

Рис. 3. Величина главных растягивающих напряжений в кирпиче при сжатии вдоль оси Z по схеме 4 (1 – случай А, 2 – случай Б)

Полученные численным расчетом результаты хорошо согласуются с экспериментальными данными.

Заключение. На основании выполненных исследований можно сделать следующее заключение:

1. Заполнение пустот раствором согласно требованиям [1] снижают прочность керамического кладочного элемента на сжатие примерно на 35%. Причиной снижения прочности кладочных элементов является разница деформационных свойств керамического черепка и раствора. При расчете характеристической прочности каменных кладок с применением кладочных элементов пустотностью ≤35% это создает определенный запас прочности. В то же время согласно стандарту [1] для кладочных элементов пустотностью >35% при определении их прочности на сжатие пустоты раствором не заполняются. Данное обстоятельство требует дополнительной проверки и разъяснения разработчиками стандарта [1].

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Методы испытаний строительных блоков. Часть 1. Определение прочности при сжатии: СТБ EN 772-1-2008. – Введ. 01.01.09. – Минск: Госстандарт. – 9 с.

2. Методы испытаний строительных растворов для каменной кладки. Часть 11. Определение прочности затвердевшего строительного раствора при изгибе и при сжатии: EN 1015-11. – Введ. 07.08.1999. – CEN/TC 125. – 18 с.
3. Деркач, В.Н. Влияние подготовки поверхности кладочного элемента на прочность при сжатии, определяемую согласно EN 772-1 / В.Н. Деркач, А.В. Галалюк // Строительная наука и техника. – 2010. – № 5. – С. 47–50.
4. Требования к строительным блокам. Часть 1. Кирпич керамический: EN 771-1. – Введ. 2.10.02. – CEN/TC 125. – 53 с.
5. Пангаев, В.В. Развитие расчетно-экспериментальных методов исследования прочности кладки каменных конструкций: автореферат диссертации доктора технических наук. – Новосибирск, 2009. – 34 с.
6. Проектирование каменных конструкций. Часть 1–1. Общие правила для армированных и неармированных каменных конструкций: СТБ EN/1996-1-1-2008. – Введ. 31.10.08. – Минск: Госстандарт. – 127 с.

Материал поступил в редакцию 10.12.10

HOLODAR B.G., HALALIUK A.V. To a question of definition of durability masonries elements it agree STB EN 772-1-2008

The Article contains results of experimental and numerical researches of a ceramic hollow brick by technique STB EN 772-1-2008. Influence of preparation of a surface masonries of element to its durability is shown at compression.

УДК 624.012

Тур В.В., Черноуван А.В.

К ОЦЕНКЕ СРЕДНЕЙ СКОРОСТИ ВЕТРА ПРИ РАСЧЕТЕ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Введение. Значение средней скорости ветра и ее изменение с высотой является одним из основных параметров, используемых при расчете зданий и сооружений на ветровые воздействия. Поэтому представляет интерес сравнительный анализ данного параметра в рамках методик, принятых в ТКП EN 1991-1-4 «Еврокод 1. Воздействия на конструкции. Часть 1–4. Общие воздействия. Ветровые воздействия», введенного с 1 января 2010 года на территории Республики Беларусь, и в главе 6 СНиП 2.01.07 «Нагрузки и воздействия», действующих в Беларуси ранее.

Согласно ТКП EN 1991-1-4 [1], характеристикой ветра, фиксируемой на метеорологических станциях и используемой для построения карты ветровых районов, является основное значение базовой скорости ветра $V_{b,0}$ (fundamental basic wind velocity). Данное значение скорости ветра численно равно характеристической скорости со средним периодом повторяемости 50 лет, соответствующей 10-

минутному интервалу осреднения независимо от времени года и направления ветра на уровне 10 м над поверхностью земли для открытого типа местности с низкой растительностью (например, как трава) и изолированными отдельно стоящими преградами, расстояние между которыми составляет как минимум 20 их высот.

С использованием основного значения базовой скорости ветра $V_{b,0}$ определяется базовое значение скорости ветра v_b (basic wind velocity):

$$V_b = C_{dir} \cdot C_{season} \cdot V_{b,0} \quad (1)$$

где C_{dir} – коэффициент, учитывающий направление ветра (табл. НП.2.1 [1]);

C_{season} – сезонный коэффициент, значение которого рекомендуется принимать $C_{season} = 1,0$.

