, контрольно-измерительные приборы, метрологическое оборудование, приборы специального назначения и др. Бесспорным достижением советских энергетиков является создание агрегата СВД-500-Р-1М для сооружения подземных конструкций способом «стена в грунте». Конструкция агрегата разработана Киевским ПКО Гидропроекта. Агрегат впервые внедрен на строительстве ГЭС-4 каскада Варцихских ГЭС, на сооружении Башкирского водохранилища. Годовой экономический эффект составил 1 млн. р на один агрегат.

К числу экспонатов, имеющих важнейшее народнохозяйственное значение, следует отнести также непрерывно-конвейерный технологический комплекс бетонирования арочной плотины — комплексную разработку Оргэнергостроя, ИпгуриГЭСстроя, ПКБ по механизации энергетического строительства, Гидропроекта.

В разделе «Новые материалы» широко представлены различные виды материалов — конструкционные, антифрикционные, абразивные, композиционные, лакокрасочные, полимерные. Большой ассортимент теплозвукоизоляционных и отделочных материалов и изделий на их основе представляют на выставке организации Госстроя СССР и союзных республик. В их числе различные облицовочные плитки, литые бетонные смеси с комплексной пластифицирующей добавкой, аглоперлит и др.

Большой вклад в ускорение темпов научно-технического прогресса демонстрируют представители академической и вузовской науки. За два года двенадцатой пятилетки признано изобретениями более 40 тыс. технических решений, созданных в вузах и научных учреждениях страны. В разделе демонстрируются прогрессивные технологические процессы, машины и оборудование, приборы контроля, новые материалы и технологии их производства и обработки ЭВМ. «Науку — производству» — этот девиз можно отнести к большинству экспонатов, представленных учеными.

Для оперативного информационного обслуживания специалистов работает справочно-информационный центр.

Сырьевая смесь для изготовления ячеистого бетона

НА ВДНХ СССР на межотраслевой выставке «Изобретательство и рационализация-88» трест Оргтехстрой Главприокскстроя Минсезапстроя СССР демонстрирует мелкозернистый ячеистый бетон, применяемый при заделке вертикальных стыков наружных стеновых панелей в жилищном строительстве. Он отличается повышенной прочностью, морозостойкостью, водонепроницаемостью, твердеет при отрицательных температурах.

Сырьевая смесь для ячеистого бетона состоит из портландцемента марки 400...500, шлакового песка фракции 0...5 мм (отходы производства Тульского завода стройматериалов), алюминиевой пудры ПАП-1, сернистого натрия, пластификатора ПАЩ-1 (вводится при производстве работ в зимнее время), 60%-го хозяйственного мыла и питьевой воды.

Мелкозернистый бетон изготавливают в специальной установке, в которую входят бетоносмеситель периодического действия вместимостью 0,25 м³, вибробункер со шлангом, лари для вяжущего, инертных материалов и емкости для добавок. Смесь подают через шланг в стык сверху. Время заливки одного стыка 20...40 с. Опалубку в летний период снимают через 5 ч после заполнения стыка, в зимний — через 24 ч.

Применение мелкозернистого бетона для заделки стыков в крупнопанельном домостроении вместо цементного раствора марки 100, укладываемого вручную, повышает производительность труда на 50%, улучшает эксплуатационные качества стыка.

Прогрессивная технология внедрена при строительстве домов серии 83 ДСК ПСО Тулгорстрой Главприокскстроя Минсезапстроя СССР.

За консультацией обращаться по адресу: 300600, Тула, пр. Ленина, 108 б. Трест Оргтехстрой Главприокскстроя.

УДК 691.327:66.04

Г. А. ОБЪЕЩЕНКО, С. Е. ЛЕНСКИЙ, кандидаты техн. наук (ВНИИЖелезобетон)

Новые тенденции в технологии тепловой обработки бетона

Быстрый рост крупнопанельного жилищно-гражданского и промышленного строительства в нашей стране связан с разработкой и внедрением индустриальной высокопроизводительной технологии и оборудования для ускорения твердения железобетонных конструкций и изделий. Основным направлением научно-технического прогресса в этой области является создание высокоэффективных камер непрерывного действия в составе технологических линий, кассетно-конвейерных линий с тепловыми камерами-аккумуляторами, новых типов тепловых агрегатов с глубоким регулированием температуры и влажности паровоздушной смеси и использованием преимущественно возобновляемых источников энергии, применение режимов тепловлажностной обработки бетона с ограниченным тепловым импульсом, поз-

воляющим увеличить оборачиваемость установок и т. д.

Основной удельный вес общего объема строительства высокоразвитых капиталистических стран приходится на монолитные железобетонные конструкции, что предопределяет иной подход к технологии тепловой обработки. Для сокращения продолжительности возведения зданий за рубежом широко распространено использование теплого бетона.

На выставке «Стройиндустрия-87» фирмы «Эльба» (ФРГ) и «Партек» (Финляндия) представили оригинальные технологические схемы приготовления теплого бетона.

