

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

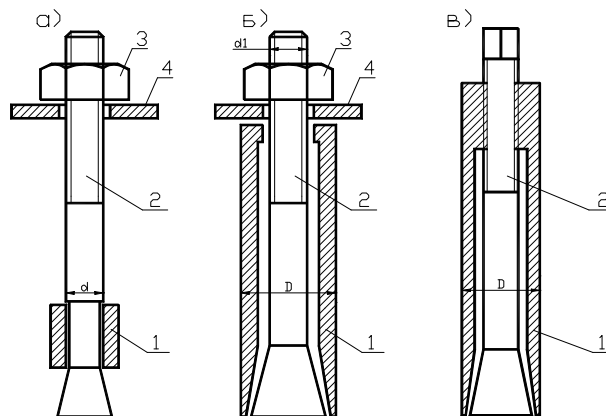
- СНБ 5.03.01-02. Конструкции бетонные и железобетонные. Нормы проектирования/ Министерство архитектуры и строительства. – Минск., Минскпроект, 2003 – 139 с.
- Krefeld W., Thureton C.W. Contribution of longitudinal steel to shear resistance of reinforced concrete beams. ACI Journal, Proceedings, 1966, 63, 325-344c.
- Taylor H. P. J. Investigation of the Dowel Shear Forces Carried by the Tensile Steel in Reinforced Concrete Beams. Cement and Concrete Association, London, 1969, Technical Report 431 publication 42. 431c.
- Bauman T. and Ruscn H. Versuche zum Studium der Verdubelungswirkung der Biegezugbewehrung eines Stahlbetonbalkes. In Deutscher Ausschuss fur Stahlbeton. Wilhelm Ernst und Sohn, Berlin, 1970, vol. 210.
- Houde J. and Mirza M. S. A finite element analysis of shear strength of reinforced concrete beams. In Shear in Reinforced Concrete. American Concrete Institute, Detroit, 1974, ACI Special Publication 42, vol. 1, pp. 103-128.
- Jimenez R., Gergeley P. and white R. N. Shear Transfer Across Cracks in Reinforced Concrete. Department of Structural Engineering, Cornell University, 1978, Report 78-4.
- Paschen H. and schonhqqf T. Untersuchungen uber in Beton eingelassene Stherbolzen aus Betonstahl. In Deutscher Ausschuss fur Stahlbeton. Wilhelm Ernst und Sohn, Berlin, 1983, vol. 346, pp. 105-149.
- Paulay T., Park R. and Phillips M. H. Horizontal construction joints in cast in place reinforced concrete. In Shear in Reinforced Concrete. American Concrete Institute, Detroit, 1974, ACI Special Publication 42, vol. 2, pp. 599-616.
- Dehn F., Heb T. Dowel action in high performance lightweight aggregate concrete – 1999, Lacer, No 4, pp. 203-215.
- Dei Poli S., Prisco M.D., Gambarova P.G. Stress field in web reinforcement concrete thin-webbed beams failing in shear/ Journ. St. Eng., v. 116, No 9, Sept., 1990 – pp. 2496-2515.
- Di Prisco D., Gambarova P.G. Validation of Animproved Truss Model for Shear in RC and PC Beams/ Study e Recherché, v. 15 Politecnico di Milano, 1994 – pp. 77-102.
- Vecchio F.D. Analysis of Shear-Critical Reinforced Concrete Beams/ ACI Struct. Journ., v. 97, No 1, Jan. – Feb., 2000 – pp. 102-110.
- Vintzeleou, Tassios Mathematical models for dowel action under monotonic and cyclic conditions Thesis submitted to the department of civil engineering, National technical university of Athens.
- Jelic I., Pavlovic M.N., Kotsosovs M.D. A study of dowel action in reinforced concrete beams/ Magazine of concrete research, v. 51, No 2, Apr., 1999 – pp. 131-141.
- Karim S. Rebeiz Shear strength prediction for concrete members/ ACI Journal, 1999, 3, pp. 301-308.
- ACI Committee 318 “Building code requirements for reinforced concrete ACI 318-89,” American Concrete Institute, Detroit, 1989, pp. 353.

