

НОРМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ЗДАНИЙ В КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ УЗБЕКИСТАНА

д.т.н., проф. С.А. ХОДЖАЕВ, докторант А.А. ЯКУБОВ

(ТАСУ)

Аннотация. В статье отмечается, что основной научно-технической политики в области повышения энергоэффективности зданий и сооружений является создание научно-обоснованной нормативно-методологической базы их проектирования и строительства. Приводятся сведения об очередном этапе ее совершенствования и повышения научно-технического уровня.

Annotatsiya: Бино ва иншоотларнинг энергия самарадорлигини ошириш соҳасида илмий-техник сиёсатини асоси деб, мақолада, уларни лойиҳалаш ва қўриш норматив-методологик базасини яратилиши қайд этилган. Унинг илмий-техник савиясини такомиллаштириш ва ошириш навбатдаги босқичи ҳақида маълумотлар келтирилган.

Abstract: The article notes that the main scientific and technical policy in the field of energy efficiency of buildings and structures is to create a scientifically sound regulatory and methodological framework for their design and construction. Data on the next stage of its improvement and increase of scientific and technical level are given.

Ключевые слова: энергоэффективность зданий, строительные нормы, научно-технический уровень, направления совершенствования, уровень теплозащиты, сопротивление теплопередаче, теплоустойчивость, нормативные требования, ячеистый бетон, полистиролбетон.

Введение. В прошлом веке считалось, что энергоресурсов (нефти, газа и др.) достаточно для обеспечения нормальных условий пребывания в зданиях различного назначения. Нормы проектирования были ориентированы на всемерную экономию материальных и финансовых затрат на строительство, а уменьшению расхода энергии при эксплуатации зданий уделялось недостаточное внимание. К настоящему времени ситуация в мире резко изменилась. Вопросы снижения энергопотребления и выбросов в атмосферу CO₂, экономии топливно-энергетических ресурсов приобрели большую актуальность. Поэтому в большинстве стран мира научно-техническая и социально-экономическая политика направлены на всемерное применение эффективных теплоизоляционных материалов (ЭТМ), эффективных инженерных систем и оборудования, в том числе по использованию ВИЭ, учету климатических особенностей при размещении зданий и выборе их объемно-планировочных решений, повышения заинтересованности в энергосбережении всех слоев общества.

Учитывая важность энергосбережения и эффективного использования энергии для развития экономики, начиная с 1997 года в нашей стране неоднократно принимались меры по обновлению нормативной базы проектирования, направленной на повышение энергоэффективных зданий.

Таким образом основой научно-технической политики в области повышения энергоэффективности и обеспечения существенного энергосбережения в жилищно-гражданском секторе экономики страны, является создание и внедрение научно-обоснованной, реальной в применении, нормативно-методологической базы их проектирования и строительства. Важность этого направления в реализации энергосберегающей политики страны обусловлено тем, что из всей потребляемой энергии в стране львиная доля (около 50 %) приходится на здания и сооружения, на создание необходимых санитарно-гигиенических условий и микроклимата в них.

Методика. Одним из эффективных мер в повышении энергоэффективности и снижения энергопотребления зданий и сооружений является увеличение их теплозащиты [1,2]. Поэтому во многих странах мира систематически ужесточались требования норм к теплозащите ограждающих конструкций. Наибольших успехов в энергосбережении достигнуто в странах ЕС благодаря системной научно-технической политике [2]. Минимально допустимые величины сопротивления теплопередаче для наружных стен и крыш в зависимости от градусо-суток отопительного периода (ГСОП) к 2017 году составили [3] при:

1492-3391 ГСОП - 2,0-4,5 и 2,35-6,02 (м²·°C)/Вт соответственно (Австрия, Англия, Бельгия, Болгария, Венгрия, Германия, Испания, Италия, Нидерланды, Франция, Греция и

др.);

3532-5912 ГСОП – 4,5-5,88 и 6,02-11,11 ($\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$)/Вт (Дания, Латвия, Литва, Норвегия, Польша, Финляндия, Чехия и др.).