Фирма «Эльба» разработала способ «Эльба-терм», по которому заполнители подогреваются паром в грушевидной емкости, размещенной перед бетоносмесителем (рис. 1). В объеме емкости нахо-

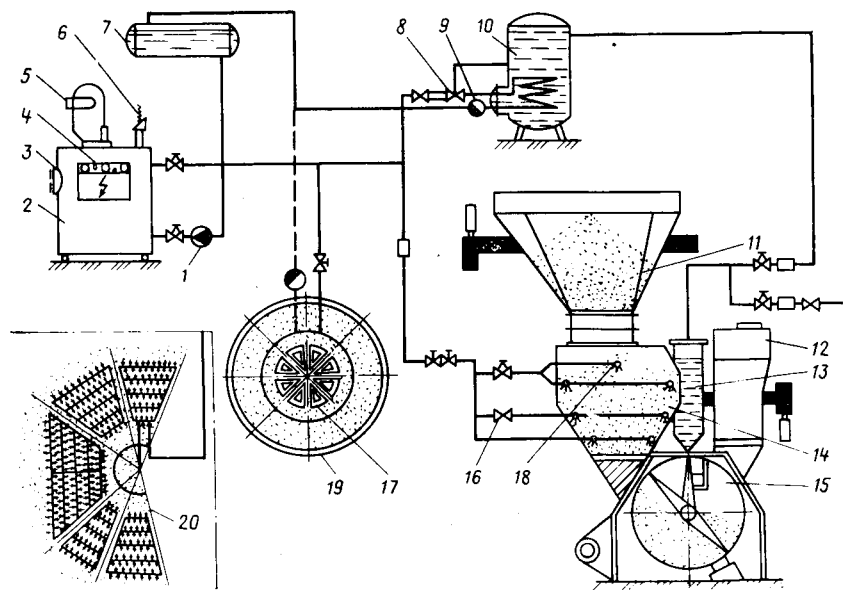


Рис. 1. Приготовление горячей бетонной смеси по способу «Эльба-терм» с системой обогрева паром

1 — насос; 2 — парогенератор; 3 — отвод дымовых газов; 4 — распределительный шкаф; 5 — форсунка; 6 — предохранительный клапан; 7 — бак для воды; 8 — регулирующий клапан водоподогревателя; 9 — конденсатоотводчик; 10 — водоподогреватель; 11 — бункер для заполнителей (весь); 12 — бункер для цемента (весь); 13 — дозатор воды; 14 — грушевидная нагревательная емкость; 15 — бетоносмеситель; 16 — вентиль подачи пара; 17 — калорифер для обогрева; 18 — сопло; 19 — кольцевой паропровод в бункере для заполнителей; 20 — кольцевой паропровод в складских отсеках

дятся сопла для равномерного разогрева заполнителей. Пар получают в специальном парогенераторе либо в теплообменном аппарате со встроенным контуром горячего масла, нагреваемого с помощью, например, жидкого топлива.

Кроме нагрева заполнителей в грушевидной емкости, пар используют непосредственно для обогрева склада инертных материалов и питания водоподогревателя для приготовления теплой воды затворения. Конденсат возвращается в бак, предназначенный для подпитки парогенератора. Данный способ позволяет применять обычные бетоносмесители без каких-либо изменений. При этом образование конденсата в них минимально, а трудоемкая очистка или замена паровых сопел исключаются.

При использовании способа «Эльба-терм» сокращается расход энергии, так как утечка пара во время приготовления смеси исключается. Термическую эффективность системы можно увеличить путем теплоизоляции загрузочного устройства и грушевидной емкости. Система работает следующим образом. После дозирования 80% заполнителей с помощью бункера в грушевидную емкость автоматически через сопла подается пар. Продолжительность его подачи, регулируемая с помощью реле времени, определяется расчетом при учете температуры заполнителей на выходе, температуры окружающей среды, воды и цемента, производительности парогенератора, а также требуемой температуры приготовляемого бетона. По истечении установленного времени нагрева питатель автоматически приводит в движение для загрузки смесителя и перемешивания составляющих (при необходимости можно снова их взвесить в бункере), а при возвращении питателя цикл повторяется.

По данным фирмы «Эльба», на установке Эльба-Миксмобиль ЕММ-300 для замеса 600 кг заполнителей, 80 кг цемента и 30 л воды требуется всего 35 с, включая обработку заполнителей паром в питателе. Температура смеси составляет 40°C (при температуре окружающей среды 18°C). При этом применяется парогенератор производительностью 600 кг пара в 1 ч.

Кинетика твердения бетона, отформованного из теплой смеси, при различных температурах нагрева приведена на рис. 2.

Финская фирма «Партек» предложила для нагрева заполнителей использовать парогазовую смесь, состоящую из продуктов сгорания топлива (мазут, природный или сжиженный газ) и воды. Такую смесь получают в установке «Турбоматик» (рис. 3). Она состоит из

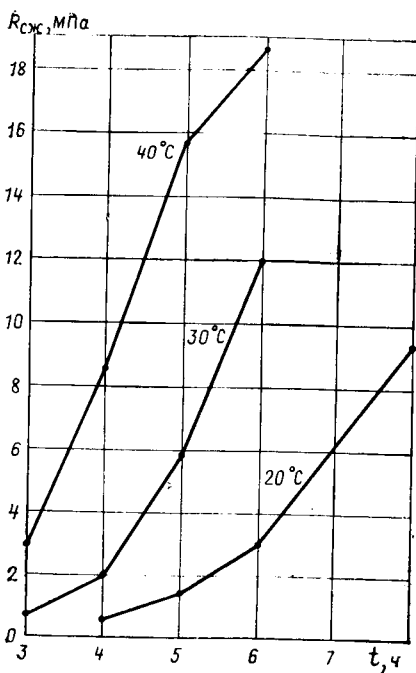


Рис. 2. Кинетика твердения бетонных смесей при различных температурах

двух емкостей топлива и воды, компрессора, насосов, камеры сгорания со встроенной высокопроизводительной форсункой и пульта управления. Оборудование размещено в блоке размером 6055×2591×2595 мм. Установки выпускаются мощностью от 0,5 до 2 МВт с шагом 0,5 МВт.