УДК 624.014+624.011.78:692.2

**Мухин А.В., Драган В.И.,  
Зинкевич И.В., Луговской М.А.**

## РАСПОРНЫЕ АНКЕРЫ

В узловых соединениях строительных конструкций используются анкеры для сопряжения колонн к фундаментам, крепления опорных консолей балочных конструкций, подвесок технологического оборудования, трубопроводов, кабелей, плит утеплителя. Анкеры изготавливают из металла, пластмасс, модифицированной древесины. Анкеры устанавливаются выстреливанием в металл, бетон, кирпичную кладку, деревянные конструкции или в заранее просверленные отверстия в перечисленных материалах. Закрепление их осуществляется за счет распорных усилий и сил трения, возникающих вследствие взаимодействий на уровне молекул в химических и клеенных анкерах, механических воздействий при их установке, механического зацепления в резьбовых соединениях. Широко применяются анкерные болты распорного типа фирм “HUCK”, “BOSH”, “HILTI”, “FISHER”, “MUNGO” диаметром от 6 до 20 мм (рис 1). В Республике Беларусь конструкции самозанкеривающихся распорных болтов для строительства регламентируются ГОСТ 28778-90 «Болты самозанкеривающиеся, распорные для строительства. ТУ».



**Рис. 1.** Конструкции анкерных болтов распорного типа:  
1 – втулка; 2 – конический болт; 3 – гайка; 4 – шайба

*Мухин Анатолий Викторович, к.т.н., профессор каф. строительных конструкций Брестского государственного технического университета.*

*Драган Вячеслав Игнатьевич, к.т.н., профессор, первый проректор, зав. каф. строительных конструкций Брестского государственного технического университета.*

*Зинкевич Игорь Владимирович, к.т.н., доцент каф. строительных конструкций Брестского государственного технического университета.*

*Луговской Михаил Анатольевич, студент строительного факультета Брестского государственного технического университета.*

*Беларусь, БГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.*

В каталогах упомянутых фирм на анкеры приводятся данные о величине выдерживающего усилия, глубине заделки в различные основания и технологии установки. В России проводятся интенсивные исследования по созданию методики проектирования анкерных устройств различного типа (1, 2). Анкера распорного типа допускается устанавливать, кроме железобетонных и бетонных оснований, также в кладку из полнотелого кирпича. Анкеры в конструкциях креплений работают на восприятие с татических и динамических нагрузку. Допускаемое усилие на выдергивание для анкеров с распорными пластмассовыми деталями (рис.2) не превышает 5 кН. Для цельнометаллических анкеров его величина может достигать 15 кН даже в кирпичном основании. Как правило, прочность закрепления анкеров на выдергивание имеет запас не менее пяти при строгом соблюдении технологии установки в соответствующее основание. В узловых соединениях анкера могут работать как на осевые выдергивающие нагрузки, поперечные силы, так и сочетание осевых и поперечных сил.

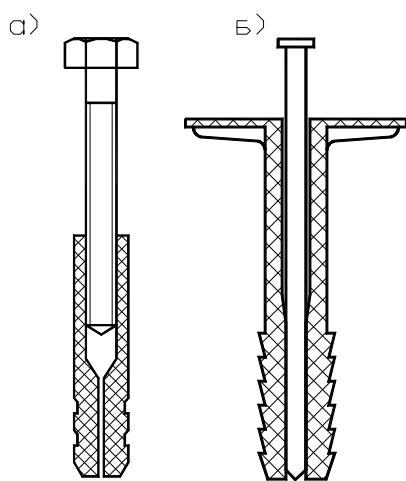


Рис. 2. Анкеры с распорными пластмассовыми деталями: а) – закручиваемый анкерный болт; б) – забиваемый анкер

При конструировании распорного анкерного соединения по известному усилию на выдергивание определяется сечение собственно анкера, назначается диаметр втулки и рассчитывается глубина ее заложения. Ниже приводятся расчетные формулы для определения глубины заделки анкеров типов «а», «б» в основания из тяжелых бетонов при работе их на выдергивание (1).

$$l_{d,1} = (0,75 \cdot d^2 + \frac{4,8 \cdot F}{\gamma \cdot f_{ctd}})^{0,5} - 0,85 \cdot d \geq 5d, \quad (1)$$

где  $d$  – диаметр анкерного болта, см;  $F$  – расчетная нагрузка на выдергивание, кН;  $\gamma$  – коэффициент, учитывающий длительное действие нагрузок;  $f_{ctd}$  – расчетное сопротивление бетона растяжению, МПа. Для анкера типа «б» и «в»  $d$  следует заменить на  $D/n$ , где  $n = D/d_1$ .

