

УДК 691.327.332

В.П. ВЫЛЕГЖАНИН<sup>1</sup>, канд. техн. наук, директор (info@stroypalata.ru),  
В.А. ПИНСКЕР<sup>1</sup>, канд. техн. наук, научный руководитель;  
Г.И. ГРИНФЕЛЬД<sup>2</sup>, исполнительный директор (greenfeld@mail.ru)

<sup>1</sup> Центр ячеистых бетонов (191023, г. Санкт-Петербург, ул. Зодчего Росси, 1/3)

<sup>2</sup> Национальная ассоциация производителей автоклавного газобетона (193091, г. Санкт-Петербург, Октябрьская наб., 40)

## Теоретические и экспериментальные обоснования расчета усилий при вырыве анкеров из газобетона

Дается методика расчета усилий вырыва профилированных анкеров из газобетона с теоретическими и экспериментальными обоснованиями. Теоретически обосновывается, что рост предельной величины усилия выдергивания анкера близок к прямо пропорциональной зависимости от глубины его анкеровки. Предельное усилие выдергивания анкера из газобетона есть суммарное сопротивление сил, препятствующих этому, так как эпюра касательных напряжений близка к прямоугольной. Приведенные формулы расчета усилий выдергивания анкеров позволяют рассчитывать усилия вырыва анкеров из газобетона с учетом его марки по плотности и кубиковой прочности или класса В прочности при сжатии, характеристики их профиля (резьбы). При расчете усилий учитывается разрушение газобетона под выступами профиля анкера в виде смятия или среза, а также его уплотнение раздробленными частицами цементно-песчаного камня, образовавшимися в процессе вворачивания анкера. Сопоставляются усилия выдергивания анкеров, полученные расчетным и экспериментальным путем.

**Ключевые слова:** анкеры, газобетон, усилие выдергивания анкера, цементно-песчаный камень.

V.P. VYLEGZPANIN, Candidate of Sciences (Engineering) (info@stroypalata.ru), Director,

V.A. PINSKER, Candidate of Sciences (Engineering), Research Manager; G.I. GRINFELD, Executive Director (greenfeld@mail.ru)

<sup>1</sup> The Cellular Concrete Center (1/3, Zodchego Rossi Street, Saint-Petersburg, 191023, Russian Federation)

<sup>2</sup> National Association of Autoclaved Aerated Concrete Manufacturers (40, Oktyabr'skaya Embankment, 193091, Saint-Petersburg, Russian Federation)

### Theoretical and Experimental Substantiations of Calculation of Forces for Pull-out of Anchors from Gas Concrete

Methods for calculation of forces required to pull-out profiled anchors from gas concrete are presented with theoretical and experimental substantiations. It is theoretically substantiated that the growth of limit value of the force required to pull-out an anchor is close to the directly proportional dependence on the depth of its anchoring. A limit force of anchor pull-out from gas concrete is the total resistance of forces preventing it because the shear stress diagram is close to the rectangular one. Presented formulae of calculation of forces required for anchor pull-out make it possible to calculate the forces of anchor pull-out from gas concrete with due regard for its density grade and cubic strength or the class B of compressive strength, characteristic of their profile (thread). When calculating forces, it is necessary to take into account the destruction of gas concrete under the profile picks in the form of shear or cutoff as well as its compaction by fractured particles of cement-sand stone formed in the process of screwing of the anchor. Forces of anchors pull-out obtained by calculation or experimentally are compared.

**Keywords:** anchors, gas concrete, force of anchor pull-out, cement-sand stone.

В настоящее время блоки из автоклавного газобетона широко применяются как в малоэтажном строительстве при возведении стен, так и в многоэтажных зданиях при заполнении железобетонных каркасов.

Широкое использование при монтаже и построечной сборке навесных фасадов, фасадной облицовки и других конструкций определяет актуальность вопроса о надежности их крепления с помощью анкеров к газобетонным стенам в зависимости от прочности, плотности газобетона.

С момента широкого применения изделий из автоклавного газобетона испытывались различные виды анкерных креплений с целью определения усилий их выдергивания.