В камеру сгорания топлива вводят воду, которая при температуре 250...450°C превращается в пар, причем количество вводимой в продукты сгорания (CO₂) воды измеряется и регулируется. Например, в установке мощностью

0,5 МВт воды расходуется около 5 л в 1 мин. Установка не взрывоопасна, поскольку вдуваемая в нее парогазовая смесь не содержит кислорода. Кроме того, горячая и влажная парогазовая смесь связывает пыль и предотвращает высыхание заполнителей во время нагрева. Установка «Турбоматик» свободна от сажи и дымовых газов, она не требует очистки, не нуждается даже в дымовой трубе. Парогазовая смесь от установки поступает по трубопроводам диаметром 150 мм к бункерам заполнителей и промежуточному бункеру — весам, откуда нагретые до определенной температуры заполнители поступают в обычный бетоносмеситель. Смесители комплектуют измерительными блоками типа РМС-37, сопряженными с системой управления приготовлением горячего бетона РМС-2000 с микропроцессорным управлением регулирующей температуру смеси. Для цементов, применяемых в Финляндии, температура укладываемой бетонной смеси не превышает 40°C.

Обе описанные системы приготовления горячего бетона объединяет малая инерционность. Переключение установки «Турбоматик» из холодного состояния в горячее занимает лишь несколько секунд. В обоих случаях заполнители прогреваются в промежуточных емкостях, а бетоносмесители не подвергаются каким-либо изменениям.

По данным фирмы «Партек», отказ от традиционных паровых котлов при приготовлении теплого бетона позволяет на стадии выработки теплоносителя сэкономить около 60% топлива (рис. 4.).

В СССР подобные системы могли бы найти эффективное применение для мо-

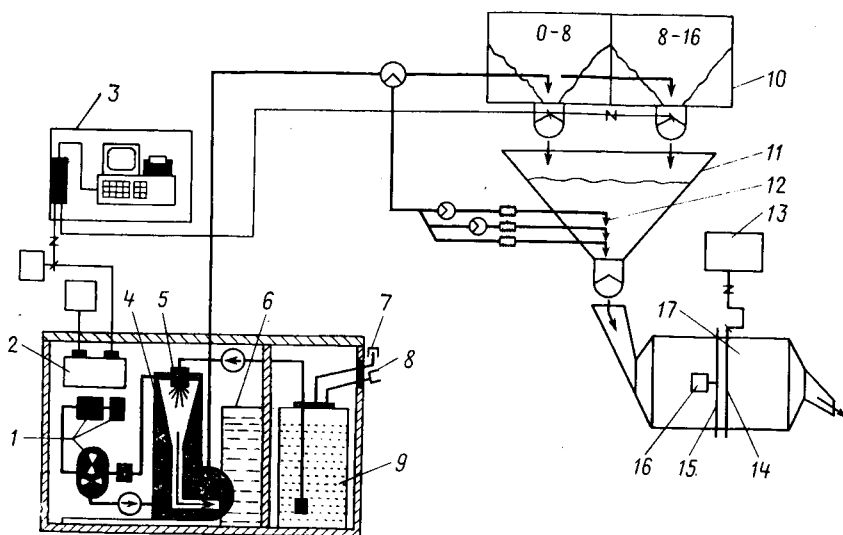


Рис. 3. Схема приготовления горячего бетона по технологии фирмы «Партек»
1 — компрессор; 2 — пульт управления; 3 — управляющая микропроцессорная система; 4 — камера сжигания топлива; 5 — форсунка; 6 — водяной бак; 7 — залив топлива; 8 — сапун; 9 — топливный бак; 10 — бункер; 11 — весовой дозатор; 12 — сопло; 13 — блок приема и индикации температуры смеси; 14 — жесткая антенна; 15 — вращающаяся антенна; 16 — блок измерения и передачи температурных сигналов; 17 — бетоносмеситель

бильных заводов ЖБИ, растворных и бетонных узлов, в монолитном строительстве. Теплогенераторы могут успешно применяться и в заводской технологии изготовления сборного железобетона при термообработке изделий в камерах периодического и непрерывного действия.

Анализ представленных на выставке экспонатов показал отсутствие принципиально новых решений по термообработке отформованных железобетонных изделий в камерах. Технический прогресс в этой области развивается по линии совершенствования известных способов прогрева изделий.

Фирма «Бессер» (США) представила информацию о пропарочных камерах термообработки блоков с использованием перегретого или сухого пара, подаваемого в установку с помощью сопел со скоростью до 180 м/с. Скорость истечения пара подбирают из условия обеспечения его циркуляции в рабочем объеме установки и равномерного насыщения паровоздушной среды. При возведении ограждений камер широко используют воздушные прослойки.

Время предварительного выдерживания изделий в зависимости от типа цемента, заполнителей и времени года составляет 2...5 ч, скорость подъема температуры среды до максимальных 70...80°C составляет 30°C/ч. После достижения максимальной температуры пар отключают, изделия выдерживают в закрытой камере в течение 4...5 ч. Для термообработки изделий применяются термосные режимы.

Большое внимание уделяется созданию условий, исключающих появление пиковых нагрузок на котлоагрегаты в течение суток (длина камер, ритм их работы, параметры режима ТВО).

