



Проблемы повышения энергоэффективности жилых многоквартирных зданий в условиях текущих цен на тепловую энергию в Казахстане

Белый А. ^{a,b} 

^a Казахстанско-Немецкий университет, пр. Назарбаева, 173, Алматы, 050010, Казахстан

^b НАО "Торайгыров Университет", ул. Ломова, 64, г. Павлодар, 140008, Казахстан

АННОТАЦИЯ

Энергоэффективность является ключевым фактором при проектировании и эксплуатации зданий. В Республике Казахстан (РК), где здания занимают первое место по потреблению энергии (43 % от общего объема), жилой сектор играет важную роль, особенно в условиях холодного климата с продолжительными зимами. Основными факторами энергопотребления в жилых зданиях являются системы отопления и освещения. Анализ в рамках исследования, проведенный с использованием статистических методов, выявил причины высокого удельного расхода тепловой энергии, включая низкие тарифы и недостаток инвестиций в термомодернизацию зданий. В статье представлены результаты анализа энергопотребления в жилищном секторе Казахстана, а также основные причины высокого энергопотребления для отопления жилья, включая отсутствие инвестиций со стороны владельцев недвижимости в условиях низких цен на энергию в стране. Материалы, собранные автором в результате непосредственного участия в подготовке и реализации ряда пилотных проектов, демонстрируют потенциальный вклад технических мероприятий в общее сокращение энергопотребления в различных климатических условиях страны; позволили рассчитать рентабельность комплекса энергоэффективных мер для типового многоквартирного дома, а также сформулировать рекомендации по повышению энергоэффективности жилого сектора. Снижение энергопотребления в жилищном секторе будет способствовать сокращению выбросов парниковых газов, что особенно важно для достижения целей национальной климатической политики, включая Концепцию по переходу РК к «зеленой экономике», Определяемый на национальном уровне вклад (ОНУВ) и Стратегию достижения углеродной нейтральности РК до 2060 года. Результаты исследования основаны на данных, актуальных на конец 2021 г., и демонстрируют потенциал передовых технологий и целевых энергетических стратегий в смягчении последствий изменения климата.

Подана в редакцию:
29 марта 2024

Принята к публикации:
10 октября 2024

Доступ онлайн:
21 октября 2024

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Энергоэффективность, жилые многоквартирные дома, тепловая энергия, энергопотребление, демонстрационные проекты, мониторинг эффектов, Казахстан

Для корреспонденции: Белый А. ✉ alex@avantgarde-group.eu Казахстанско-Немецкий университет, пр. Назарбаева, 173, Алматы, 050010, Казахстан

1. Введение

Общая площадь жилищного фонда в Казахстане по состоянию на 2021 год составляет 387,7 млн. кв. м (О жилищном фонде, 2022) из которых 250,3 млн. кв. м (64,5 %) приходится на города. В городах Казахстана жилищный фонд широко представлен многоквартирными жилыми домами (МЖД), т.е. зданиями, включающими более одной квартиры, владельцами которых являются разные собственники, на долю которых приходится около 65 % общей площади ЖФ. По данным Бюро национальной статистики (О жилищном фонде, 2022) на 2021 год число многоквартирных жилых домов в стране составляет - 310 810 единиц с наибольшей концентрацией в городе Алматы и области, а также Восточно-Казахстанской и Карагандинской областях.

Представляет интерес история строительства этих домов. На рисунке 1 ниже представлена диаграмма, показывающая доли домов по году их постройки. Это интересно, поскольку здания, построенные до 1990 года в Казахстане создавались без энергосбережения и также не ремонтировались за последние 20-30 лет (Иванова, 2020). Таким образом общее число домов, возведенных до 1990 года в стране составляет не менее 82 % (см. рис. 1).