Требования к теплозащите зданий стали повышаться и в странах СНГ. На сегодня минимально допустимые величины $R_{\text{тп}0}$, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ /Вт для наружных стен и покрытий, чердачных перекрытий составили при ГСПО:

2000-4000; 6000-12000 – 2,1-2,8; 3,5-5,6 и 3,2-4,2; 5,2-8,2(2,8-3,7; 4,6-7,3 для чер.перекр.) соответственно Россия [5], Казахстан [7] и Таджикистан [8]);

2700-3700 – 3,2-6,0 Беларусь [6];

2500-6800 – 3,12 и 4,0-5,0 Кыргызстан [9];

1000-3000 – 1,8-2,5 и 2,4-3,4 Туркменистан [10].

В нашей стране требования норм по теплозащите также как в других странах мира повышались поэтапно и в 2018 году минимально допустимые величины для жилищно-гражданских зданий в соответствии с КМК 2.01.04-18 [11] составили при ГСПО до 2000÷свыше 3000:

по первому уровню для стен - $R_{\text{тп}0}=1,12-2,0$ ($\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$)/Вт, покрытий и чердачных перекрытий - $R_{\text{тп}0}=2,0-3,4$ ($\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$)/Вт;

по второму уровню, обязательному для объектов, строящихся за счет госкапвложений - $R_{\text{тп}0}=1,6-2,6$ и $2,6-3,8$ ($\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$)/Вт соответственно.

При этом нормы, введенные в 2011 году, повышены в 1,5-2 раза для первого уровня и на 15-20 % для второго уровня.

Обсуждение результатов. Таким образом действующие строительные нормы [11] позволяют обеспечить существенное снижение расхода энергии на отопление (до 50 %) за счет применения эффективных теплоизоляционных материалов (ЭТМ). В то же время в нашем климате повышение теплозащиты за счет применения ЭТМ не всегда дает адекватное снижение расхода энергии при летнем перегреве. Наш климат [12] характеризуется продолжительным жарким летом со средней максимальной температурой наиболее жаркого месяца 31-39 $^\circ\text{C}$, и величиной максимальной солнечной радиации (прямой / рассеянной), поступающей в июле в зависимости от широты местности при безоблачном небе:

на горизонтальную поверхность от 809/140 до 754/130 Вт/м²;

на вертикальную южной ориентации от 216/106 до 328/115 Вт/м²;

то же восточной и западной – от 531/180 до 581/177 Вт/м².

Для летних условий увеличение сопротивления теплопередаче является необходимым, но недостаточным условием для исключения перегрева и обеспечения энергоэффективности зданий [13]. Теплоустойчивость ограждающей конструкции в летних условиях зависит от её массивности, характеризуемой показателем ее тепловой инерции D, которая для однородного ограждения определяется [11] как произведение ее термического сопротивления R на коэффициент теплоусвоения s материала ограждения, и является величиной безразмерной

$$D=R \cdot s \quad (1)$$

К легким ограждающим конструкциям относятся ограждения с $D \leq 4$, средней массивности - $4 < D < 7$, массивным - $D \geq 7$ [11]. Легкие ограждения обладают малой теплоустойчивостью. Многолетние исследования и натурные наблюдения ТашЗНИИЭП, проведенные в условиях Средней Азии, показали, что в сборных крупнопанельных домах с легкими ограждающими конструкциями (стены, чердачные перекрытия, бесчердачные покрытия) в летних условиях наблюдался существенный перегрев помещений, характеризуемый большими амплитудами колебания температуры на внутренней поверхности ограждающих конструкций. Поэтому в соответствии с [11] в районах со среднемесячной температурой июля 21 $^\circ\text{C}$ и выше, то есть практически по всей территории Республики Узбекистан, необходимо осуществлять проверку амплитуды колебаний температуры внутренней поверхности $\Delta t_{\text{в}}$, $^\circ\text{C}$ ограждающих конструкций с тепловой инерцией менее 4, которая не должна быть более требуемой амплитуды $\Delta t_{\text{тп}}$,

°C, определяемой по формуле

$$At^{TP} = 2,5 - 0,1(t_n - 21), \quad (2)$$

где t_n – среднемесячная температура наружного воздуха за июль, °C [12].