Фирма «Партек» (Финляндия) представила способ термообработки преимущественно легких бетонов с использованием инфракрасного излучения («ИР-Матик»). В отличие от хорошо известных и применяемых в Советском Союзе параметров инфракрасного нагрева, фирма предложила использовать инфракрасные лучи длиной волны 3,5...4 мкм. По данным фирмы, в этом диапазоне волн происходит преимущественный нагрев заполнителей через открытую поверхность изделий, вода имеет наименьший коэффициент поглощения и нагревается в основном теплопроводностью.

Излучатели мощностью 0,8...1,5 кВт могут быть выполнены в двух вариантах: из алюминия или керамики, температура их поверхности составляет 700°C. Они могут работать с использованием электроэнергии, продуктов сгорания

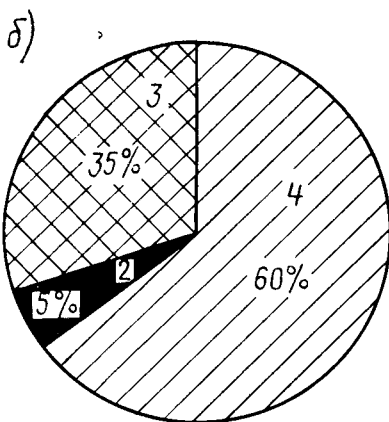
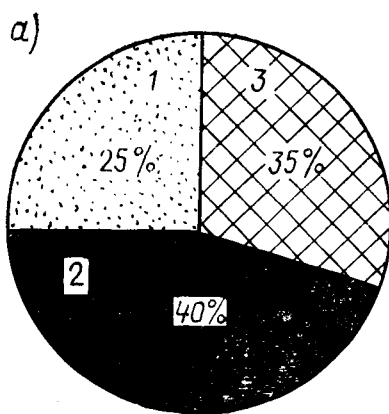


Рис. 4. Диаграммы теплового баланса парового котла (а) и установки «Турбоматик» (б) 1 — потери от дымогазов; 2 — потери от подержания тепла в периодическом режиме; 3 — полезная энергия; 4 — экономия энергии

природного или сжиженного газа. Излучатели монтируют в верхнем перекрытии камеры над поверхностью изделий. Под поддонами форм смонтированы нагреватели, работающие без использования инфракрасного излучения. Схема управления процессом выполнена таким образом, что излучатели могут включаться избирательно, создавая автономный заданный режим для каждого изделия в отдельности.

По данным фирмы, длительность ТВО составляет 4...5 ч при расходе условного топлива с использованием электроэнергии — 30...36 кг/м³, продуктов сгорания газа 40...45 кг/м³.

Фирма «Партек» поставила установку типа «ИР-Матик» в Советский Союз (Ростокинский завод ЖБИ ДСК № 1 Главмосстроя), Польшу, Саудовскую Аравию. По нашему мнению, система термообработки «ИР-Матик» может быть использована при реконструкции линий для производства ограждающих конструкций из легкого бетона, а также в условиях полигона с применением теплоизолированных колпаков, оснащенных излучателями, работающими на сжиженном газе.

Большой интерес специалистов вызвал представленный фирмой «КонКюр»

(США) способ обработки бетона холодным туманом. Суть способа такова. Изделие помещают в камеру, оборудованную распылительными соплами специальной конструкции, тонкодиспергирующими воду без применения сжатого воздуха. Сопла работают в прерывистом режиме, чередуя «туманные» и «бестуманные» циклы при общей длительности выдерживания изделий в камере 8...12 ч. Бетон достигает прочности порядка 50% марочной, затем изделия добирают прочность на складе готовой продукции. Система обработки бетона холодным туманом используется только при производстве прессованных бетонных блоков и труб, формуемых из сверхжестких бетонных смесей с В/Ц 0,18...0,25.

Главное преимущество этой системы фирма усматривает в большой экономии теплоэнергии (более 90%) без потери качества продукции. По нашему мнению, механизм ускорения твердения бетона при обработке холодным туманом заключается в следующем. При изготовлении прессованных изделий из сверхжестких смесей количество воды в них недостаточно для дальнейшей гидратации, в то же время скорость гидратации в начальный период достаточно высока. В бетоне возникают контракционные явления, приводящие к созданию вакуума и, как следствие, перепадку давлений.

Кроме того, парциальное давление паров холодного тумана над поверхностью изделия выше, чем в теле бетона. За счет этих двух факторов происходит интенсивный осмотический подсос влаги в тело бетона, что обеспечивает более глубокий процесс гидратации цемента.

При этом в начале каждого цикла на поверхности изделия не происходит образования тонкой водяной пленки, так как в соответствии с технологическими регламентами фирмы температура холодного тумана должна быть на 6...8°C ниже температуры бетона изделий. При выравнивании температур тумана и поверхности изделия на последней образуется водяная пленка, дальнейшая работа распылительных сопел теряет смысл. Начинается «бестуманный» цикл, в процессе которого пленка абсорбируется телом бетона. После исчезновения пленки начинается повторный «туманный» цикл, далее процесс повторяется.

Учитывая отсутствие у фирмы «КонКюр» опыта с обработкой холодным туманом изделий, изготовленных из бетонных смесей с В/Ц 0,4...0,6, отформованных широко принятыми способами, можно предположить, что механизм гидратации и кинетики твердения бе-

тона будет иной. В этом случае камеры с холодным туманом будут работать как обычные камеры нормального твердения, что повлечет за собой увеличение сроков выдерживания в них изделий. Этот способ может быть рекомендован только для прессованных изделий (на-

пример, тротуарных плиток, бордюрных камней, радиально-прессованных труб) и изделий из высокопрочных бетонов.