В Казахстане в настоящее время действует строительный норматив, регламентирующий предельное количество тепловой энергии, которое жилое здание должно потреблять на нужды отопления и вентиляции. Впервые подобный норматив действует с 2004 года, (документ СН РК 2.04-21-2004* «Энергопотребление и тепловая защита гражданских зданий» (Государственные нормативы..., 2006)). Новые стандарты энергоэффективности для зданий впервые определяют критерии, такие как потребление тепловой энергии на обогрев помещений в течение отопительного сезона, учитывая обмен воздуха, тепловые потери и расположение зданий.

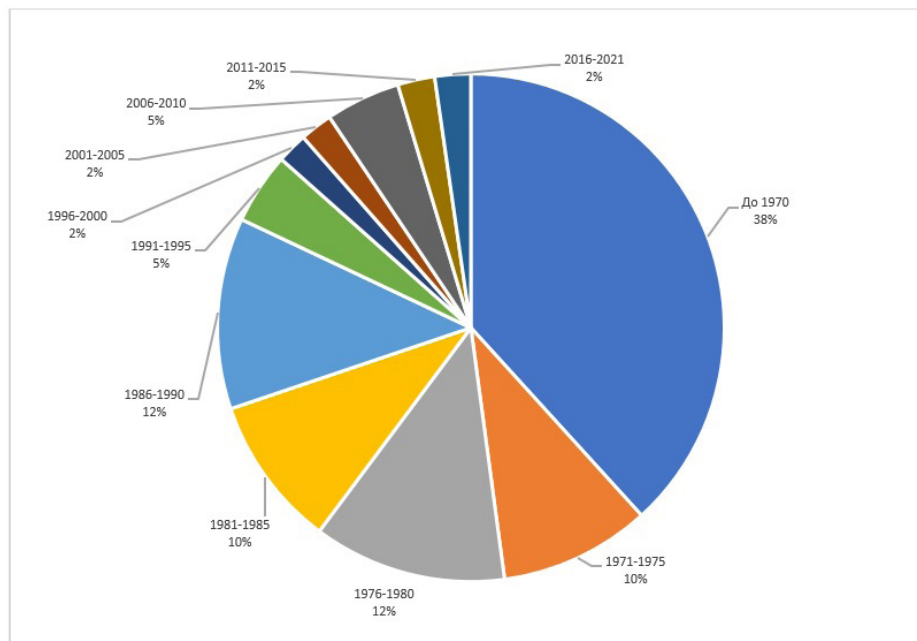


Рис. 1. Доля (%) МЖД по году постройки
(О жилищном фонде, 2022)

В соответствии с обновленными в 2011 году строительными стандартами, были внесены изменения в тепловую защиту зданий, в результате чего был принят СН РК 2.04-03-2011 (Государственные нормативы..., 2012). Этот документ ввел классификацию энергоэффективности зданий с использованием латинских букв от А до Е и дополнительные подклассы, такие как А++, В+, С+ и С-. Базовый показатель энергопотребления был ужесточен в среднем на 6%. По действующим нормам, новые жилые здания должны соответствовать как минимум классу С-, что соответствует уровню «Нормальный», в то время как уже существующие здания необходимо модернизировать для повышения их уровня энергоэффективности. Важным аспектом повышения энергоэффективности жилого сектора является снижение выбросов парниковых газов. В Казахстане данная задача интегрирована в ключевые стратегические документы, включая Концепцию перехода к зеленой экономике, Национально определяемые вклады (NDC) и Стратегию углеродной нейтральности к 2060 году. Особое внимание уделяется сокращению выбросов в секторе отопления, который занимает значительную долю в общем энергопотреблении страны. Реализация энергоэффективных мероприятий в жилом секторе позволяет как сократить расходы на энергоресурсы, так и внести вклад в выполнение климатических целей страны.

2. Обзор литературы

За последнее время в научной литературе опубликован ряд статей с тематиками близкими к рассматриваемым в настоящей статье. Так, в исследовании

Shevyakova и др. (2022) описаны проблемы внедрения энергосберегающих технологий в ЖКХ Казахстана. Основные препятствия включают низкий уровень тарифов, высокую изношенность сетей (70-80 %) и недостаток инвестиций. Для устранения этих проблем предложены меры, такие как модернизация оборудования и стимулирование инвестиций через государственные программы, например, "Нурлы Жер" и "Сильные регионы".