Однако никаких теоретических обоснований и формул предложено не было. Проведенные испытания показали, что прочность на срез (перпендикулярно оси анкера), как правило, больше, чем на вырыв (выдергивание). Поэтому осевая прочность как слабое звено явилась предметом исследований, так как при использовании анкерных креплений для навесных фасадов последние подвергаются значительным усилиям от ветрового отсоса, доходя до 100 кгс/м<sup>2</sup>, что и определяет необходимость разработки теоретических и практических аспектов прочности на вырыв анкеров из автоклавного газобетона.

Выбор физической модели, описывающей работу анкера при его выдергивании из газобетона, опирается на следующие закономерности, установленные в результате испытаний:

1. Рост предельной величины усилия выдергивания анкера  $N_a$  близок к прямо пропорциональной зависимости от глубины его анкеровки.

2. Предельное усилие выдергивания анкера из газобетона есть суммарное сопротивление сил, препятствующих этому.

Анализ показал, что указанным закономерностям наиболее полно удовлетворяет трехслойная модель связью между поверхностью заанкеренной части анкера и газобетоном. Согласно этой модели сдвиговая податливость по контактной поверхности анкера выше, чем по любой площадке внутри газобетонного массива, что не противоречит опытным данным.

Касательные напряжения сцепления  $\tau_{cv}$ , возникающие по длине заанкеренной части анкера при его выдергивании, в рамках принятой модели численно равны силе сопротивления сдвигу, возникающей на единице площади контакта. Если предположить, что  $\tau_{cv} = \kappa \cdot \Delta$ , где  $\Delta = \bar{\Delta}(z)$  – продольное смещение анкера в сечении с координатой  $z$  (рис. 1);  $\kappa$  – коэффициент жесткости связей, препятствующих сдвигу, то, решив соответствующее дифференциальное уравнение  $\frac{d^2 \Delta_a}{dz^2} - \alpha^2 \Delta_a = 0$ ,

где  $\alpha = \sqrt{\frac{4\kappa}{E_a \cdot d}}$ ,  $E_a$  – модуль упругости материала анкера;  $d$  – диаметр анкера; согласно работе [1]:

$$\tau_{cv} = \frac{\alpha \cdot N_a \cdot ch \cdot [\alpha \cdot (l_a - z)]}{\pi \cdot d \cdot sh \cdot \alpha \cdot l_a} \quad (1)$$

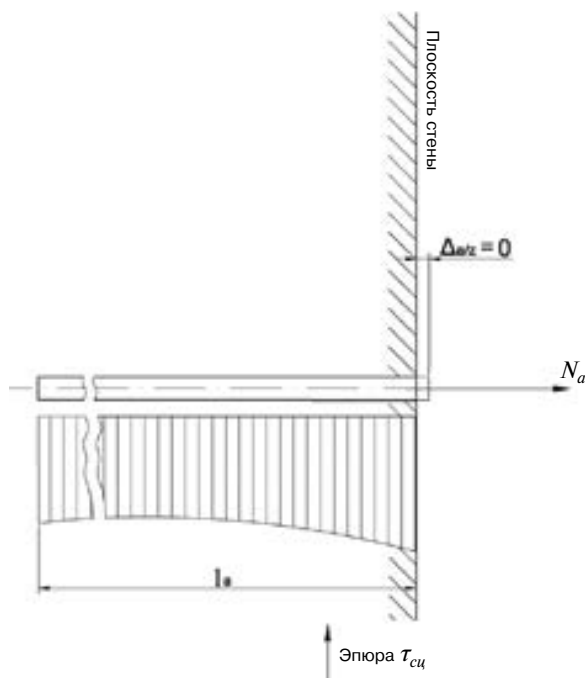


Рис. 1. Распределение касательных напряжений  $\tau_{сц}$  по длине части анкера в газобетоне от действия продольной силы  $N_a$

Выполненный по ф. (1) численный анализ изменения величин касательных напряжений по всей длине  $l_a$  в газобетоне стальных анкеров диаметром от 4 мм и более показал, что их величины меняются незначительно (рис. 1), т. е. эпюра касательных напряжений близка к прямоугольной.

Такой характер распределения касательных напряжений позволяет принять, что при расчете усилий  $N_a$  выдергивания анкера газобетонные выступы, образованные профилями анкера, по всей длине его заделки оказывают одинаковое сопротивление.

Сдвиговая податливость определяется для профилированного анкера прочностью и деформативностью газобетона, заполняющего впадины профиля ее поверхности.