Жесткие элементы теплоизоляции, архитектурных детали, прогоны легких кровель допускается опирать на кронштейны, закрепленные анкерами в железобетонных конструкциях и кирпичных стенах (рис. 3).

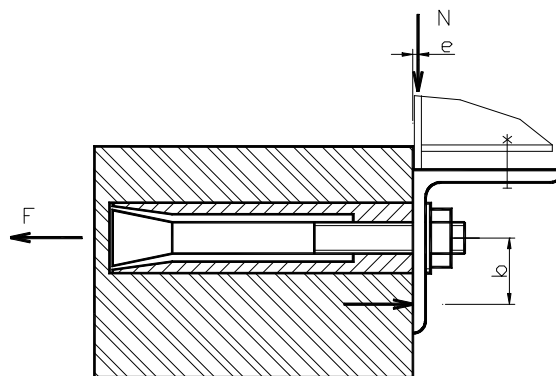


Рис. 3. Крепление кронштейна

При наличии перемещений кронштейна вдоль плоскости стены и большом угле поворота соединение принято относить к сдвигоподатливому, что вызывает напряжения изгиба и среза в нагеле и сложное напряженное состояние по длине защемления в стене. При отсутствии перемещений вдоль плоскости стены соединение считается сдвигоустойчивым, в котором поперечные нагрузки воспринимаются силами трения. Силы трения можно регулировать, затягивая гайки крепления кронштейнов динамометрическим ключом. Усилие  $F$  в анкере в соответствии с (1) можно вычислить по формуле:

$$F = N \cdot (\frac{\gamma_h}{\gamma_b \cdot \mu} + 2,25 \cdot e/b), \quad (2)$$

где  $N$  – поперечная сила, действующая на один анкер,  $\mu$  – 0,45(0,6) коэффициент трения стали по бетону (при установке кронштейна на тонкий слой раствора),  $\gamma_h = 1,7$  – коэффициент надежности,  $\gamma_b = 0,8$  – коэффициент условий работы соединения,  $e$  – расстояние от грани стены до оси приложения поперечной силы  $N$ ,  $b$  – расстояние от оси анкера до нижней пяты кронштейна (рис. 3). Рекомендуется анкерные устройства с болтами типа «а», «б» после установки в стену и до монтажа кронштейнов предварительно обжимать, затягивая при установке кронштейнов динамометрическим ключом до усилия  $F$ , что на треть уменьшает податливость узловое соединения. Нами предлагается конструкция анкера - тип «в» (рис.1), которая существенно уменьшит податливость подобных узловых соединений. Следует отметить отсутствие методики расчета и испытания анкеров (дюбелей) с пластмассовыми распорными элементами, которые широко применяются при строительстве зданий и тепловой их реабилитации в разных системах утеплений для крепления теплоизоляции из плитных материалов. Дюбеля производятся в соответствии с ТУ РБ 14536193.035-98. Большинство дюбелей, применяемых для крепления утеплителя в Беларуси, являются распорными, и поставляются из-за границы, причем иногда производства неизвестных фирм. Дюбеля забиваются в просверленные отверстия в стенах зданий и фиксируются в них с помощью распорных пластмассовых пробок, входящих в комплект. Необходимость испытаний на выдергивание анкеров-дюбелей для крепления плит утеплителя к стенам здания регламентируется требованиями п. 10.11 ПЗ-2000к СНиП 3.03.01-87 «Проектирование и устройство тепловой изоляции ограждающих конструкций жилых зданий» и связано с тем, что они не входят в перечень продукции, подлежащей обязательной сертификации. Усилие вырыва при статической нагрузке из бетонного основания и силикатного кирпича для всех типов дюбелей должно быть в соответствии с требованиями таблицы А7 П1-99 «Проектирование и устройство тепловой изоляции наружных стен методом «Термошуба» не