Исследование Tukhtamisheva и др. (2020) анализирует влияние низких цен на тепловую энергию на эффективность изоляции жилых зданий. При сохранении регулируемых цен отсутствует экономическое обоснование для внедрения более эффективных решений. Предложено использовать методику оптимизации тепловой изоляции, включая расчеты полной стоимости улучшений за жизненный цикл зданий, чтобы стимулировать более энергоэффективные стандарты строительства.

Assylbayev и др. (2023) отмечают необходимость повышения энергоэффективности как стратегического направления в условиях роста потребностей населения. Выделены климатические, экономические и социальные преимущества, включая сокращение выбросов, снижение затрат на энергопотребление и улучшение качества жизни. Предложено использовать налоговые стимулы и государственные инвестиционные программы для модернизации жилого фонда.

В исследовании Sharipov и др. (2021) анализируются проблемы энергосбережения в строительной отрасли Казахстана, включая высокую энергоемкость зданий и устаревшие строительные технологии. Авторы подчеркивают необходимость устранения законодательных и технических барьеров, совершенствования стандартов энергоэффективности, использования вторичных и возобновляемых источников энергии, а также внедрения эффективных систем вентиляции. Основными препятствиями остаются низкий уровень внедрения энергоэффективных технологий и слабый контроль за соблюдением стандартов на этапе проектирования и эксплуатации зданий.

Исследование Dyussebekova и др. (2022) показывает потенциал снижения энергопотребления через термомодернизацию зданий. Рассматриваются различные сценарии модернизации: от минимального (замена окон и утепление кровли) до значительного сокращения энергопотребления на 50 %. Авторы подчеркивают важность разработки политик и финансовых механизмов, таких как карбоновые офсеты, для стимулирования модернизации зданий.

Выводы из рассмотренной литературы подтверждают актуальность повышения энергоэффективности жилых зданий в Казахстане. Основные рекомендации включают: внедрение экономически оправданных стандартов тепловой изоляции; модернизацию существующего жилого фонда с учетом местных климатических условий; разработку стимулирующих мер для привлечения инвестиций. Эти работы поддерживают ключевые аспекты

настоящей статьи, подчеркивая связь между низкими ценами на энергию и недостаточной мотивацией к энергомодернизации, что достаточно подробно рассмотрено в статье ниже на примере пилотных проектов, в реализации которых принимал участие сам автор. Также, отметим, что сравнение статистических данных по энергопотреблению зданий, представленных в публикациях последних 3-4 лет, с данными 10-12-летней давности (в период активной реализации пилотных проектов), показывает, что ситуация с энергоэффективностью в стране существенно не изменилась. Это позволяет обоснованно использовать в данном исследовании более ранние данные, которые остаются актуальными и доступны для анализа.

3. Потребление энергии в секторе жилых зданий Казахстана

Большая часть жилищного фонда в казахстанских городах представлена многоэтажными домами, обеспеченными централизованным отоплением и электроснабжением, возведенными из кирпича, панельных и блочных конструкций, а также из железобетонного монолита (О жилищном фонде, 2022). С каждым годом такие здания все больше устаревают, что делает необходимым производить их ремонт и термомодернизацию для повышения энергоэффективности.

Правительство РК в 2011 году утвердило Программу модернизации жилищно-коммунального хозяйства Республики Казахстан на 2011-2020 годы одной из задач которой, было проведение ремонтов МЖД не менее чем в 10 % жилых зданий, требующих ремонта. Программа финансировалась Правительством РК на возвратной основе (жители возвращали беспроцентные кредиты в срок до 7 лет за мероприятия которые были выполнены в зданиях уполномоченными строительными организациями, подконтрольные акиматам городов и областей (местная администрация).