В настоящей статье рассматриваются только профилированные анкеры. Прочность их сцепления с газобетоном выше, чем у анкеров с гладкой поверхностью.

При определении усилия, воспринимаемого выступом при смятии, исходим из результатов численного анализа напряженно-деформированного состояния газобетона, находящегося между выступами профиля анкера. Он показал [2], что линии главных напряжений (рис. 2), возникающих под выступами профиля, по своему характеру схожи с аналогичными линиями, возникающими под цилиндрическим плоским штампом при его вдавливании в хрупкий материал (рис. 2).

Эта аналогия прослеживается и в характере зависимостей между усилиями и смещениями  $N_a-\Delta$  (рис. 3) при вдавливании штампа [3], вытягивании анкера [4].

Известно, что напряженное состояние бетона под вдавливаемым цилиндрическим штампом можно охарактеризовать как всестороннее сжатие [3]. Напряжения в материале под штампом достигают значений, соответствующих переходу бетона в пластическое состояние, соответствующее его смятию [4]. Это вызывает необратимые смещения штампа, относительная величина которых на порядок выше упругих [5], что позволяет не учитывать в расчетах последние.

С увеличением усилий выдергивания зона пластически деформируемого бетона под штампом увеличивает-

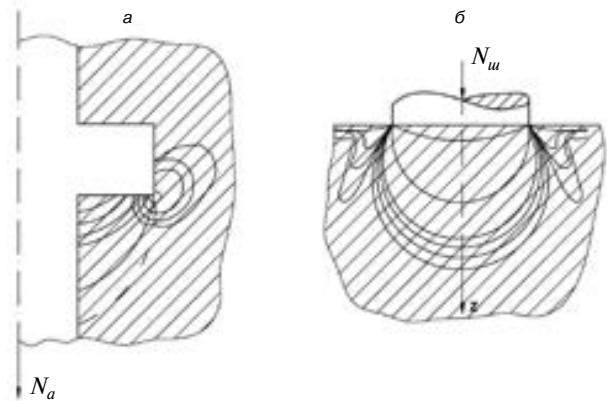


Рис. 2. Изолинии главных нормальных напряжений, возникающие: а – в бетоне под выступом профиля анкера; б – в хрупком материале под жестким плоским цилиндрическим штампом

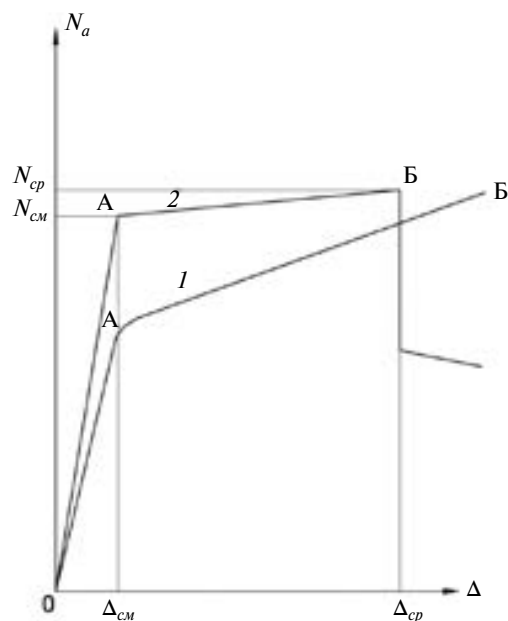


Рис. 3. Зависимости смещений от усилий при вдавливании цилиндрического штампа (кривая 1), выдергивании анкера (кривая 2).

ся и в итоге приобретает форму криволинейного сегмента (рис. 4), прилегающего к поверхности полушеры диаметром  $d_c \approx d_u$  – диаметру штампа с высотой, примерно равной  $d_u$  [2].

Усилие вдавливания штампа в бетон на этом этапе загрузки, как показали экспериментальные исследования [3], связано с его перемещениями прямолинейной зависимостью (рис. 3, кривая 1, участок 0–А). Дальнейшее возрастание усилия вдавливания приводит к резкому увеличению смещения штампа, излом этой кривой в точке А соответствует образованию радиальных микротрещин (рис. 4), или к дальнейшему разрастанию пластически деформируемой (сминаемой) зоны [4]. Под штампом бетон пластически деформируется, уплотняется (сминается) за счет необратимого вытеснения воздуха из микро- и макропор со сдвигом материала по периметру выступа профиля.