Среднюю скорость ветра $v_m(z)$ (mean wind velocity) на высоте Z в зависимости от типа местности и орографии рекомендуется определять по следующей формуле:

$$v_m(z) = c_r(z) \cdot c_0(z) \cdot v_b, \quad (2)$$

где $c_r(z)$ – коэффициент, учитывающий тип местности;

$c_0(z)$ – орографический коэффициент, значение которого допускается принимать $c_0(z) = 1,0$. В случае если строительство выполняется в местностях с ярко выраженной орографией, коэффициент определяется по приложению А.3 [1].

Использование скорости ветра в качестве нормируемой характеристики в [1] позволяет применять при расчетах пиковое значение скоростного напора $q_p(z)$, включающее средние и кратковременные изменения скорости, тем самым приводя среднюю скорость ветра с 10-минутным интервалом осреднения к мгновенной скорости с интервалом осреднения, равным 1 секунде:

$$q_p(z) = \left[1 + 7 \cdot I_v(z) \right] \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_m^2(z), \quad (3)$$

где ρ – плотность воздуха, определяемая в зависимости от высотной отметки местности, температуры и барометрического давления в соответствующем регионе, рекомендуемое значение $\rho = 1,25 \text{ кг/м}^3$;

$I_v(z)$ – интенсивность турбулентности на высоте z (п. 4.4 [1]).

Учет ветровой нагрузки, действующей на здания и сооружения, согласно [1] выполняется с использованием аэродинамических коэффициентов усилия или давления. Значения аэродинамического коэффициента усилия используются при расчетах решетчатых, призматических, цилиндрических конструкций, рекламных щитов, флагов. Аэродинамические коэффициенты внешнего и внутреннего давления учитываются при расчете конструкций зданий (вертикальных стен и покрытий) и круговых цилиндров.

Коэффициенты внешнего давления подразделяют на общие и локальные. Локальные коэффициенты учитывают воздействие ветра на поверхности, площадь которых не превышает 1 м^2 . Они применяются при проектировании небольших элементов конструкций и их узлов. Общие аэродинамические коэффициенты давления учитывают воздействие ветра на поверхности площадью 10 м^2 и более.

Карта ветровых районов, приведенная в Приложении 4 к СНиП 2.01.07 [2], базируется на использовании нормативных значений ветрового давления W_0 , которое также может быть установлено на основе данных метеорологических станций и результатов обследования районов строительства с учетом опыта эксплуатации сооружений. При этом нормативное значение ветрового давления следует определять по формуле:

$$w_0 = 0,61 \cdot v_0^2, \quad (4)$$

где v_0 – скорость ветра на уровне 10 м над поверхностью земли для открытых побережий морей, озер и водохранилищ, пустынь, степей, лесостепей и тундры, соответствующая 10-минутному интервалу осреднения и превышаемая в среднем раз в 5 лет (если техническими условиями, утвержденными в установленном порядке, не регламентированы другие периоды повторяемости скоростей ветра).

Ветровая нагрузка при расчете зданий и сооружений согласно [2] определяется как распределенная нагрузка, представляющая собой сумму средней и пульсационной составляющих.

Сравнительный анализ значения средней скорости ветра.

Анализ принятых в [1, 2] методик при выборе основного значения базовой скорости ветра $V_{b,0}$ и скорость ветра V_0 , позволил установить следующие общие подходы:

- высота установки ветроизмерительных приборов над поверхностью земли равна 10 м;
- принят 10-минутный интервал осреднения скорости ветра;
- имеет место совпадения классификации по отдельным типам местности.

Ввиду того, что основным отличием методик [1, 2] при определении значений средней скорости ветра является период ее повторяемости, для проведения сравнительного анализа были построены

две гистограммы отношений скорости ветра с периодами 50 и 5 лет. При построении гистограммы (рис. 1а) были использованы результаты статистической обработки данных систематических измерений основных параметров ветра, выполненных на 46 метеорологических станциях и постах Республики Беларусь за период с 1966 года по 2008 год. В качестве исходных данных для построения второй гистограммы (рис. 1б) использовались значения скоростей ветра с различной обеспеченностью для семи ветровых районов бывшего СССР, приведенные в табл. 2 [3].