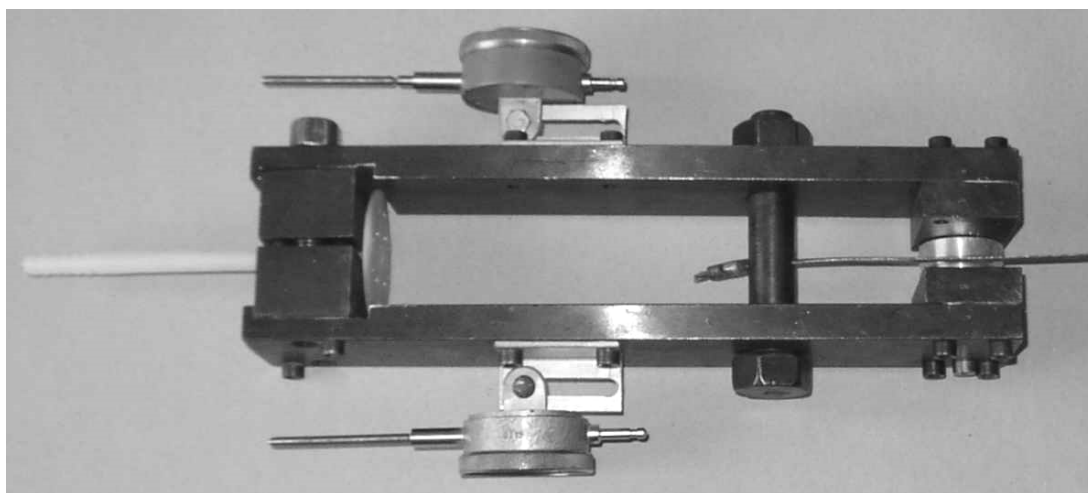


Рис. 4. Устройство для испытания анкеров на выдергивание

менее 400 Н. Требуется также контролировать усилие вырыва после воздействия на закрепленный анкер-дюбель воздействия климатического фактора в виде изменения температуры от  $-50^{\circ}\text{C}$  и  $+50^{\circ}\text{C}$  в течение 2 часов. При испытаниях необходимо выполнять следующие требования: усилие вырыва анкеров из подосновы следует проверять на каждом фасаде; контролю подлежат не менее чем 5 анкеров на каждые  $100\text{ м}^2$  площади системы утепления; при контроле следует использовать инструменты, обеспечивающие измерения усилий с точностью не менее 10 Н. Следует отметить отсутствие государственных стандартов РБ регламентирующих методику испытаний. Для испытания анкеров на выдергивание из стен было запроектировано и изготовлено специальное устройство, состоящее из захвата (рис. 4), троса, опорной рамы с блоком, загрузочной площадки. Нагрузка на выдергивание создавалась металлическими грузами, в состав которых входила загрузочная площадка, и стальные стандартные грузы из стали весом от 10 до 1 кг.

Схема испытаний на выдергивание из стен здания анкерных устройств приведена на рис. 5. Контроль за возможным перемещением анкера из стены под нагрузкой выполнялся двумя индикаторами ИЧ-10, которые удлинительными фиксировались на поверхности стены. Оборудование и методика испытаний анкерных устройств для крепления утеплителя было апробировано в 2003 году при контроле качества крепления утеплителя к стенам склада ПДО ОАО «Брестгазоаппарат». Утепление склада ПДО выполнялось плитами PAROC PLY-TA FAS-4 толщиной 80 мм и размерами в плане  $1200 \times 600$  мм. Плиты утеплителя крепились к стенам анкерными устройствами КК1-160 размерами  $10 \times 160$  мм (рис.2). Испытания дюбелей выполнялось после монтажа плит утеплителя на всем фасаде, после твердения раствора, крепящего теплоизоляционные плиты, и до устройства отделочного слоя. Выбор испытываемых анкеров на каждом фасаде производился случайным образом из условия их равномерного распределения по вертикали и горизонтали. Испытания выполнялись с монтажных подмостей и поверхности земли. При испытаниях анкеров на выдергивание из стен использовалось следующее оборудование: устройство для испытаний на выдергивание с комплектом грузов; индикаторы ИЧ-10; весы технические ВПТ-20; комплект гирь Г-4-1111; рулетка Р20УЗК; штангенциркуль ШЦЦ11; нагружение каждого анкера выполнялось в 10 этапов до усилия вырыва в 400 Н. На каждом этапе выдержка составляла 3 минуты. В начале и конце этапа нагружения выполнялось снятие отсчетов по индикаторам.