Как следует из КМК 2.01.04-18, только для легких ограждающих конструкций необходимо проверять их теплоустойчивость. Поэтому, КМК 2.01.04-2018 дополнены требованиями по обеспечению теплоустойчивости ограждающих конструкций в условиях летнего перегрева. Они заключаются в ограничении применения легких ограждающих конструкций по показателю тепловой инерции $D < 4$, и в рекомендациях преимущественного применения ограждающих конструкций со средней массивностью ($4 < D < 7$) или массивных ($D > 7$). Соблюдение этих рекомендаций позволит существенно уменьшить расход электрической энергии на кондиционирование (охлаждение) зданий в жаркие периоды года, который по эквивалентной величине сегодня уже равен или превышает в наших климатических условиях расход энергии по зиме.

Таким образом в наших климатических условиях обеспечение необходимых теплозащиты зимой и теплоустойчивости летом требует изменения известных принципиальных подходов к проектированию ограждающих конструкций в части назначения свойств и выбора материалов.

Проанализируем характер зависимости теплотехнических показателей R и D от теплофизических свойств материалов ограждающих конструкций. В соответствии с [11] термическое сопротивление R , $m^2 \cdot ^\circ C / Вт$, слоя многослойной конструкции, а также однородной однослойной ограждающих конструкции, следует определять по формуле

$$R = \frac{\delta}{\lambda}, \quad (3)$$

где: δ – толщина слоя, м; λ – расчетный коэффициент теплопроводности материала слоя, $Вт/(м \cdot ^\circ C)$, принимаемый по приложению 1 [11].

Коэффициент теплоусвоения (при периоде 24 ч.) материала конструкции вычисляется по формуле

$$s = 0,27 \sqrt{\lambda \gamma_0 (c_0 + 0,0419w)}, \quad (5)$$

где: γ_0 – плотность материала в сухом состоянии, $кг/м^3$; c_0 – удельная теплоемкость с сухого состояния материала, $кДж/(кг \cdot ^\circ C)$; w – расчетное массовое отношение влаги в материале.

Подставим значения R и s в формулу (1). При этом формула (1) приобретает следующий вид

$$D = \frac{\delta}{\lambda} 0,27 \sqrt{\lambda \gamma_0 (c_0 + 0,0419w)}, \quad (5)$$

Из структуры формул (3) и (5) видно, что R и D находятся в прямой зависимости от толщины δ ограждения. Поэтому ее можно не рассматривать и принять постоянной ($\delta = 0,4$ м). Но вот от величины λ и плотности материала они находятся не в однозначной зависимости. Так R в зависимости от λ находится в обратно пропорциональной, а D – сложной многофакторной. Учитывая то, что плотность находится в тесной корреляционной связи с λ , s и другим показателями материалов [11], она является их интегральной характеристикой. Поэтому с практической точки зрения целесообразно D и R рассматривать в зависимости от плотности материалов.

Проведенные расчеты и построение зависимостей (рис.1) $D = f(\gamma_0)$ показали, что они для каждого вида материала (минвата, тяжелый, легкий и ячеистый бетоны и др.), близки к прямолинейной. Если их объединить в одну линию, то получится зависимость близкая к параболической с явно выраженной оптимальной областью величин плотности, соответствующих максимальным величинам D .

Примечательным является то, что для минераловатных плит ($D = 4,3-6,2$), легких бетонов на пористых заполнителях ($D = 5,25-6,35$) D в зависимости от плотности имеют заметные отличия, а для ячеистых – не столь существенные ($D = 5,9-6,2$).

При этом наиболее эффективными являются полистиролбетон с $\gamma_0 = 400-600 \text{ кг/м}^3$, ячеистые бетоны с $\gamma_0 = 400-800 \text{ кг/м}^3$ и керамзитобетон крупнопористой структуры с $\gamma_0 = 600-800 \text{ кг/м}^3$. При равной плотности полистиролбетону свойственны большие показатели R и D . Следует отметить, что тепловая инерция для ячеистых бетонов значимо не зависит от плотности, изменяющейся в достаточно широких пределах ($300-1000 \text{ кг/м}^3$). Это объясняется видимо оптимальным сочетанием R и s .