Благодаря усилиям международных организаций, реализующих в то время пилотные проекты, в частности, ПРООН, удалось включить в эту Программу мероприятия по термомодернизации жилых зданий в качестве обязательной меры при проведении капитальных ремонтов в зданиях (Panchenko N., Olshanskaya M., Gogunova I., Belyu A., 2013). Основанием для такого решения послужили энергоаудиты в жилых многоквартирных домах, проведенные государством и проектами международных организаций во всех регионах страны.

Эти энергоаудиты показали значительный удельный расход тепла в зданиях, который в среднем составил около 216-240 кВт·ч/м² в год (для сравнения: в европейских странах - 82-130 кВт·ч/м² в год). На рисунке 2 ниже на основе данных проведенных энергоаудитов в 2012-2013 гг. автором показаны сводные по регионам страны значения отклонений (в %) фактического удельного расхода тепловой энергии, потребляемой на нужды отопления, от требуемого по строительному нормативу (действовавшему на тот период времени).

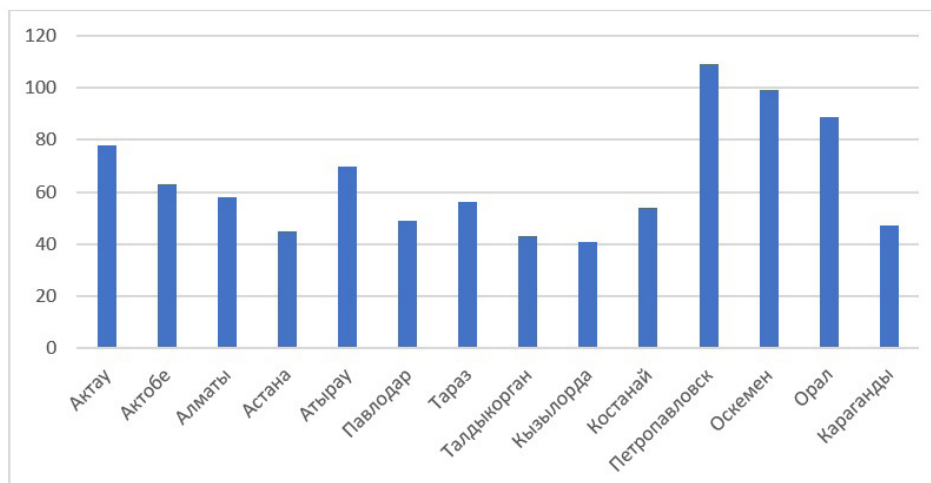


Рис. 2. Отклонение (%) фактического удельного энергопотребления для отопления жилых многоквартирных зданий от нормативного по регионам Казахстана - составлено автором на основе опубликованных данных энергоаудитов.

Как видно из рисунка 2, энергопотребление (на отопление) превышает минимальные требования норматива во всех регионах на 43-109 %. Наибольшие значения отклонений характерны для крайних северного, восточного и западного регионов Казахстана. В этих регионах удельное потребление тепловой энергии наибольшее и составляет 338, 284 и 250 кВт·ч/м² год - Петропавловск, Оскемен и Орал -соответственно. Высокие значения потребления тепловой энергии в многоквартирных жилых домах отмечаются и на юге, (в г. Алматы - 136 кВт·ч/м² в год (превышение 58 % по отношению к нормативному)), в г. Тараз - 142 кВт·ч/м² в год (превышение на 56 %), Актау - 126 кВт·ч/м² в год (превышение на 78 %).

Жесткие зимние условия, охватывающие большую часть Казахстана, а также длительное теплое и сухое лето в южных, центральных и западных регионах, требуют значительного использования тепловой энергии для обогрева зданий в холодное время года и электроэнергии для их охлаждения в летние месяцы. В этом причины высокого потребления тепловой и электрической энергии в городах Казахстане.

В период с 2011 по 2017 годы, благодаря сотрудничеству проектов ПРООН-ГЭФ и Правительства Республики Казахстан, было выполнено энергетическое обследование серии многоквартирных домов в различных населенных пунктах страны. Данные о потреблении энергии этими зданиями были собраны и представлены в таблице 1.