При изменении отсчетов по любому из индикаторов на  $0.01\text{ мм}$  в процессе испытаний на каждом из этапов, исключая

нагружение от 0 кг до 10 кг, анкерное устройство считается не выдержавшим испытание. При обнаружении анкеров, не выдержавших испытание на выдергивание на данном фасаде испытывается удвоенное число анкерных устройств. При обнаружении дюбелей и в этом случае не выдержавших испытание на выдергивание производится дополнительная их установка в количестве согласованном с проектной организацией выполняющей авторский надзор за утеплением стен.

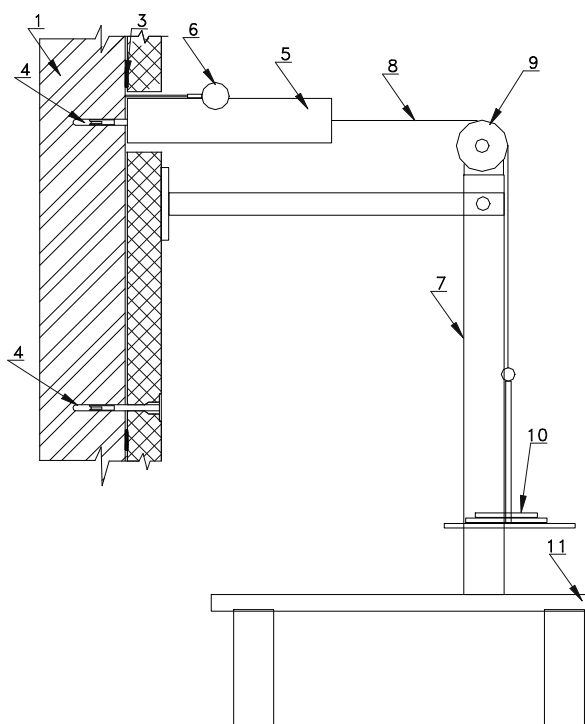


Рис. 5. Схема испытаний на выдергивание из стен здания анкеров:

1 – утепляемая стена; 2 – минераловатная плита повышенной жесткости FASROCK толщиной 80 мм и  $\lambda = 0,04\text{ Вт/м}\cdot^{\circ}\text{C}$ ; 3 – клеящий состав САРМАЛЕП; 4 – дюбель  $9 \times 160$  ТУ РБ 14536193.035-98; 5 – захват для выдергивания анкера из стены; 6 – индикатор ИЧ-10; 7 – опорная рама; 8 – тросик; 9 – блок опорной рамы; 10 – загрузочная площадка с грузами; 11 – подмости.

**ВЫВОДЫ**

1. Разработана методика испытаний анкерных устройств, позволяющая достоверно определить несущую способность крепления плит теплоизоляции к железобетонным, бетонным конструкциям, к кирпичным стенам.
2. Исследованы особенности работы анкеров распорного типа и приведены расчетные формулы для определения параметров, необходимых для проектирования анкерных устройств, закрепленных в бетонных основаниях – выдерживающего усилия, глубины заделки.

УДК 620.17:691.32

**Загуляев С.В.**

**ПРОЧНОСТНЫЕ И ДЕФОРМАТИВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА НА НАПРЯГАЮЩЕМ ЦЕМЕНТЕ**

В настоящее время широкое распространение получила методика варьирования составом (применение химических и минеральных добавок, снижение В/Ц) с целью увеличения самонапряжения, улучшения пластифицирующих свойств напрягающего бетона и повышения долговечности конструкций. В связи с этим существует задача определить, как применение этих методов отразится на таких характеристиках бетона как трещиностойкость (вязкость разрушения), прочность и деформативность бетона. Основное затруднение при определении этих характеристик связано с большим естественным разбросом прочностных и деформативных характеристик бетона. Существует несколько методик по определению характеристик трещиностойкости.