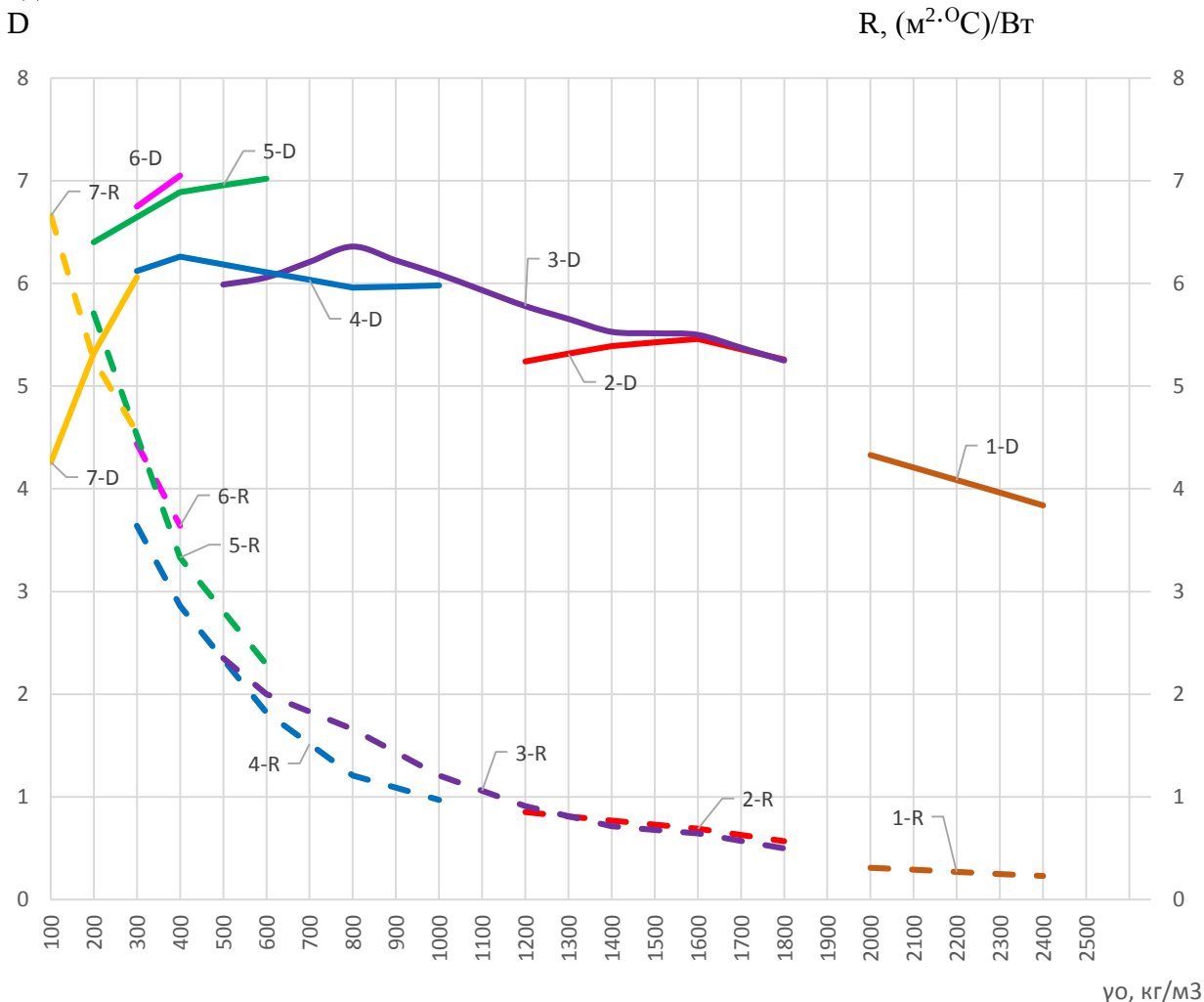


Рис.1. Зависимость тепловой инерции D и термического сопротивления R однослойной ограждающей конструкции от плотности γ_0 различных материалов: 1-D, 1-R - тяжелый бетон; 2-D, 2-R – кирпичная кладка; 3-D, 3-R – керамзитобетон; 4-D, 4-R ячеистый бетон; 5-D, 5-R – пенополистиролбетон; 6-D, 6-R – вермикулитобетон; 7-D, 7-R – минераловатные плиты.