Из аналогии зависимостей  $N_a-\Delta$  (рис. 3) и характера линий главных напряжений при вдавливании штампа и выдергивании анкера (рис. 2) следует, что газобетон под выступами его профиля тоже пластически деформируется при некотором значении усилия  $N_a = N_{cm}$ . Объем пластически деформируемого газобетона в про-

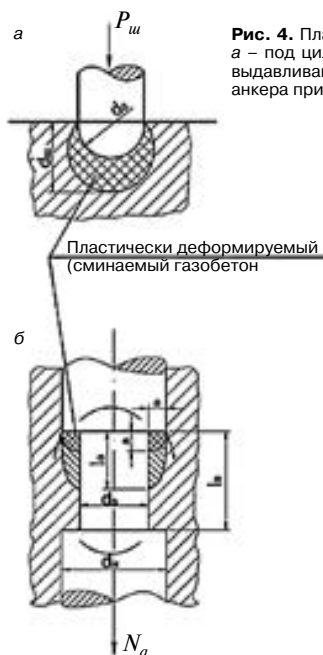


Рис. 4. Пластические деформации бетона: а – под цилиндрическим штампом при его выдавливании; б – под выступами профиля анкера при ее вытягивании

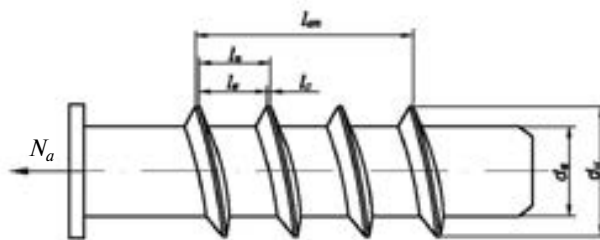


Рис. 5. Характерные размеры профиля анкера, используемые при расчете усилий его выдергивания

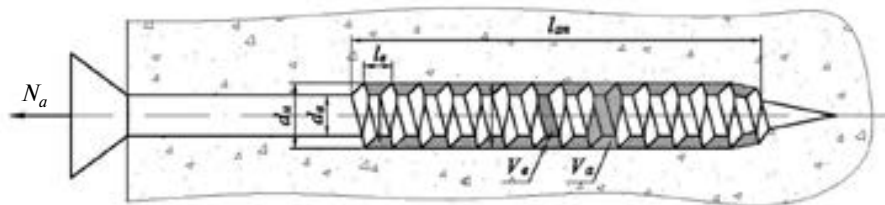


Рис. 6. Характерные размеры профиля бесканального анкера, используемые при расчете усилий его выдергивания

пессе вытягивания анкера формируется в виде части вытянутого сегмента эллипсоида, высота которого исходя из работы [1, 6] может быть принята примерно равной высоте профиля (рис. 4). За счет уплотнения сминаемого газобетона происходит смещение выступа профиля анкера. На кривой  $N_a-\Delta$  (рис. 3) этот момент соответствует ее излому в точке А.

Анкеры, применяемые для крепления конструкций, изделий к газобетонным стенам, крепятся путем его вворачивания с помощью винтовой нарезанной на нем резьбы (винтового профиля).

Анкеры или их дюбеля, которые вворачиваются в газобетон в предварительно высверленный канал, относятся к канальным анкерам (рис. 5).

Анкеры, которые вворачиваются в газобетон без предварительного высверленного канала, относятся к бесканальным анкерам. К таким анкерам относятся шурупы, саморезы и т. д. (рис. 6).

В настоящей методике расчета усилий выдергивания из газобетона канальных и бесканальных анкеров используются следующие геометрические характеристики:  $d_n$  – наружный диаметр винтового профиля анкера;  $d_a$  – внутренний диаметр винтового профиля анкера;  $l_n$  – расстояние между выступами профиля анкера;  $l_m$  – длина профилированного участка анкера, ввернутого в газобетон;  $l_c$  – толщина (длина) резьбы по наружному диаметру анкера;  $l_p$  – шаг резьбы (профиля) анкера.