Согласно примечанию 4 к п. 4.2(2) [1], средняя скорость ветра может определяться для годовой вероятности превышения p умножением базового значения скорости ветра V_b на вероятностный коэффициент C_{prob} , определяемый по формуле:

$$C_{prob} = \left(\frac{1 - K \cdot \ln(-\ln(1 - p))}{1 - K \cdot \ln(-\ln(0,98))} \right)^n, \quad (5)$$

где K – параметр формы, зависящий от коэффициента вариации распределения экстремальных значений, $K = 0,2$ (НП.2.6 [1]);

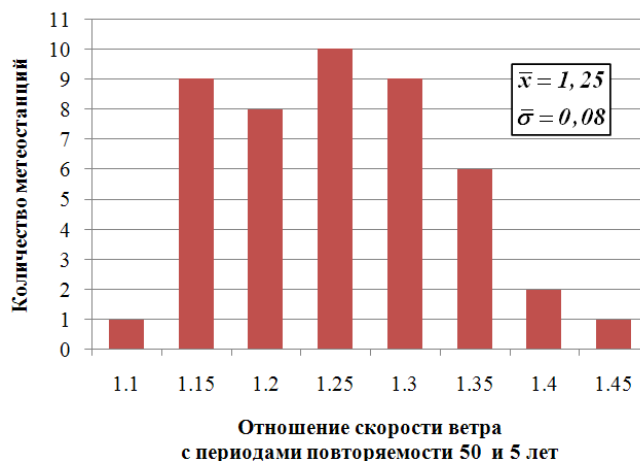
n – экспонента, $n = 0,5$ (НП.2.6 [1]).

Вероятностный коэффициент для периода повторяемости 5 лет будет равен:

$$C_{prob} = \left(\frac{1 - 0,2 \cdot \ln(-\ln(1 - 0,2))}{1 - 0,2 \cdot \ln(-\ln(0,98))} \right)^{0,5} = 0,855.$$

Так как C_{prob} для периода повторяемости 50 лет равен единице, отношение скорости ветра с периодами повторяемости 50 и 5 лет согласно (5) будет составлять 1,17.

а)



б)

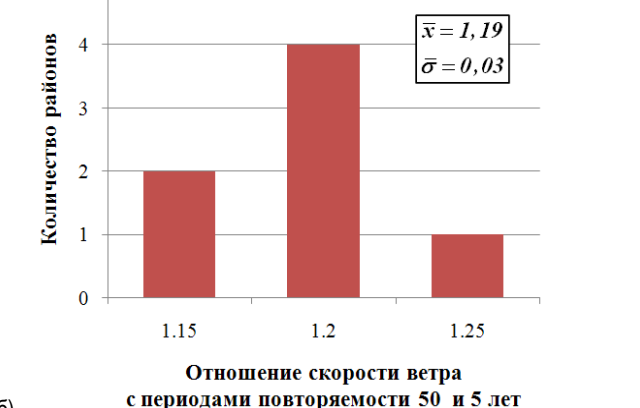


Рис. 1. Гистограмма отношений скорости ветра с периодами повторяемости 50 и 5 лет, где \bar{X} – среднее значение выборки; $\bar{\sigma}$ – среднее квадратичное отклонение выборки.

Таким образом, отношение скорости ветра с периодами повторяемости 50 лет согласно [1] и 5 лет согласно [2] находится в пределах 1,17...1,25.

Сравнительный анализ профиля скорости ветра по вертикали. Для характеристики профиля ветра по вертикали в литературе предложены различные математические выражения [4...7]. Наиболее часто при расчетах используются следующие две зависимости изменения скорости ветра с высотой:

– степенная, описываемая следующим математическим выражением:

$$V_z = V_a (z/z_0)^\alpha; \quad (6)$$

– логарифмическая, описываемая математическим выражением (7):

$$V_z = V_a \frac{\ln(z/z_0)}{\ln(z_a/z_0)}, \quad (7)$$

где V_a – скорость ветра на высоте анемометра или другого измерительного прибора;

Z – высота над поверхностью земли;

Z_a – высота отнесения, например, высота установки над поверхностью земли ветроизмерительных приборов (10 м);

Z_0 – параметр шероховатости поверхности или высота (условная), на которой скорость равна нулю;

α – показатель степени, зависящий от температурной стратификации, шероховатости подстилающей поверхности и величины самой скорости.

