

Таблица 26 (пролет 11 м)

Уровень нагрузки q_0/q_k	Толщина оболочки, см				
	30	25	20	15	10
0,5	0,667	0,666	0,664	0,660	0,655
1	0,665	0,662	0,658	0,653	0,644
1,5	0,661	0,656	0,649	0,639	0,623
2	0,653	0,645	0,632	0,613	0,585

Таблица 27 (пролет 12 м)

Уровень нагрузки q_0/q_k	Толщина оболочки, см				
	30	25	20	15	10
0,5	0,667	0,665	0,663	0,659	0,654
1	0,664	0,661	0,657	0,650	0,640
1,5	0,660	0,654	0,646	0,635	0,617
2	0,651	0,642	0,627	0,606	0,574

Описанный метод в совокупности с алгоритмами оценки точности нагружения открывает широкие возможности внедрения современных подсистем АСНИ в строительную практику.

1. Пристрій для натурних випробувань плит і оболонок. Патент на корисну модель № 44125. Україна. 2009.

2. Беседин Г.М., Манько С.П., Наконечный Ю.Е., Фурсов В.В., Шмуклер В.С. Исследование структурного покрытия с элементами из холодногнутых профилей // Легкие строительные конструкции покрытий зданий: Межвуз. сб. – Ростов-на-Дону, 1976. – С.114-121.

3. Тетиор А.Н., Померанец В.Н. Обследование и испытание сооружений. – К.: Вища. шк., 1989. – 209 с.

4. Шмуклер В.С., Климов Ю.А., Бурак Н.П. Каркасные системы облегченного типа. – Харьков: Золотые страницы, 2008. – 336 с.

5. Шутенко Л.Н., Засядько Н.А., Чупрынин А.А. Основы теории упругости и пластичности. – Харьков: ХНАГХ, 2007. – 135 с.

6. Бондаренко В.М., Шагин А.Л., Шмуклер В.С. Комплекс программ для расчёта опёртых по контуру пологих оболочек с учётом физической и геометрической нелинейности. – М.: ОФАП Госстрой СССР, 1975. – 109 с.

Получено 26.11.2009

УДК 624.012.44 : 620.17

В.Н.РУДАКОВ, канд. техн. наук, Г.А.МОЛОДЧЕНКО, д-р техн. наук,
Д.В.АБРАКИТОВ

Харьковская национальная академия городского хозяйства

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ УПРОЧНЕНИЯ КОНСТРУКЦИОННОГО (ТЯЖЕЛОГО) БЕТОНА ПРИ ОСЕВОМ МЕСТНОМ СЖАТИИ

На основе обобщения физики процесса упрочнения тяжелого бетона при местном сжатии, достаточно хорошо изученного экспериментально за последние 80 лет, предлагается физическая модель и методика количественного определения коэффициента упрочнения ϕ_b конструкционного бетона при осевом местном сжатии в рамках разработанной В.Н.Рудаковым теории скольжения микрополяризованной среды для простого статического нагружения.

На основі узагальнення фізики процесу зміцнення важкого бетону при місцевому стиску, досить добре вивченого експериментально за останні 80 років, пропонується фізична модель і методика кількісного визначення коефіцієнта зміцнення ϕ_b конструк-

ційного бетону при осьовому місцевому стиску в рамках розробленої В.Н.Рудаковим теорії скловання мікрополяризованого середовища для простого статичного навантаження.

On base of the generalization physicists process increasing to toughness heavy concrete under local compression, it is enough well studied experimental for the last 80 years, is offered physical model and methods of the quantitative determination of the factor increasing to toughness for concrete at axial local compression within the framework of designed by V.N.Rudakov theories of the slide micropolarized ambiances for simple steady-state loads.

Ключевые слова: конструкционный бетон, жестко-пластическое тело, структурные элементы, микрополяризация, местное сжатие, упрочнение, коэффициент упрочнения ϕ_b , угол скольжения ϕ , гидродинамическая аналогия, плоскости скольжения, площадь поверхности.