Величина усилия выдергивания определяется сопротивлением газобетонных выступов, расположенных по всей его заделке в газобетон, разрушению, которое характеризуется их смятием или срезом. Характер разрушения выступа зависит от его размеров – длины выступа  $l_n$  и высоты, равной  $(d_n-d_a)/2$  (рис. 2). Длина выступа  $l_n = l_{n,ср}$ , при которой происходит его срез, определяется из равенства усилия  $N_{см} = N_{ср}$ , где  $N_{см}$ ,  $N_{ср}$  – усилия, воспринимаемые газобетоном при смятии или срезе соответственно.

Как показали исследования, напряжение  $R_{см}$ , соответствующее смятию газобетона под выступом профиля анкера, находится в прямо пропорциональной зависимости от его кубиковой прочности при сжатии  $R$ .

$$R_{см} = K_{см} \cdot R, \text{ МПа}, \quad (2)$$

где:  $K_{см} = 1,7$  – коэффициент пропорциональности, характеризующий сопротивление газобетона смятию. Коэффициент  $K_{см}$  получен при приведении к кубиковой прочности расчетного сопротивления смятию газобетона  $R_{с,сж} = 1,2 R_{сж}$ , где  $R_{сж}$  – расчетное сопротивление газобетона сжатию [7, 8].

При известной высоте выступа профиля анкера, равной  $(d_n-d_a)/2$  (рис. 5), и величины  $R_{см}$  определяется усилие смятия  $N_{см}$  газобетона под этим выступом по формулам:

$$N_{см} = 0,425\pi(d_n^2 - d_a^2) \cdot R, \text{ кгс}. \quad (3)$$

Предельное усилие сопротивления газобетонного выступа может определяться, кроме смятия газобетона, его срезом  $N_{ср}$ . Усилие среза выступа вычисляется по формуле:

$$N_{ср} = \pi \cdot d_n \cdot l_{ср} \cdot R_{ср}, \text{ кгс}, \quad (4)$$

где:  $l_{ср}$  – длина срезаемого газобетонного выступа;  $R_{ср}$  – сопротивление газобетона срезу.

Согласно [7] расчетное сопротивление газобетона срезу  $R_{ср} = 2R_{сж}$ , где  $R_{сж}$  – расчетное сопротивление газобетона растяжению. Приведа  $R_{сж}$  и  $R_{сж}$  к средней кубиковой прочности газобетона при сжатии  $R$  или к его классу прочности на сжатие  $B$ , получим:

$$R_{ср} = 0,26R = 0,37B, \text{ МПа}. \quad (5)$$

Формула (4) для вычисления усилия среза выступа примет вид:

$$N_{ср} = 0,26\pi \cdot d_n \cdot l_{ср} \cdot R = 0,37\pi \cdot d_n \cdot l_{ср} \cdot B, \text{ кгс}, \quad (6)$$

Максимальная длина бетонного выступа  $l_{ср}^{\max}$ , при которой происходит его срез, определяется из равенства  $N_{ср} = N_{см}$ . Подставив в это равенство (4) и (6), получим:

$$l_{ср}^{\max} = 1,63d_n \cdot \left(1 - \frac{d_a^2}{d_n^2}\right), \text{ см}. \quad (7)$$

При  $l_n \leq l_{ср}^{\max}$ , где  $l_n$  – длина срезаемого газобетонного выступа, газобетон срезается без его смятия,  $l_{ср} = l_n$ ; а при  $l_n > l_{ср}^{\max}$  газобетон под выступом профиля вначале

Марка газобетона по плотности	Кубиковая прочность при сжатии газобетона R (при влажности 10%), МПа	Усилия выдергивания анкера Sormat КВТ6		Усилия выдергивания анкера УК 6×70	
		Расчетное, кгс	Экспериментальное, кгс	Расчетное, кгс	Экспериментальное, кгс
D300	2,01	85,2	74,3	41,8	38,4
D400	2,81	117,2	107	69,7	63,9
D500	3,21	135	142	86,3	93,2
D600	5,87	221	237	180,5	185

сминается  $l_{a,cp} = l_{a,cp}^{\max}$ . Смятие газобетона сопровождается ростом необратимых смещений анкера относительно массива газобетона. Эти смещения будут возрастать, пока оставшаяся часть несмятого газобетонного выступа не достигнет значения  $l_{a,cp}^{\max}$ , после чего произойдет срез на несмятой части выступа. Усилие среза газобетонного выступа, вычисляемого по ф. (4), и будет определять максимальную величину усилия, воспринимаемого газобетонным выступом, образуемым профилем анкера.