Зависимость же $R = f(\gamma_0)$ является классической гиперболической для всех материалов и может быть объединена в одну закономерную кривую. При этом для обеспечения необходимой теплозащиты [11] однослойных ограждений плотность материалов не должна превышать 800 кг/м^3 . При назначении свойств и выборе материалов для ограждающих конструкций по зимним и летним условиям необходимо учитывать эти особенности и применять наиболее эффективные материалы или их сочетания.

Вместе с тем, как показывает анализ [13] современной практики проектирования ограждающих конструкций энергоэффективных жилищно-гражданских зданий, в проектах уделяется внимание лишь обеспечению теплозащиты по зимним условиям за счет утепления ограждающих конструкций, а летние практически не учитываются. Следует отметить, что такой подход оправдан не во всех конструктивных системах зданий. Так утеплением минераловатными плитами зданий с кирпичными стенами толщиной в 1,5 кирпича

обеспечиваются достаточные величины как их теплозащиты ($R=1,6 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$), так и тепловой инерции ($D>6$). В крупнопанельных же 9-ти этажных жилых домах (рис. 2) с наружными трехслойными панелями с эффективным утеплителем $R=1,62 \text{ (м}^2 \cdot ^\circ\text{C)/Вт}$, а $D=3,2 < 4$, что не обеспечивает требуемую теплоустойчивость в условиях летнего перегрева. Для этого толщину минераловатных плит следует увеличить до 15 см.

Аналогичная картина наблюдается и при строительстве высотных каркасно-стеновых безригельных систем жилых домов (рис. 2) в «Алмазар сити» [14]. Стены ($R_0=1,31 \text{ (м}^2 \cdot ^\circ\text{C)/Вт}$, $D=3,0$) этих домов выполнены из монолитного железобетона толщиной 20 см, утепленного минераловатными плитами толщиной всего 7 см, далее штукатурный слой толщиной 3 см из цементно-песчаного раствора. Остекленные на всю высоту этажа оконные проемы обуславливают как большие теплопотери, так и летний перегрев. В промежутках между остеклением стены выполнены из кирпичной кладки толщиной всего 12,5 см, утепленные также минераловатными плитами толщиной 7 см, защищенными штукатурным слоем ($R_0=1,39 \text{ (м}^2 \cdot ^\circ\text{C)/Вт}$, а $D=2,77$). Таким образом по теплозащите наружные стены соответствуют требованиям устаревших норм [5], а по тепловой инерции не обеспечивают исключение перегрева в летних условиях. Так в работе [15] установлено, что стеновые ограждения даже средней массивности с $D=4 \div 5$ не всегда обеспечивают исключение перегрева помещений. Отсюда следует вывод о том, что эти здания будут характеризоваться большими расходами тепловой энергии зимой и, в особенности, электрической на кондиционирование помещений летом. Даже увеличение толщины минераловатной плиты до 10 см, обеспечив удовлетворительное значение $R=1,97 \text{ (м}^2 \cdot ^\circ\text{C)/Вт}$, тепловую инерцию повысит всего до $D=3,31$, а необходимо хотя бы $D>4$.



Рис.2. Строительство высотных жилых домов каркасно-стеновых безригельных систем в «Алмазар сити» и крупнопанельных домов на массиве «Янги Алмазар» в Ташкенте.

Для удовлетворения теплотехнических требований [11] по зимним и летним условиям необходимо выбирать в многослойных конструкциях материалы несущего и теплоизолирующего слоев с оптимальным сочетанием свойств, а в однослойных – оптимальной плотностью, обеспечивающей удовлетворительное сочетание R и D ограждений.

Расчетный анализ применения различных стеновых материалов (кирпич, тяжелый

бетон, утепленные ЭТМ, бетоны на пористых заполнителях, ячеистые бетоны) показал, что оптимальной плотностью в пределах 400-800 кг/м³ обладают ячеистые бетоны (газобетон, пенобетон), а также пенополистиролбетон. Так расчеты показали, что стены из газо- или пенобетонных блоков толщиной 40 см и плотностью 400, 600, 800 кг/м³ будут иметь R=3,06; 2,02 и 1,41 (м²·°C)/Вт, а D=6,63; 6,48 и 6,34. Как видно из представленных данных, ячеистый бетон с $\gamma_0=400$ кг/м³ обладает самыми высокими теплотехническими показателями, с $\gamma_0=600$ кг/м³ – достаточными, а с $\gamma_0=800$ кг/м³ – несколько не дотягивает до требований по теплозащите [11]. При этом во всех случаях D>6.