Между степенным и логарифмическим законами описания вертикальных профилей скоростей ветра согласно [4] существует следующая зависимость:

$$\alpha = \frac{1}{\ln(z_a/z_0)}, \quad (8)$$

где Z_a – высота отнесения, для которой выполняется расчет согласно обоим законам изменения профиля ветра по вертикали.

В СНиП 2.01.07 [2] принят степенной закон зависимости скорости ветра с высотой. Коэффициент k , учитывающий изменение ветрового давления по высоте, определяется по табл. 6 [2] или по формуле (9) в зависимости от принятых типов местности:

$$k = k_{10} (z/10)^{2\alpha}. \quad (9)$$

Значения параметров k_{10} и α для различных типов местности приведены в табл. 1.

Таблица 1. Значения параметров k_{10} и α для различных типов местности

Тип местности		α	k_{10}
A	Открытые побережья морей, озер и водохранилищ, пустыни, степи, лесостепи, тундра	0,15	1,0
	Городские территории, лесные массивы и другие местности, равномерно покрытые препятствиями высотой более 10 м		
B	Городские районы с застройкой зданиями высотой более 25 м	0,25	0,4
	Городские территории, лесные массивы и другие местности, равномерно покрытые препятствиями высотой более 10 м		

Согласно логарифмическому закону, принятому в ТКП EN 1991-1-4-2009 [1], коэффициент $c_r(z)$, учитывающий тип местности, определяется из выражений:

$$c_r(z) = k_r \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \text{ при } z_{\min} \leq z \leq z_{\max}; \quad (10)$$

$$c_r(z) = k_r \cdot \ln(z_{\min}) \text{ при } z \leq z_{\min}, \quad (11)$$

где Z_0 – параметр шероховатости;

k_r – коэффициент местности, зависящий от параметра шероховатости Z_0 , вычисляется по формуле:

$$k_r = 0,19 \left(\frac{z_0}{z_{0,II}} \right)^{0,07}, \quad (12)$$

где $Z_{0,II} = 0,05$ м (тип местности II, табл. 2);

Z_{\min} – минимальная высота, определяемая по табл. 2;

$Z_{\max} = 200$ м.

Таблица 2. Типы местности и параметры шероховатости

Тип местности	Z_0 М	Z_{\min} М
0 Моря или открытые побережья морей	0,003	1
I Озера или плоская местность с незначительной растительностью без преград	0,01	1
II Открытая местность с низкой, как трава, растительностью и изолированными отдельно стоящими преградами (деревьями, зданиями), расстояние между которыми составляет как минимум 20 их высот	0,05	2
III Местность с равномерной растительностью или зданиями или преградами, расстояние между которыми не превышает 20 их высот (типа деревень, пригородных зон, протяженные лесных массивов)	0,3	5
IV Территорий, в пределах которых, по крайней мере, 15% поверхности покрыто зданиями, высота которых превышает 15 м	1,0	10

Используя приведенные выше зависимости (9...12), построим графики изменения средней скорости ветра с высотой для двух сравниваемых технических нормативных правовых актов (рис. 2). Для наиболее близких по характеристикам типов местности (II, III, IV [1] и A, B, C [2]) были построены графики отношений коэффициентов $c_r(z)$ и \sqrt{k} (рис. 3).