Расчетное усилие  $N_{an}$  при срезе выступов, воспринимаемое частью анкера, ввернутого в газобетон  $l_{an}$ , определяется по формуле:

$$N_{an} = 0,08\pi \cdot d_n \cdot l_{a,cp} \cdot R_n \cdot k_p, \text{ кгс}, \quad (8)$$

где  $n = \frac{l_{an}}{l_e + l_c}$  — количество выступов профиля анкера, ввернутого в газобетон.

Коэффициент  $k_p = \rho_y / \rho$  учитывает отношение возросшей плотности газобетона  $\rho_y$  в объеме  $V_a$ , расположенного между выступами профиля, приходящегося на участок анкера длиной  $l_n$  (шаг профиля) (рис. 5),  $V_a = 0,25\pi \cdot l_e \cdot (d_n^2 - d_e^2)$ . Плотность газобетона возрастает за счет заполнения его пор раздробленными частицами цементно-известково-песчаного камня (ЦИП-камня). Объем частиц раздробленного ЦИП-камня равен объему приходящегося на часть анкера длиной  $l_n$  (шаг профиля), диаметром  $d_n, V_h = 0,25\pi \cdot l_n \cdot d_n^2$ .

Плотность уплотненного газобетона в объеме находится из равенства  $V_a \cdot \rho_y = \rho \cdot V_n$ :

$$\rho_u = \rho \cdot \frac{V_h}{V_a} = \frac{\rho \cdot l_n}{l_e \cdot K_d}, \quad (9)$$

$$\text{где } K_d = 1 - \frac{d_e^2}{d_n^2}.$$

При заполнении всех пор газобетона в объеме  $V_a$  раздробленным камнем стенок пор объема  $V_h$  плотность в нем достигает максимального предельного значения  $\rho_m$  и находится из равенства:

$$V_a \cdot \frac{\rho_m}{\rho_k} = \left(1 - \frac{\rho_m}{\rho_k}\right) \cdot V_h; \quad (10)$$

$$\rho_m = \frac{\rho_k \cdot K_d}{\frac{l_n}{l_e} + K_d}$$

где  $\rho_k$  — плотность ЦИП-камня.

$$\rho_k = \frac{\rho}{\frac{P_c}{\gamma_c} + \frac{P_u}{\gamma_u} + \frac{P_n}{\gamma_n}}, \text{ кг/м}^3, \quad (11)$$

где:  $P_c, P_u, P_n$  — вес цемента, извести, песка в сухом состоянии соответственно, используемых для изготовления 1 м<sup>3</sup> газобетона плотностью  $\rho$ ;  $\gamma_c, \gamma_u, \gamma_n$  — объемные веса цемента, извести, песка в сухом состоянии.

При достижении плотности  $\rho_m$  в объеме  $V_a$  под давлением, которая возникает при вворачивании анкера, раздробленный ЦИП камень уплотняется, разрушая оболочку пор объема  $V_a$ , что приводит к снижению прочности газобетона при выдергивании анкера (эффект проворачивания анкера). Следовательно, чтобы анкер не проворачивался, должно удовлетворяться условие  $\rho_u < \rho_m$ .

Формулы (9), (10) применимы для расчета бесканальных анкеров. При расчете канальных анкеров, для которых просверливается предварительно канал диаметром  $d_n = d_e$ :

$$\rho_u = \rho \cdot \frac{V_h}{V_a} = \rho \cdot \frac{l_h}{l_e}, \quad (12)$$

$$\rho_m = \frac{\rho_k}{\frac{l_h}{l_b} + 1}. \quad (13)$$

Результаты расчета усилий выдергивания анкеров из газобетона по приведенным формулам сопоставлялись с экспериментальными результатами. Испытания проводились в лаборатории завода «Аэрок-СПб». Испытывался пластмассовый анкер-дюбель Sormat К8Т6 с распорным шурупом-саморезом 6×70.

Анкер имел резьбу (профиль) со следующими геометрическими параметрами (рис. 5):  $d_n = 14,5$  мм;  $d_e = 10$  мм;  $l_e = 8$  мм;  $l_n = 9$  мм; газобетон марки D300;  $R = 2,01$  МПа = 20,1 кг/см<sup>2</sup>.