Таким образом, в тенденциях развития энергосберегающих методов тепловой обработки в нашей стране за рубежом есть много общего. Задачей

научно-исследовательских и проектных организаций является выявление прогрессивных элементов в зарубежном опыте и создание на этой основе перспективных решений, способствующих повышению технического уровня промышленности сборного железобетона.

Рефераты статей, опубликованных в номере

УДК 691.327.33.003.13

Макаричев В. В., Рогатин Ю. А., Эвинг П. В. Экономическая эффективность применения автоклавного ячеистого бетона // Бетон и железобетон. — 1988. — № 7. — С. 3—4. Приведены данные о свойствах автоклавного ячеистого бетона и технико-экономические показатели стен жилых и промышленных зданий, изготовляемых из него, в сопоставлении с такими же стенами из керамзитобетона. Все показатели стен из ячеистого бетона лучше, чем стен из керамзитобетона. — Табл. 1. — Библиогр.: 4 назв.

УДК 691.327.669.973.2.022-413

Опыт применения стеновых панелей из ячеистого бетона с облегченным армированием / Б. П. Филиппов, К. П. Муромский, Л. А. Скоряк и др. // Бетон и железобетон. — 1988. — № 7. — С. 5—6. Рассмотрены особенности расчета и конструирования стеновых ячеистобетонных панелей ленточной разрезки с разреженной продольной и поперечной арматурой. Освещены некоторые вопросы изготовления пространственных арматурных каркасов. Даны результаты испытания стеновых панелей с облегченным армированием на прочность и жесткость. — Ил. 2. — Библиогр.: 4 назв.

УДК 691.327.33

Коровьевич В. В. Автоклавные ячеистые бетоны в жилищно-гражданском строительстве // Бетон и железобетон. — 1988. — № 7. — С. 6—7. Приведены данные по проектам жилых домов и хозяйственных из ячеистого бетона для индивидуального строительства, а также типовой серии крупнопанельных жилых домов для строительства в северных районах страны с конструкциями из автоклавных бетонов ячеистой и плотной структуры. Даны технико-экономические сравнительные показатели.

УДК 691.327.666.973.2:539.4

О возможности снижения расхода цемента в ячеистом бетоне / А. П. Меркин, Г. О. Мейнерт, Н. П. Сажнев и др. // Бетон и железобетон. — 1988. — № 7. — С. 7—9. Рассмотрены теоретические аспекты снижения дозировки цемента в ячеистых бетонах, приведены результаты всесторонних исследований его роли в формировании свойств автоклавного материала, даны рациональные составы ячеистого бетона с пониженным расходом цемента, реализованные в промышленных условиях. Табл. 3. — Библиогр.: 7 назв.

УДК 691.327.33:620.179.5

Павловский Я. М. Резательная технология изготовления конструкций из ячеистого бетона // Бетон и железобетон. — 1988. — № 7. — С. 12—14.

Приведены данные об объемах производства мелких блоков из ячеистого автоклавного бетона. Основной прирост их производства должен быть достигнут путем создания и внедрения конвейерных линий производительностью до 200 тыс. м³ в год с использованием серийно выпускаемых резательных машин «Универсал-60» (СМС-301). Созданы резательные машины типа «Силбетлок» и «Агроблок», которые позволяют разрезать мелкие блоки и теплоизоляционные изделия. Машины типа «Агроблок» рекомендуются для малых заводов или цехов производительностью 15...20 тыс. м³ мелких блоков в год. На машинах типа «Универсал-60» могут изготавливаться армированные изделия с последующей их укрупнительной сборкой и отделкой. — Ил. 2.

УДК 69.022:691.327.33:624.046

Левин Н. И. Несущая способность стен из мелких ячеистобетонных блоков // Бетон и железобетон. — 1988. — № 7. С. 15—16. Изложены краткие сведения о стеновых мелких блоках из ячеистого бетона, о кладке стен из них и о методике расчета прочности этих стен. Приведены формулы расчета несущей способности стен из мелких ячеистобетонных блоков с учетом последних исследований ЦНИИСК и ЛенЗНИИЭПа. — Ил. 4.

УДК 691.327:666.973.6

Бажов В. О. Вторичные технологические продукты промышленности для изготовления ячеистых бетонов // Бетон и железобетон. — 1988. — № 7. — С. 16—18. Представлены данные об основных технических и физико-механических характеристиках ячеистого бетона на вторичных продуктах цветной металлургии, полученных без использования традиционных вяжущих. Впервые приведены данные о бетоне на основе биотехнологий. Подробно рассмотрена сырьевая база для приготовления ячеистых бетонов на основе вторичных продуктов цветной металлургии. — Ил. 2, табл. 2. — Библиогр.: 3 назв.

УДК 624.012.45:691.327:666.973.6:539.4

Морозов А. Н. Расчет прочности газобетонных конструкций по нормальным сечениям // Бетон и железобетон. — 1988. — № 7. — С. 18—19. Рассмотрены пластичность и деформативность газобетона перед разрушением при изгибе и центральном сжатии. Предложено расчет прочности нормальных сечений весте с учетом их деформаций и предельной деформативности газобетона при изгибе и центральном сжатии согласно гипотезе деформирования плоских сечений с прямоугольной эпюрой напряжений в сжатой зоне. — Ил. 1, табл. 1. — Библиогр.: 4 назв.