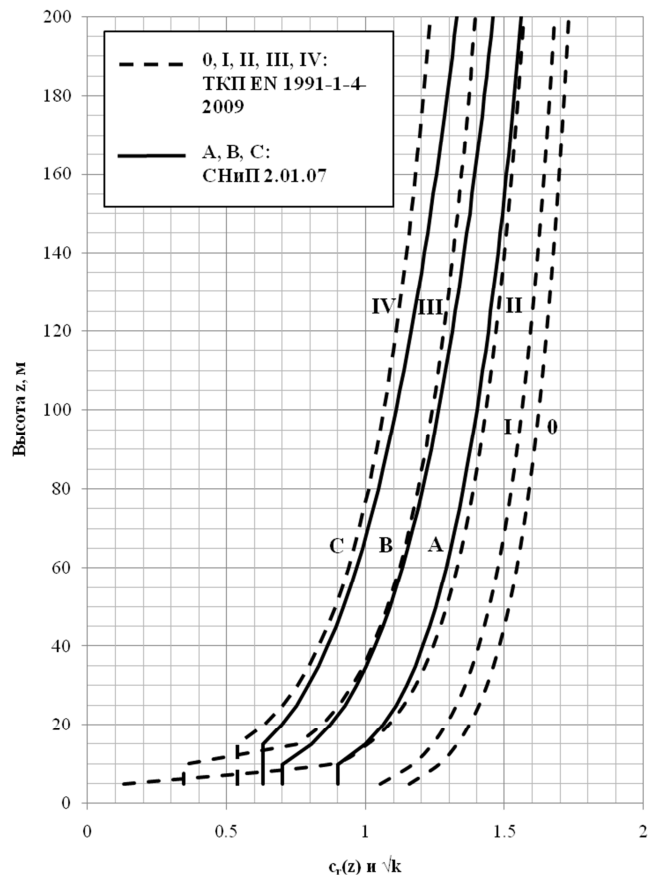


Рис. 2. Зависимость средней скорости ветра от высоты над поверхностью земли

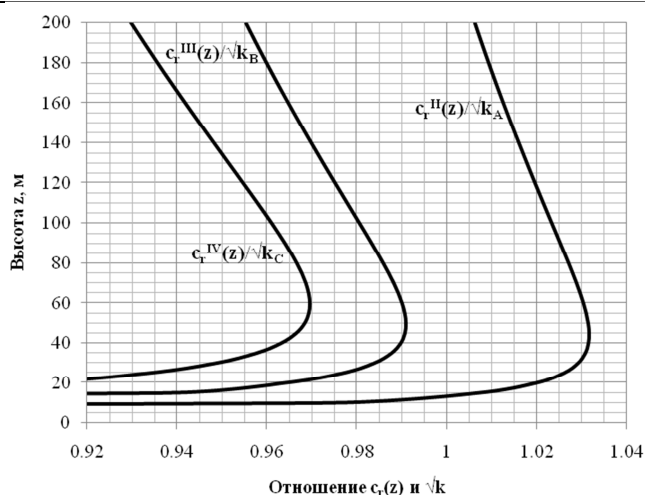


Рис. 3. Отношение коэффициентов $c_r(z)$ и \sqrt{k}

На основании анализа полученных отношений коэффициентов $c_r(z)$ и \sqrt{k} (рис. 3) можно заключить, что в зависимости от типа местности они могут принимать значения как меньше, так и больше единицы. Это говорит о том, что предложенные в [1] зависимости для коэффициента $c_r(z)$ для III и IV типов местности принимают меньшие значения, чем коэффициент \sqrt{k} в [2], учитывающий изменение средней скорости по высоте. Разница величин для данных двух типов местности $c_r^{IV}(z)/\sqrt{k_C}$ и $c_r^{III}(z)/\sqrt{k_B}$ варьируется от 5% для высот 30...130 м до 7% для z до 30 м и выше 130 м.

Для II типа местности коэффициент $c_r(z)$ принимает большее значение, чем коэффициент \sqrt{k} . Отношение $c_r^{II}(z)/\sqrt{k_A}$ превышает 3% лишь для высот 30...60 м, приближаясь к единице на высоте 200 м.

Разница отношений коэффициентов $c_r(z)$ и \sqrt{k} превышающая 8% для всех типов местности для высот до 20 м, объясняется использованием различных математических операторов для описания вертикальных профилей скоростей ветра с присущими им граничными условиями.

Заключение

1. В рассматриваемых методиках приняты различные нормируемые характеристики ветровой нагрузки. В ТКП EN 1991-1-4 [1] карта ветровых районов составлена согласно зафиксированным на метеостанциях и приведенным к микрометеорологическому однородному ряду величинам средней скорости ветра (м/с), в СНиП 2.01.07 [2] — согласно значениям ветрового давления (Па), которое является функцией квадрата скорости.