Ранние исследования прочности бетона, проведенные немецкими учеными Геллером, Графом, Бахом и Баушингером показали [8], что прочность тяжелого бетона при осевом сжатии зависит, при прочих равных условиях, не только от состава бетона, но и от геометрических параметров опытных образцов: их формы, размеров, вида поперечного сечения, высоты и схемы нагружения.

При испытании на осевое сжатие опытных образцов квадратного поперечного сечения ими установлено:

1. Равномерное нагружение части площади верхнего торца опытных образцов высотой $h=\text{const}$, но переменного поперечного сечения, соосно через один и тот же жесткий стальной штамп площадью A_{loc} вызывает, по мере увеличения поперечных размеров образца, значительный рост прочности бетона (рис.1).

2. То же, но при постоянной площади поперечного сечения образца $A=\text{const}$, по мере роста высоты опытного образца h от b до $3b$, прочность бетона, напротив, уменьшается (рис.2).

Приведенные результаты опытных испытаний по оценкам специалистов носят принципиальный характер как при решении теоретических, так и практических задач [2, 3, 5, 11, 14, 17, 18]. Это связано, в первую очередь, с широкой областью применения этих результатов на практике.

Известно, что при передаче больших сосредоточенных нагрузок (опорных реакций) от тяжело нагруженных ферм, арок и балок мостов, промзданий на массивные бетонные опоры, стены или колонны; в зонах обжатия бетона напрягаемой арматурой с анкерами на концах; в местах опирания колонн высотных зданий на плитные или столбчатые фундаменты; в стыках сборных колонн под центрирующими прокладками; при опирании на фундаменты тяжелого технологического оборудования; при устройстве силового пола; взлетной и посадочной по-

лос на аэродромах; при опирании крепежных стоек в шахтах и горных выработках и в ряде других случаев требуется проверка прочности бетона на местное сжатие [2, 3, 5, 17, 18].

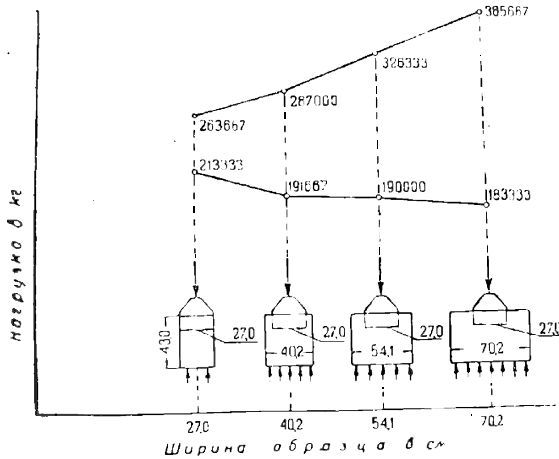


Рис.1 – Влияние уширения образца на среднюю величину временного сопротивления сжатию

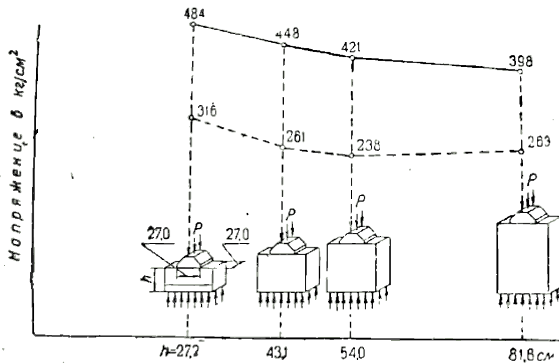


Рис.2 – Влияние увеличения высоты образца на величину временного сопротивления сжатию

Поэтому в нормах на проектирование бетонных и железобетонных конструкций начиная с 1934 г. включен раздел о расчете железобетонных элементов на местное действие нагрузки. Цель этого нормативного документа – дать проектировщику возможность в процессе проектирования объективно оценить степень надежности работы не-

сущей строительной конструкции, снизить, где это возможно, материалоемкость железобетонной конструкции и даже, при соответствующем обосновании, отказаться от местного косвенного армирования.