В данной статье образцы на определение характеристик вязкости разрушения рассчитывались по двум методикам. При первом подходе использовались методы теории упругости. Коэффициент интенсивности напряжений определялся по формулам [8]

$$K_I' = F_I''' \sigma_n \sqrt{\pi dc / D}, \tag{1}$$

где

$$F_I''' = \frac{1}{2} \left( 1 + \frac{1}{2} \lambda + \frac{3}{8} \lambda^2 - 0.363 \lambda^3 + 0.731 \lambda^4 \right) \times \left[ 1 + 0.1 \left( \frac{2c}{D} \right)^{1/2} \left( 1 - \frac{2c}{D} \right)^2 \right],$$

$$\lambda = \frac{d}{D}, \quad c = \frac{D-d}{2},$$

где  $d = 80 \text{ мм}$ ,  $D = 100 \text{ мм}$ ,  $c = 10 \text{ мм}$ .  $F_I'''$  - безразмерный коэффициент интенсивности напряжений.

При втором подходе разрушение бетона моделировалась исходя из энергетического и силового критериев разрушения. В соответствии с энергетическим критерием предполагается, что трещина переходит в новое положение, если при малом изменении ее поверхности выполняется неравенство

$$dA_F + dQ - dU > d\Gamma, \tag{2}$$

где  $dA_F$  - работа внешних сил,  $dQ$  - общий внешний приток тепла,  $dU$  - изменение полной внутренней энергии,  $d\Gamma$  - энергия, необходимая для образования новой поверхности.

Для получения энергетических критериев разрушения необходимо обеспечение полной равновесности механических испытаний. Это связано с необходимостью исключения

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Монастырев П.В. Технология устройства дополнительной теплозащиты стен зданий: Учебное пособие. - Изд. АСВ, М., 2002 – 160 с.
2. Грановский А.В., Павлова М.О. Исследование прочности и деформативности стен из керамического кирпича в зоне заделки металлических анкеров. // Промышленное и гражданское строительство.-2001.- №10,с 17-18.

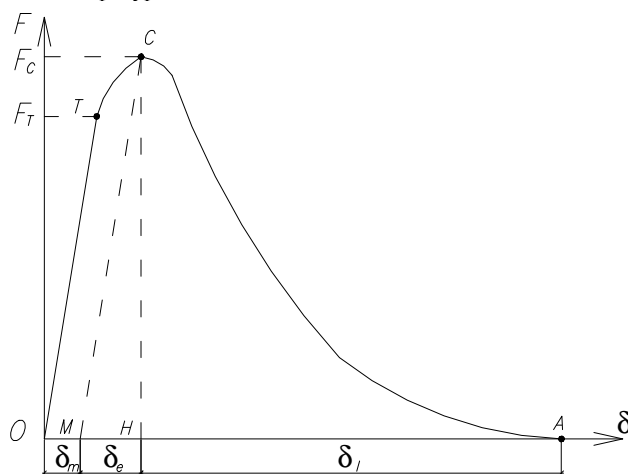
приводящего к преждевременному неконтролируемому разрушению влияния потенциальной энергии, накапливаемой на упругой стадии деформирования материала в системе «испытательная машина – опытный образец», обеспечить при продвижении магистральной трещины равенство изменения энергии, подаваемой в разупрочняемый образец, остаточному энергоресурсу сопротивляемости материала.

По площади полностью равновесной диаграммы деформирования (рис. 1.) определяем работу, затраченную на раз-

рушение  $A_C = \int_{\delta_0}^{\delta_1} P d\delta$ . Если ее отнести к единице поверхно-

сти разрушения  $F$ , то для данных составов бетона получим энергию разрушения  $G_{IC} = A_C / F$ . Анализ полной равновесной диаграммы деформирования (ПРД) позволяет дифференцировать работу разрушения образца  $A_C$  на те ее части, которые затрачиваются на микротрещинообразование, упругое и локальное деформирование.

Полные энергозатраты на статическое деформирование (работа разрушения) могут быть разделены на энергозатраты, необходимые на развитие и слияние исходных технологических трещин – площадь фигуры ОСМ, упругое деформирование – площадь фигуры МСН и локальное деформирование – площадь фигуры НСА.



**Рис. 1.** Полная диаграмма деформирования бетона при равновесном механическом испытании.

*Загуляев Станислав Валерьевич, аспирант каф. строительных конструкций Брестского государственного технического университета.*

*Беларусь, БГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.*