УДК 691.327:666.973.6:662.613.11

Серых Р. Л., Акимова А. П., Бскова Л. И., Чижевский Г. Б. Эффективный материал для монолитного домостроения // Бетон и железобетон. — 1988. — № 7. — С. 22. Приведены сведения о свойствах газозолобетона естественного твердения, предназначенного для использования в качестве теплоизоляционного и конструкционно-теплоизоляционного материала в монолитных конструкциях жилых домов и общественных зданий. — Ил. 1.

УДК 691.327:666.973.6:662.613.11

Применение неавтоклавного газозолобетона в сельском строительстве / Б. Я. Сироткин, Н. В. Петров, О. П. Винокуров, А. М. Крохин // Бетон и железобетон. — 1988. — № 7. — С. 23—24. Проанализирован опыт производства и применения стеновых панелей из неавтоклавного газозолобетона в Иркутской области. Приведены данные исследований физико-механических свойств газозолобетона и результаты испытаний стеновых конструкций из него. — Ил. 3, табл. 1. — Библиогр.: 4 назв.

УДК 691.327:666.973.6

Применение автоклавного газобетона из барханного песка / А. Ч. Чарыев, Ю. Д. Чистов, А. В. Волженский, О. И. Ларгина // Бетон и железобетон. — 1988. — № 7. — С. 25—26. Описаны технология производства и основные свойства неавтоклавного газобетона на основе пылевидных барханных песков, а также опыт производства крупных стеновых газобетонных блоков и строительство из них сельских жилых, культурно-бытовых и производственных зданий в районах пустыни Каракум. — Табл. 2. — Библиогр. 3 назв.

УДК 69.022:693.5:691.327:66.973.6:666.97.035.511

Электропрогрев монолитных стен из газобетона / Б. Г. Веснин, В. С. Миронов, Л. И. Бокова и др. // Бетон и железобетон. — 1988. — № 7. — С. 26—27. Показана принципиальная возможность ускорения вспучивания и твердения ячеистобетонных смесей при послонном изготовлении монолитных стен в различные сроки предварительного выдерживания бетонной смеси скорости подъема температуры, с применением химических добавок и без них. — Ил. 2.

УДК 624.012.46.042.3

Оценка работы предварительно напряженных ригелей при однократных и повторных нагружениях / Б. Н. Шевченко, А. А. Сергиенко, С. Б. Шевченко // Бетон и железобетон. — 1988. — № 7. — С. 28—30. Широкое применение предварительно напряженного железобетона требует тщательного изучения работы последних в различных уровнях и стадиях нагружения. Приведены результаты испытаний серийных конструкций на действие однократных и повторных нагрузок. Предложен аналитический метод оценки конструкций на выносливость. — Ил. 4. — Библиогр.: 4 назв.

УДК 624.022:621.9

Дмитриев А. С., Кущу Э. Х. Предварительная механическая обработка крупных заполнителей // Бетон и железобетон. — 1988. — № 7. — С. 30—31. Представлены результаты производственной проверки способа приготовления бетонной смеси с предварительным перемешиванием крупного заполнителя. Ил. 2. — Библиогр.: 3 назв.

УДК 624.072.2

Мамедов Г. М., Алнев Р. Д., Сеидов Н. Г. Расчет прочности сплошных плоских плит по наклонным сечениям // Бетон и железобетон. — 1988. — № 7. — С. 32—33. Приведены результаты экспериментально-теоретических исследований балок и сплошных плоских плит разной ширины при действии поперечных сил. Выявлены особенности работы сплошных плоских плит при действии поперечных сил. Установлено влияние на несущую способность по наклонным сечениям ширины поперечного сечения. Предложены изменения в методике расчета прочности железобетонных элементов по наклонным сечениям согласно СНиП 2.03.01—84. — Ил. 2. — Библиогр.: 1 назв.

УДК 624.073.7

Корнилов В. Г. Расчет усилий в перекрытиях каркасных зданий с напрягаемой в процессе монтажа арматурой // Бетон и железобетон. — 1988. — № 7. — С. 34—36. Расчетная схема каркасного здания приближенно рассматривается как рама, в которой план перекрытия является сжато-изогнутым стержнем. Показана возможность такого предельного состояния сжато-изогнутого стержня, когда внешняя нагрузка полностью или частично уравнивается мембранной группой внутренних напряжений в стержне. Это открывает дополнительные резервы более полного использования прочностных свойств материала перекрытий каркасных зданий. — Ил. 4. — Библиогр.: 3 назв.

УДК 624.072.2/3

Кириллов А. П., Мирсаляпов И. Выносливость наклонных сечений изгибаемых элементов // Бетон и железобетон. — 1988. — № 7. — С. 36—38. Приведен способ расчета выносливости наклонного сечения изгибаемых элементов. Напряжения и пределы выносливости определяют с учетом изменения напряженного состояния вследствие накопления деформаций виброползучести бетона в сжатой зоне. — Ил. 2. — Библиогр.: 8 назв.