Нормативное уравнение упрочнения бетона при осевом местном сжатии по действующим нормам 1934 г. имело вид:

$$R_{bloc} = \alpha \cdot R_k \sqrt[3]{A_1 / A_{loc}}, \quad (1)$$

где $\alpha = 0,40$ – коэффициент надежности по бетону при осевом сжатии; R_k – кубиковая прочность; A_1 – полная площадь сечения конструкции; A_{loc} – площадь давления.

Эмпирическая формула (1) за прошедшие 75 лет незначительно изменила свой вид и в ныне действующих нормах [17] она представлена следующим образом:

$$R_{bloc} = 0,9\alpha \cdot \varphi_b \cdot R_b, \quad (2)$$

где $\alpha = 13,5R_{bt} / R_b$ – эмпирический коэффициент для бетона классов В25 и выше; R_{bt} , R_b – расчетные сопротивления бетона, соответственно, растяжению и сжатию; φ_b – коэффициент упрочнения бетона при осевом местном сжатии для бетонов классов В25 и выше

$$\varphi_b = \sqrt[3]{A_2 / A_{loc}} \leq 2,5, \quad (3)$$

где A_2 – расчетная площадь смятия, определяемая по СНиП [17].

По нормам России [18] формула (2) отличается незначительно, а именно

$$R_{bloc} = 0,9 \cdot \varphi_b \cdot R_b, \quad (4)$$

где φ_b – коэффициент упрочнения бетона, определяемый из выражения

$$\varphi_b = 0,8\sqrt{A_{b,max} / A_{loc}}, \quad (5)$$

принимаемый не более 2,5 и не менее 1,0; $A_{b,max}$ – максимальная расчетная площадь, определяемая по новым правилам [18].

Оценку приведенных формул (2)-(5) можно выполнить, по нашему мнению, по результатам сопоставительного анализа аналитических и опытных исследований, выполненного на кафедре строительной техники Каунасского политехнического института им. Антанаса Снечкусиса и защищенного на кафедре железобетонных конструкций ВИСИ (г.Вильнюс) В.В.Венцявичюсом [1]. Данные анализа, в первую очередь, показали неоднозначную зависимость коэффициента упрочнения φ_b от относительной высоты сжатой зоны бетона и непропорциональ-

ный его рост по мере увеличения отношения A_2 / A_{loc} и прочности R_b , а также более высокие (при $A_2 / A_{loc} \geq 32$ даже в несколько раз) его предельные значения.

Нами разработана методика аналитического определения R_{bloc} , концепция которой обусловлена квазипластическим разрушением бетона по плоскостям скольжения с учетом микрополяризации структурных элементов Полинга [10] (их ориентировки относительно оси действия внешнего усилия) при простом нагружении, сохранением физического и геометрического подобия систем плоскостей скольжения в условиях разрушения и неоднозначностью системы скольжения для схемы упрочняющегося жестко-пластического тела [7, 14, 19, 20].

Эта методика опирается на ряд строго доказанных теорем и предполагает точными методами [6, 7, 14-16, 19, 20].

Коэффициент упрочнения бетона φ_b здесь предлагается вычислять по формуле

$$\varphi_b = \frac{R_{bloc}}{R_b} = \frac{\mu \Sigma A_{bsloc}}{\mu A_{bs}} = \frac{\Sigma A_{bsloc}}{A_{bs}}, \quad (6)$$

где μ – удельное молекулярное сцепление между плоскостями скольжения (по границам блоков скольжения или огибающих линий скольжения), вызванное межатомным взаимодействием [19] структурных элементов бетона; ΣA_{bsloc} – интегральная поверхность скольжения по границам блоков скольжения при осевом местном сжатии бетона; A_{bs} – то же, но при осевом сжатии бетонного образца.

Примерно по такой же схеме академиком Ю.М.Работновым [14] определено оптимальное натяжение p при холодном волочении стальной полосы, или еще проще, может быть определено упрочнение многосрезного стального болта при n количестве срезов по сравнению с односрезным болтом [9].

Для реализации выражения (6) изначально необходимо знать угол скольжения бетона φ и систему плоскостей скольжения при осевом сжатии опытных стандартных кубика и призмы.