Анкер канальный устанавливался в просверленный канал  $d_k = 10$  мм.

Расчет усилия выдергивания анкера  $N_a$ .

1. По ф. (7) вычисляется предельная длина бетонного выступа (в см), при которой он срезается:

$$l_{a,cp}^{\max} = 1,63 \cdot 1,45 \cdot \left(1 - \frac{1}{1,45^2}\right) = 1,24 \text{ см. Так как } l_e = 0,8 < l_{a,cp}^{\max} = 1,24,$$

газобетонный выступ срезается.

2. Вычисляется увеличение плотности газобетона в объеме  $V_a$ . Так как диаметр канала  $d_k = d_e$ , коэффициент

$$K_d = 1, \text{ по ф. (9) получим: } \rho_u = \rho \cdot \frac{l_n}{l_e} = 300 \cdot \frac{9}{8} = 337,5 \text{ кг/м}^3;$$

$$K_p = \frac{375,5}{300} = 1,12.$$

3. По ф. (10) вычисляется максимально предельная плотность газобетона  $\rho_m$  для анкера с такими геометрическими размерами при  $\rho_k = 2940$  кг/м<sup>3</sup>:

$$\rho_m = \frac{2940 \cdot 1}{1,12 + 1} = 1387 \text{ кг/м}^3. \text{ Так как } \rho_u = 337,5 < \rho_m = 1387,$$

газобетонный выступ срезается.

4. По ф. (8) вычисляется усилие выдергивания  $N_a$ :

$$N_a = 0,26 \cdot 3,14 \cdot 1,45 \cdot 0,8 \cdot 20,1 \cdot \frac{3,6}{9} \cdot 1,12 = 85,2 \text{ кгс.}$$

Экспериментальное усилие  $N_a^z = 74,3$  кгс.

В качестве бесканального анкера для испытаний использовался анкер-саморез УК с неполной резьбой 6×70 (рис. 6) с геометрическими параметрами:  $d_n = 5,8$  мм,  $d_6 = 3,6$  мм,  $l_6 = l_n = 2,5$  мм; газобетон марки D500,  $R = 3,54$  МПа.

Расчет усилия выдергивания выполнялся в той же последовательности, что и предыдущего анкера. Получены следующие результаты:

$$l_6 = 0,25 < l_{6cp}^{\max} = 0,58 \text{ см.}$$

При D500  $\rho_c = 2850$  кг/м<sup>3</sup>;  $K_d = 0,615$ ;  $\rho_u = 813$  кг/м<sup>3</sup>;  $\rho_m = 1092$  кг/м<sup>3</sup>;  $K_p = 1,63$ ;  $\rho_u = 813 < \rho_m = 1042$  газобетон-

ный выступ срезается:

$$N_a = 94,5 \text{ кгс, } N_a^? = 100 \text{ кгс.}$$

В таблице приведены вычисленные и полученные экспериментальные усилия выдергивания анкеров для марок газобетона средней плотности D300, D400, D500, D600.

Значения, приведенные в таблице, доказывают, что предложенная расчетная зависимость прочности анкера – выдергивание хорошо аппроксимирует экспериментальные данные и может быть использована при проектировании.

#### Список литературы

1. Вылегжанин В.П. Определение деформаций элементов конструкций из сталефибробетона при растяжении и изгибе на различных стадиях загрузки. В кн.: Пространственные конструкции в гражданском строительстве. Л.: ЛенЗНИИЭП, 1982. С. 53–60.
2. Решетов Д.Н., Кирсанова В.Н. Касательная контактная податливость деталей // *Жесткость в машиностроении: Сб. науч. тр.* Брянск: БИТМ, 1971. С. 28–32.
3. Карпенко Н.И., Судаков Г.Н., Лейтес Е.С., Золотов А.Б. Напряженно-деформированное состояние бетона в зоне контакта с арматурой до и после образования контактных трещин. М.: НИИЖБ, 1979.
4. Шрейнер Л.А., Павлова Н.Н., Якушев В.П., Байдюк Б.В. Применение метода вдавливания для установления сопротивляемости горных пород разрушению при бурении и качественной оценки пластичности горных пород // *Сб. статей: Экспериментальные исследования в области разработки глубоких нефтяных месторождений.* М.: 1964.
5. Холмянский М.М., Ерин Н.Н. Исследование механизма сцепления арматуры периодического профиля с бетоном при помощи испытаний бетона на местное смятие. В кн.: Анкеровка арматуры в бетоне. М.: Стройиздат, 1969.
6. Холмянский М.М. Контакт арматуры с бетоном. М.: Стройиздат, 1981.
7. Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из ячеистых бетонов. М., 1986. (<http://aerobel.ru/upload/iblock/8f0/8f021f102cce1b1b6f6a2387f1279238.pdf>)
8. ГОСТ Р 53231–2008 «Бетоны. Правила контроля и оценки прочности». М.: Стандартинформ, 2009.