Вместе с тем стены из ячеистых бетонов, обладая оптимальным сочетанием **D** и **R**, имеют склонность к накоплению влаги во влажные сезоны года, что приводит к снижению теплозащиты наружных ограждающих конструкций. Применение в полистиролбетоне в качестве пористого заполнителя вспененных гранул полистирола практически исключает влагонакопление. Для обеспечения наилучшего сочетания теплотехнических и физико-механических свойств полистиролбетона эффективным является разработка технологии, позволяющей получать легкие бетоны плотной слитной структуры с оптимальным сочетанием достаточной прочности и малой плотности.

Другим перспективным направлением исследований является поиск местных сырьевых материалов для получения особо легких и прочных искусственных пористых заполнителей, а также технологии легких бетонов на их основе. Как нам представляется исследование и разработка таких пористых заполнителей, структуры, свойств и технологии особо легких бетонов, обладающих достаточно высокой прочностью при малой плотности открывает большие перспективы их эффективного применения как в каркасном, так и в монолитном строительстве энергоэффективных сейсмостойких современных жилищно-гражданских зданий.

Заключение. Введение принципиально новых подходов к проектированию ограждающих конструкций зданий с повышенной теплозащитой позволит не только существенно снизить расход энергии и улучшить экологию, но и также открывает возможность снижения их собственной массы за счет использования ячеистых и легких бетонов. Это, в свою очередь, даст возможность в определенной мере снизить сейсмическую нагрузку на здания. Привычная традиционная кирпичная кладка стен в 1,5 и даже в 2 кирпича сегодня уже не отвечает современным требованиям как энергосбережения, так и сейсмостойкого строительства.

Таким образом, введение повышенных требований к теплозащите и теплоустойчивости наружных ограждающих конструкций требует проведения исследований и разработки принципиально новых подходов к выбору и проектированию конструктивных систем жилищно-гражданских зданий, их ограждающих конструкций с одновременным обеспечением требований энергоэффективного и сейсмостойкого строительства.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Матросов Ю.А. Современное состояние нормативной базы энергоэффективности зданий в России/studliles.net 28.08.2013.
2. Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast)// Official Journal of the European Communities – 2010, L153.-P.13-35.
3. Implementing the Energy Performance of Buildings Directive (EPBD).Featuring Country Reports, 2016.
4. U-Values for Better Energy Performance of Buildings/Report established by ECOFYS for EURIMA, 2006.
5. Свод правил СП 50.13330.2012. СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция/Министерство регионального развития Российской Федерации. -М.-2012.».
6. ТКП 45-2.04-43-2006 Строительная теплотехника. Строительные нормы проектирования/Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь.
7. СН РК 2.04-21-2004 Энергопотребление и тепловая защита гражданских зданий.
8. МСН-24-101-2011 Тепловая защита зданий.
9. Положение о порядке проведения энергетической сертификации зданий. Приложение 1 Кыргызстан, 2011.
10. СНТ 2.03.01-2016 Строительная теплотехника.
11. КМК 2.01.04-2018 Строительная теплотехника/Минстрой РУз.-Ташкент, 2018.-50с.

12. КМК 2.01.01-94 Климатические и физико-геологические данные для проектирования. -Ташкент, 1994. -28с.
13. Ходжаев С.А. Современные проблемы строительства энергоэффективных зданий в сейсмических районах//Архитектура и строительство Узбекистана. -2019.-№ 5. – С.28-31.
14. Ходжаев С.А., Хакимов Ш.А., Ходжаев С.А. Современные конструктивные системы жилищно-гражданских зданий, проблемы их сейсмической безопасности и энергоэффективности//Архитектура. Строительство. Дизайн. -2020.-№ 1. С. 48-52.
15. Угрюмов Е.И. Исследование теплоустойчивости наружных стен жилых зданий в Узбекистане /Строительство и архитектура Узбекистана. -1966.-№8.