Применение гидродинамической аналогии к конструкционным бетонам позволяет успешно решить эти задачи, поскольку с физической точки зрения, как известно [21], «...Если деформация сдвига переходит в пластическую, то происходит перемещение одних слоев тела вдоль других. Таким образом, пластическая деформация сдвига отчасти сходна с течением жидкости: при течении жидкости ее слои непре-

равно сдвигаются один вдоль другого».

На рис.3, 4 приведены схемы разрушения бетонного кубика и призмы при осевом сжатии без устранения трения по торцам образцов [4, 12, 13]. Обязательным условием парных испытаний является идентичность состава бетона для обоих образцов, формы и площади поперечного сечения, условий и срока твердения.

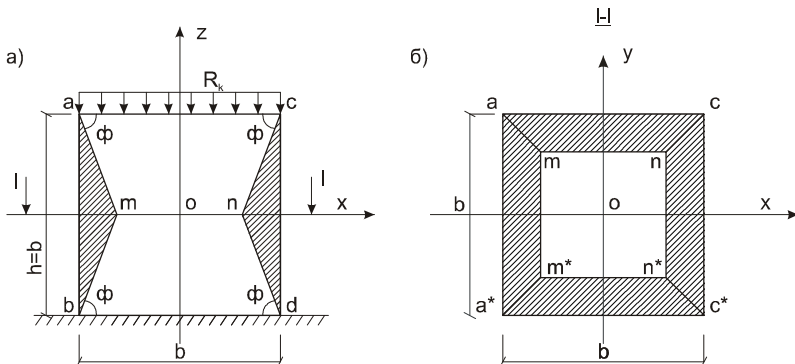


Рис.3 – Схема разрушения бетонного кубика при осевом сжатии:
а – продольный разрез; б – поперечный разрез I-I на плоскости XOY

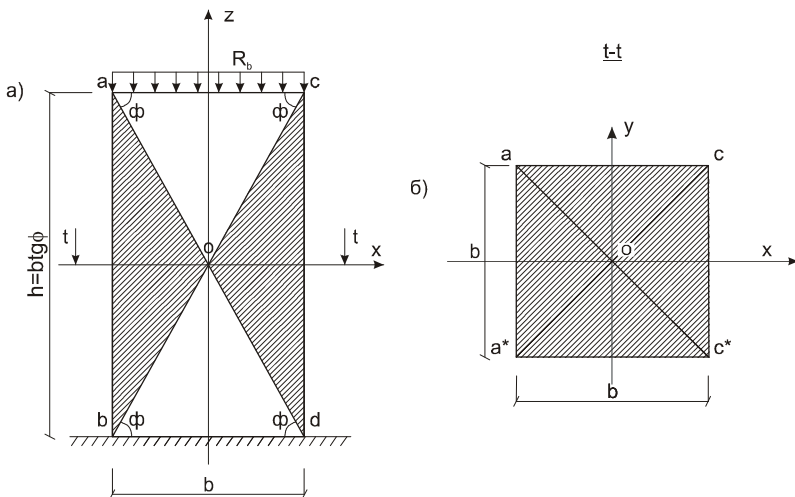


Рис.4 – Схема разрушения бетонной призмы при осевом сжатии:
а – продольный разрез; б – поперечный разрез t-t на плоскости XOY

Угол скольжения (разрушения) ϕ_i (константа i -го состава бетона)

определяется согласно гидродинамической аналогии, из условия равенства силового потока на стадии разрушения бетонных образцов, проходящего через их площадь поперечного сечения, ограниченную плоскостями скольжения, т.е.

$$A_b \times |\bar{R}_b| = A_k \times |\bar{R}_k|, \quad (7)$$

где R_b , R_k – соответственно призмная и кубиковая прочности бетона;

$$A_b = b^2, \quad (8)$$

– площадь поверхности скольжения (разрушения) призмы на плоскости XOY;

$$A_k^* = b^2 \frac{b^2 (\operatorname{tg} \varphi - 1)^2}{\operatorname{tg}^2 \varphi} = \frac{b^2 (2 \operatorname{tg} \varphi - 1)}{\operatorname{tg}^2 \varphi}, \quad (9)$$

– то же, но кубика.