#### References

1. Vylegzhanin V.P. Opredelenie deformatsii elementov konstruktsii iz stalefibrobetona pri rastyazhenii i izgibe na razlichnykh stadiyakh zagruzheniya [Determination of deformation of structural elements of steel-fibro-concrete tensile and bending at different stages of load-

ing. In book Spatial design in civil engineering] Leningrad: LenZNIIEP. 1982, pp. 53–60.

2. Reshetov D.N., Kirsanova V.N Tangent contact details of the compliance. *The rigidity in mechanical engineering: Processing of scientific papers.* Bryansk: BITM. 1971, pp. 28–32. (In Russian).
3. Karpenko N.I., Sudakov G.N., Leites E.S., Zolotov A.B. Napryazhenno-deformirovannoe sostoyanie betona v zone kontakta s armaturoi do i posle obrazovaniya kontaktnykh treshchin [Stress-strain state of concrete in the zone of contact with the valve before and after the formation of the contact cracking]. Moscow: NIIZhB. 1979.
4. Shreiner L.A., Pavlova N.N., Yakushev V.P., Baidlyuk B.V. Application of the method to determine the indentation resistance to the destruction of rocks during drilling and qualitative assessment of the plasticity of rocks. *Collection of articles: Experimental studies on the development of deep oil fields.* Moscow. 1964. (In Russian).
5. Kholmyanskiy M.M., Erin N.N. Issledovanie mekhanizma sstepeniya armatury periodicheskogo profilya s betonom pri pomoshchi ispytaniyu betona na mestnoe smyatie. V kn. Ankerovka armatury v betone [Research fittings periodic profile of the clutch mechanism with the concrete using a concrete test on local bearing. In book: Anchoring reinforcement in concrete]. Moscow: Stroyizdat. 1969.
6. Kholmyanskiy M.M. Kontakt armatury s betonom [Contact reinforcement with concrete]. Moscow: Stroyizdat. 1981.
7. Benefit for the design of concrete and reinforced concrete structures from cellular concrete. Moscow. 1986. (<http://aerobel.ru/upload/iblock/8f0/8f021f102cce1b1b6f6a2387f1279238.pdf>) (In Russian).
8. ГОСТ Р 53231–2008 Бетон. Правила контроля и оценки прочности [Concrete. Rules for monitoring and evaluation of safety]. Moscow: Standartinform. 2009. (In Russian).



#### Химическая технология керамики

Авторы – коллектив ученых РХТУ им. Д.И. Менделеева под редакцией И.Я. Гузмана

Издание 2-е, исправленное  
М: РИФ «СМ». 2012 г. 494 с.

В пособии освещены вопросы современного состояния технологии основных видов керамических изделий строительного, хозяйственно-бытового и технического назначения, а также различных видов огнеупоров. Книга соответствует программе общего курса химической технологии керамики и огнеупоров при наличии также курсов соответствующих специализаций. Подробно изложены характеристика сырья, проблемы подготовки керамических масс и их формование, особенности механизмов спекания, а также дополнительные виды обработки керамики: металлизация, глазурирование, декорирование, механическая обработка.

Описаны механические, деформационные, теплофизические, электрофизические свойства керамических изделий, в том числе при высоких температурах.

Учебное пособие рассчитано на студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Химическая технология тугоплавких неметаллических и силикатных материалов» и специалистов, работающих в области технологии керамики и огнеупоров.

Тел./факс: (499) 976-22-08; 976-20-36  
[www.rifsm.ru](http://www.rifsm.ru)