CONTENTS

For cellular concretes — further development ;
Makaritchev V. V., Rogatin Yu. A., Eving P. V. Economic efficiency of application of autoclave cellular concrete
Philippov B. P., Muromsky K. P., Skorjak L. A., Svidzinsky Yu. V., Rudakov A. P. Experience of application of wall panels from cellular concrete with lightened reinforcement
Korovkevitch V. V. Autoclave cellular concretes in construction of civil buildings
Merkin A. P., Mejnert G. O., Sazhnev N. P., Dombrovsky A. V., Varlamov V. P. Possibility of cement reduction in cellular concrete
Tratchevsky M. L., Selivanov A. V., Tsyrolnikov S. M., Myssatov I. A., Skvortsov V. S. Principal directions of automation of gas-concrete production using cutting technology
Paplavskis Ya. M. Cutting technology of production of cellular concrete structures
Levin N. I. Bearing capacity of walls from small cellular concrete blocks
Bagrov B. O. Secondary technological articles of industry for cellular concrete production
Morozov A. N. Calculation of strength of gas-concrete structures according normal sections
Ukhova T. A. Revision of standard for cellular concretes
Trambovetsky V. P. Cellular concrete abroad
Serykh R. L., Akimova A. P., Bokova L. I., Tchizhevsky G. B. Efficient material for monolithic building construction
Sirotkine B. Ya., Petrov N. V., Vinokourov O. P., Krokhnin A. M. Application of non-autoclave gas-ashes-concrete in rural construction
Tcharyev A. Tch., Tchistov Yu. D., Volzhensky A. V., Largina O. I. Application of non-autoclave gas-concrete from barkhan sand
Vesnina B. G., Mironov V. S., Bokova L. I., Kozlov A. D., Shuravina L. N. Electric heating of monolithic walls from gas-concrete
Shevtchenko B. N., Sergienko A. A., Shevtchenko S. B. Estimation of service of prestressed cross-beams under single and repeated loadings
Mamedov G. M., Aliev R. D., Seidov N. G. Calculation of resistance of continuous plane slabs according inclined sections
Kornilov V. G. Calculation of efforts in floors of frame buildings with reinforcement stressing during mounting
Kirillov A. P., Mirsajapov I. Endurance of inclined sections of bending elements

CONTENU

Aux bétons cellulaires — un développement ultérieur
Makaritchev V. V., Rogatine Yu. A., Eving P. V. L'efficacité économique de l'application du béton cellulaire autoclave
Philippov B. P., Mouromsky K. P., Skorjak L. A., Svidzinsky Yu. V., Rudakov A. P. L'expérience de l'application des panneaux muraux en béton cellulaire avec des armatures allégées
Korovkevitch V. V. Les bétons cellulaires autoclaves dans la construction des habitations civiles
Merkin A. P., Mejnert G. O., Sazhnev N. P., Dombrovsky A. V., Varlamov V. P. Sur la possibilité de réduire le ciment dans le béton cellulaire
Tratchevsky M. L., Selivanov A. V., Tsirolnikov S. M., Myssatov I. A., Skvortsov V. S. Les directions principales de l'automatisation de production du gaz-béton en utilisant la technologie de cisaillement
Paplavskis Ya. M. La technologie de cisaillement pour la production des structures en béton cellulaire
Levine N. I. La capacité portante des murs en petits plots produits en béton cellulaire
Bagrov B. O. Les produits technologiques secondaires de l'industrie pour la fabrication des bétons cellulaires
Morozov A. N. Le calcul de la résistance des structures en gaz-béton suivant les sections normales
Oukhova T. A. Sur la révision du standard pour les bétons cellulaires
Trambovetsky V. P. Le béton cellulaire à l'étranger
Serykh R. L., Akimova A. P., Bokova L. I., Tchizhevsky G. B. Le matériau efficace pour la construction monolithique des bâtiments
Sirotkine B. Ya., Petrov N. V., Vinokourov O. P., Krokhnin A. M. L'application du gaz-cendres-béton non-autoclave dans la construction rurale
Tcharyev A. Tch., Tchistov Yu. D., Volzhensky A. V., Largina O. I. L'application du gaz-béton non-autoclave en sable des barkhanes
Vesnina B. G., Mironov V. S., Bokova L. I., Kozlov A. D., Chouravina L. N. Le chauffage électrique des murs coulés en gaz-béton
Chevtchenko B. N., Serghienko A. A., Chevtchenko S. B. L'évaluation du service des sous-poutres précontraintes sous les chargements unique et répétés
Mamedov G. M., Aliev R. D., Seidov N. G. Le calcul de la résistance des dalles planes continues suivant les sections obliques
Kornilov V. G. Le calcul des efforts dans les recouvrements des bâtiments à carcasses avec des armatures contraintes pendant le montage
Kirillov A. P., Mirsajapov I. La résistance des sections obliques des éléments sollicités en flexion