Преобразуя равенство (7) с учетом (8) и (9) и соотношения опытных значений

$$R_k / R_b = f, \quad (10)$$

будем иметь

$$\operatorname{tg}^2 \varphi - 2 f \operatorname{tg} \varphi + f = 0. \quad (11)$$

Решая уравнение (11), получим

$$\operatorname{tg} \varphi = f + \sqrt{f(f-1)}. \quad (12)$$

Например, при $f = 1,25$ – $\varphi = 61,07^\circ$;

$$f = 1,35 \quad - \quad \varphi = 63,86^\circ;$$

$$f = 1,45 \quad - \quad \varphi = 66,11^\circ;$$

$$f = 1,55 \quad - \quad \varphi = 67,99^\circ.$$

Из анализа систем плоскостей скольжения призмы и кубика следует отметить, что если при осевом сжатии бетонного образца плоскости скольжения проходят через центр тяжести сечения, или как говорят, проходят из «угла в угол», то бетон не упрочняется, например, призмная прочность $R_b = \min$, и, напротив, если при высоте образца $h < b \operatorname{tg} \varphi$ плоскости скольжения не проходят через центр тяжести, а упираются в жесткую область тела, т.е. когда силовые линии уплотняются, то в этом случае бетон упрочняется, например, кубиковая прочность тяжелого бетона $R_k > R_b$.

И в заключение, считаем необходимым привести формулы для вычисления поверхности плоскостей скольжения при осевом сжатии:

– призмы (рис.4):

$$A_{bs} = 2b^2 / \cos \varphi; \quad (13)$$

– кубика (рис.3):

$$A_{ks} = 2b^2(2 - \operatorname{ctg} \varphi) / \sin \varphi. \quad (14)$$

1. Венцявичюс В.В. О прочности бетонных элементов при центральном местном сжатии // Прочность бетона и железобетона: Науч. тр. вузов Литовской ССР. Вып.10 «Железобетонные конструкции». – Вильнюс, 1980. – С.83-95.

2. Гвоздев А.А., Дмитриев С.А., Гуца Ю.П. и др. Новое в проектировании бетонных и железобетонных конструкций / Под ред. А.А.Гвоздева. – М.: Стройиздат, 1978. – 204 с.

3. Голышев А.Б. и др. Проектирование железобетонных конструкций / Под ред. А.Б.Голышева. – 2-е изд., перераб. и доп. – К.: Будівельник, 1990. – 544 с.

4. ГОСТ 10180-90. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП, 1990. – 42 с.

5. Железобетонные и каменные конструкции / В.М.Бондаренко, Р.О.Бакиров, В.Г.Назаренко, В.И.Римшин; Под ред. В.М.Бондаренко. – 4-е изд., доп. – М.: Высш. шк., 2007. – 887 с.

6. Ильюшин А.А. Пластичность. Ч.1. Упруго-пластические деформации. – Л.: Гостехиздат, 1948. – 376 с.

7. Качанов Л.М. Основы теории пластичности. – М.: Наука, 1969. – 420 с.

8. Нилендер Ю.А. Механические свойства бетона и железобетона Т.IV. Железобетонные конструкции / Гл. ред. тома Г.Ф.Кузнецов. – М. - Л.: Промстройпроект, 1935. – С.25-68.

9. Опір матеріалів / Г.С.Писаренко, О.Л.Квітка, Е.С.Уманський; За ред. Г.С.Писаренка. – 2-ге вид., допов. і переробл. – К.: Вища шк., 2004. – 655 с.

10. Полинг Л. Общая химия: Пер. с англ. – М.: Мир, 1974. – 848 с.

11. Перельштейн Н.Л., Френкель Н.М. Подбор сечений. Т.IV. Железобетонные конструкции / Гл. ред. тома Г.Ф.Кузнецов. – М. - Л.: Промстройпроект, 1935. – С.115-176.