2. При определении значений средней скорости ветра основным отличием рассматриваемых методик является период ее повторяемости, равный 50 лет согласно [1] и 5 лет согласно [2]. Исследованиями установлено, что отношение скорости ветра с данными периодами повторяемости находится в пределах 1,17...1,25.

3. По результатам выполненного сравнительного анализа профиля ветра по вертикали установлено:

— отношение коэффициентов, учитывающих изменение скорости ветра по высоте и тип местности согласно логарифмической [1] и степенной [2] зависимостям, принимают значения как меньше, так и больше единицы;

— отношение коэффициентов $c_r(z)$ и \sqrt{k} , соответствующих типам местности II согласно [1] и А согласно [2], для которых определяются значения $V_{b,0}$ и v_0 , дают расхождение не более 3%;

— для типов местности III, IV [1] и В, С [2] для высот до 200 м разница между коэффициентами $c_r(z)$ и \sqrt{k} не превышает 7%.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Еврокод 1. Воздействия на конструкции. Часть 1–4. Общие воздействия. Ветровые воздействия: ТКП EN 1991-1-4-2009. — Введ. 01.01.2010. — Мн.: Минстройархитектуры РБ, 2010. — 118 с.
2. Нагрузки и воздействия: СНиП 2.01.07-85. — Введ. 01.01.87. — М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. — 36 с.
3. Руководство по расчету зданий и сооружений на действие ветра / ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко. — М.: Стройиздат, 1978. — 224 с.
4. Żurański, J.A. Wpływ warunków klimatycznych i terenowych na obciążenie wiatrem konstrukcji budowlanych / J.A. Żurański. — Warszawa: Wydawnictwa Instytutu Techniki Budowlanej, 2005. — 128 p.
5. Гордеев, В.Н. Нагрузки и воздействия на здания и сооружения / В.Н. Гордеев, А.И. Лантух-Лященко, В.А. Пашинский, А.В. Перельмутер, С.Ф. Пичугин; под общей ред. А.В. Перельмутера. — М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2007. — 482 с.
6. Савицкий, Г.А. Ветровая нагрузка на сооружения / Г.А. Савицкий. — М.: Изд-во литературы по строительству, 1972. — 112 с.
7. Симиу, Э. Воздействие ветра на здания и сооружения / Э. Симиу, Р. Сканлан / Пер. с англ. Б.Е. Маслова, А.В. Швецовой; под ред. Б.Е. Маслова. — М.: Стройиздат, 1984. — 360 с.

Материал поступил в редакцию 15.02.11

TUR V.V., CHERNOIVAN A.V. To evaluation of mean wind velocity at calculation of buildings and constructions

In the article present comparative analysis value of mean wind velocity and its changing from a height in the context of techniques adopted in ТКП EN 1991-1-4 «Eurocode 1. Actions on structures. Part 1–4. General actions. Wind actions», put into action from 1 of January 2010 year in Belarus and in chapter 6 SNiP 2.01.07 «Loadings and actions», action in Belarus before.

УДК 624.014:621.792

Драган В.И., Левчук А.А.

ПРОЧНОСТЬ И ДЕФОРМАТИВНОСТЬ ТРЕХСЛОЙНЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПАНЕЛЕЙ С УТЕПЛИТЕЛЕМ

Введение. Аналитические методики расчета [1, 2] не позволяют производить статический расчет трехслойных панелей по неравнопролетным расчетным схемам с учетом требований [3] по приложению нормируемых нагрузок (линейное изменение нагрузки в зоне расположения снеговых мешков для кровельных панелей или ветровой нагрузки по высоте для стеновых панелей; наличие силовой

нагрузки не во всех пролетах; приложение сосредоточенных сил).

В таких случаях представляется рациональным выполнять статический расчет ограждений из металлических панелей с утеплителем численными методами строительной механики, например, методом конечных элементов.

Драган Вячеслав Игнатьевич, кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры строительных конструкций Брестского государственного технического университета

Левчук Александра Александровна, аспирантка кафедры строительных конструкций Брестского государственного технического университета.

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

Строительство и архитектура