INHALTSVERZEICHNIS

Für weitere Entwicklung von Zellenbetonen
Makaritschew W. W., Rogatin Ju. A., Ewing R. W. Ökonomische Wirkung der Anwendung des Autoklavzellenbetons
Filippow B. P., Muromski K. P., Skorjak Z. A., Svidzinski Ju. W., Rudakov A. P. Anwendungserfahrung von wandplatten aus Zellenbeton mit erleichteter Bewehrung
Korowkewitsch W. W. Autoklavzellenbetone in kommunalem zivilem Wohnungsbau
Merkin A. P., Mejnert Y. O., Sazhnev N. P., Dombrowski A. W., Warlamow W. P. Möglichkeit der Verbränsenkung des Zements in Zellenbeton
Tratschewski M. Z., Selivanow A. W., Zirulnikow S. M., Myssatow I. A., Ekworzow W. S. Hauptrichtungen Automatisierung der Produktion des Gasbetons in Schneidetechnologie
Paplawskis Ja. M. Schneidetechnologie für Produktion von Konstruktionen aus Zellenbeton
Lewin N. I. Tragfähigkeit von wänden aus kleinen Zellenbetonblocks
Bagrow B. O. Technologische Sekundärprodukte der Industrie für Herstellung von Zellenbetonen
Morosow A. N. Festigkeitsberechnung von Gasbetonkonstruktionen nach normalen Querschnitten
Uchowa T. A. Überprüfung des Standards für Zellenbetone
Trambowezki W. P. Zellenbeton im Ausland
Serych R. L., Akimowa A. P., Bokowa L. I., Tschishewski Y. B. Effektives Material für monolithische Hausbauweise
Sirotkin B. Ja., Petrov N. W., Winokourow O. P., Krokhnin A. M. Anwendung des nichtautoklavbehandelten Aschengasbetons in ländlichem Bauen
Tscharyjew A. Tsch., Tschistow Ju. D., Wolshenski A. W., Largina O. I. Verwendung des nichtautoklav behandelten Gasbetons aus Wüsten-Sand
Wesnina B. Y., Mironow W. S., Bokowa L. I., Kozlow A. D., Schurawina L. N. Elektroerwärmung von monolithischen Wänden aus Gasbeton
Schewtschenko L. B. Bewertung des Verhaltens von vorgespannten Riegeln unter einmaligen und wiederholten Belastungen
Mamedow Y. M., Alijew R. D., Seidow N. Y. Festigkeitsberechnung von flachen Vollplatten nach geneigten Querschnitten
Kornilow W. Y. Kräfteberechnung in Decken von Skelettbauwerken mit im Montageprozess spannbarem Bewehrungsstahl
Kirillow A. P., Schirsajapow I. Dauerfestigkeit von geneigten Querschnitten in auf Biegung beanspruchten Bauelementen

Редакционная коллегия: И. Н. Ахвердов, Ю. М. Баженов, В. Н. Байков, А. И. Буракас, Ю. В. Волконский, А. М. Горшков, П. А. Демянюк, В. Т. Ильин, Н. М. Колоколов, М. Г. Костюковский, В. В. Михайлов, К. В. Михайлов (главный редактор), В. М. Москвин, Ю. М. Мухин, Д. А. Паньковский, В. С. Подлесных, Б. Я. Рискинд, С. И. Сименко, В. В. Судаков, А. А. Шлыков (зам главного редактора)

Почтовый адрес редакции: 101442, ГСП, Москва, Каляевская, 23а
Тел. 292-41-34, 292-62-05

Технический редактор *Е. Л. Сангурова*

Корректор *Н. А. Шатерникова*

Сдано в набор 13.05.88.
Формат 60x90/16.
Тираж 12442 экз.

Подписано в печать 08.06.88.
Печать высокая. Бумага тип. № 2
Усл. печ. л. 6,0.
Зак. № 168

Усл. кр.-отт. 6,75.

Т-11219
Уч.-изд. л. 8,40
Цена 60 коп.

РИЖСКИЙ ОПЫТНЫЙ ЗАВОД «ЭТАЛОН» ИМЕЕТ ВОЗМОЖНОСТЬ ИЗГОТОВИТЬ СЛЕДУЮЩИЕ ВИДЫ АППАРАТУРЫ:

ОБРАЗЦОВЫЙ СТЕНД АКУСТИЧЕСКИЙ ОСА-1П

Предназначен для поверки ультразвуковых приборов контроля прочности бетона государственными и ведомственными метрологическими службами.

Принцип работы стенда основан на измерении времени распространения от передатчика к приемнику через контактную среду и испытываемый образец переднего фронта ультразвукового импульса (УЗИ).

Стенд настольного исполнения состоит из прибора ультразвукового контроля, камеры с передатчиками и приемниками УЗИ и подъемника для помещения в камеру испытываемого образца.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Размер испытываемого образца, мм	150×150×600
Контактная среда	вода дистиллированная
Число каналов измерения	6
Диапазон измерений времени распространения УЗИ, мкс	20... 600
Погрешность измерений времени (+ —) распространения УЗИ, мкс, не более	(0,01Т+01)
Потребляемая мощность, В·А, не более	15
Рабочая частота УЗ преобразователей, кГц	100 ⁺⁴⁰ ₋₅₀
Наработка на отказ, количество измерений, не менее	20 000
Среднее количество измерений, не менее	10 000
Габаритные размеры, мм	1200×690×735
Масса, кг, не более	56,0
Цена, тыс. р. (ориентировочно)	5,36

ОБРАЗЦОВЫЕ СТЕНДЫ АКУСТИЧЕСКИЕ

ОСА-1М-100(150)

ТАБЛИЦА

Предназначены для определения морозостойкости бетона ультразвуковым методом по ГОСТ 21634—84 в строительных организациях и на предприятиях стройиндустрии.

Принцип работы стандов основан на измерении времени распространения от передатчика к приемнику через контактную среду и испытываемый образец переднего фронта ультразвукового импульса (УЗИ).

Стенды настольного исполнения состоят из прибора ультразвукового контроля УК I и камеры с передатчиками и приемниками УЗИ по 6 шт. каждого.

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Размеры испытываемого образца, мм	ОСА-1М-100—100 ОСА-1М-150—150
Диапазон измерения времени распространения УЗИ, мкс	20 ... 600
Погрешность измерения времени (+ —) распространения УЗИ, мкс, не более	(0,01Т + 01)
Потребляемая мощность, В·А, не более	15
Рабочая частота УЗ преобразователей, кГц	100 ⁺⁴⁰ ₋₅₀
Наработка на отказ, количество измерений, не менее	20 000
Среднее количество измерений, не менее	10 000
Цена одного станда, тыс. р.	4,8

Заявки направлять по адресу: 226067, Рига, ул. Попова, 1а.
Телефон для справок: 41-36-37