12. Рудаков В.Н. О механизме деформирования кристаллического (поликристаллического) квазиизотропного тела в рамках атомистического мировоззрения // Механіка і фізика руйнування будівельних матеріалів і конструкцій: Зб. наук. праць. Вип.6. – Львів: Каменяр, 2005 – С.127-139.

13. Рудаков В.Н., Абракитов Д.В. О принципе самоупрочнения при осевом сжатии безинерционной нагрузкой стандартной бетонной призмы по мере снижения ее высоты // Механіка і фізика руйнування будівельних матеріалів та конструкцій: Зб. наук. праць. – Вип.8. – Львів: Каменяр, 2009. – С.245-259.

14. Работнов Ю.М. Механика деформируемого твердого тела. – М.: Наука, 1979. – 744 с.

15. Седов Л.И. Методы подобия и размерности в механике. – М.: Наука, 1977. – 440 с.

16. Соколовский В.В. Статика сыпучей среды. – М.: Гостехиздат, 1954. – 276 с.

17. СНиП 2.03.01-84*. Бетонные и железобетонные конструкции / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1989. – 80 с.

18. СП 52-101-203. Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры. – М.: ГУП «НИИЖБ» Госстроя России, 2004. – 55 с.

19. Физика. Большой энциклопедический словарь / Гл. ред. А.М.Прохоров. – 4-е изд. – М.: Большая Российская энциклопедия, 1999. – 944 с.

20. Хилл Р. Математическая теория пластичности: Пер. с англ. – М.: Гостехиздат,

1956. – 408 с.

21.Элементарный учебник физики. В 3-х т. / Под ред. Г.С. Ландсберга. Т.1. Механика. Теплота. Молекулярная физика. – 10-е изд., перераб. – М.: Наука, 1985. – 608 с.

Получено 27.11.2009

УДК 628.517

Я.О.СЕРИКОВ, канд. техн. наук, О.М.ПАРХОМЕНКО

Харківська національна академія міського господарства

Е.М.БУДЯНСЬКА, канд. мед. наук

НДІ гігієни праці та профзахворювань ХНМУ, м.Харків

ГІГІЄНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ НА ВІТРОЕЛЕКТРИЧНІЙ СТАНЦІЇ

Розглядається тенденція застосування нетрадиційних відновлювальних джерел енергії. Аналізуються групи шумів, які генерує вітроенергетична установка. Досліджено умови праці основних професійних груп.

Рассматривается тенденция применения нетрадиционных возобновляемых источников энергии. Анализируются группы шумов, которые генерирует ветровая энергетическая установка. Исследованы условия работы основных профессиональных групп.

The tendency of use of nonconventional renewed energy sources is considered. Groups of noise which are generated with wind power installation are considered. Working conditions of the basic professional groups are investigated.

Ключові слова: вітроелектрична станція, група шумів, негативний вплив, вимірювання шуму, атестація робочих місць, умови праці.

У всьому світі спостерігається підвищений інтерес до використання у різних галузях промисловості нетрадиційних відновлювальних джерел енергії (НВДЕ). Це пов'язано, насамперед, із зростанням цін на паливо та гострою необхідністю охорони навколишнього середовища, в якому людина працює, мешкає та відпочиває. Одним із перспективним видів НВДЕ, що активно розвиваються, є вітроенергетика.

Статистичні дані свідчать про наступне. Середньорічний приріст світової вітроенергетики становить в середньому 26-27% і є найбільшим у порівнянні з іншими джерелами енергії [1]. На кінець 2005 р. загальна потужність світового вітроенергетичного парку досягла 59322 МВт (рис.1), за 30 років розвитку вона зросла майже у 30 тис. разів. Приріст потужності світового парку вітроенергетичних станцій (ВЕС) за 2005 р. становить 11769 МВт (25%) .

У березні 2006 р. Кабінет Міністрів Україні затвердив «Енергетичну стратегію України на період до 2030 р.», яка, зокрема, передбачає зниження щорічного споживання газу в Україні [2], збільшення обсягів виробництва електроенергії за рахунок атомних і теплоелектростанцій на власному ядерному паливі та вугіллі. Разом з тим велика увага при-