Таблица 1. Количество тепла (кВт/час на 1 м²), необходимого для отопления в МЖД в различных населённых пунктах Казахстана в сопоставлении с действующими строительными требованиями (Шрекенбах, Белый, 2022)

№ п/п	Этажность	Материал стен	Год постройки	Город	Фактическое потребление тепловой энергии (кВт·ч/м ² в год)	Требования СНиП РК для класса «С-» (не более кВт·ч/м ² в год)	Отклонение от норматива (%)	Класс энергоэффективности
1	9	ж/б панель	1988	Караганда	230	142	38	E
2	4	ж/б панель	1969	Алматы	264	97	63	E
3	5	кирпич		Астана	266	168	37	E
4	3	кирпич	1959	Караганда	290	166	43	E
5	5	ж/б панель	1971	Астана	212	168	21	D
6	5	ж/б панель	1971	Астана	184	168	9	D
7	5	ж/б панель	1971	Астана	211	168	20	D
8	5	ж/б панель	1971	Астана	209	168	20	D
9	5	ж/б панель	1971	Астана	198	168	15	D
10	5	ж/б панель	1987	Темиртау	235	160	32	E

Таблица составлена автором на основе информации, представленной в работах (Белый и др., 2013; Велуу и др., 2013).

Представленные выше результаты свидетельствуют о высоком энергопотреблении в жилых многоквартирных домах Казахстана (даже в южных городах), что объясняется следующими факторами.

Во-первых, это техническое состояние существующего жилого фонда (прежде всего состояние ограждающих конструкций зданий, кровли, подвалов и инженерных систем зданий). В прошлом дома, построенные до 1990-2000 гг., как было показано выше, не отличаются энергоэффективностью, они не достаточно утеплены. Кроме этого, дома длительное время не ремонтировались, в большинстве домов системы отопления, горячего водоснабжения, канализации, освещения требуют капитального ремонта. В подавляющем большинстве обследованных жилых домов не было капитального ремонта кровли с момента постройки здания. Имеются значительные повреждения кровельного покрытия. Некоторые вентиляционные шахты разрушены. В разрушенных выводах вентиляционных колодцев скапливается мусор, который затрудняет воздухообмен помещений,

особенно в тёплый сезон. Здания, имеющие наибольшие проблемы относятся, как правило, к крупнопанельным, в которых межпанельные швы разошлись и требуют заделки и утепления. Как показала проведенная тепловизионная съемка объектов, потери тепла через ограждающие конструкции значительны.

Во-вторых, в большинстве зданий отсутствует автоматическое регулирование теплового потока (АТП) на отоплении и горячем водоснабжении, что исключает возможность экономного расходования тепловой энергии, особенно в переходные сезоны года. Также примерно 90 % установленных в подъездах светильников - энергозатратного устаревшего типа, что обуславливает большой расход электроэнергии на освещение мест общего пользования. Распределительные щиты электроснабжения находятся в неудовлетворительном состоянии.

В-третьих, это сложившаяся система управления и обслуживания жилыми многоквартирными зданиями. Долгое время (в советский период) содержанием жилых многоквартирных домов занималось государство, жители не были собственниками своих квартир и не несли полное бремя расходов на эти цели. После приватизации жилья в 90-х гг. прошлого века класс собственников жилья в стране так до конца и не сложился. Люди мало заботятся о состоянии общих инженерных коммуникаций дома, не привыкли вкладывать свои собственные средства для этих целей. Об этом свидетельствуют также проведенные с участием автора социологические исследования во время реализации пилотных демонстрационных проектов (Белый и др., 2014). Система, обязывающая это делать и в настоящее время до конца не продумана и не проработана. В результате многоквартирные дома продолжают устаревать и еще больше повышается их энергопотребление.

Впрочем, перечисленные причины высокой энергоёмкости сектора жилых зданий Казахстана характерны и для других стран региона, соседей и стран с похожей экономикой, что отражено в ряде работ (Вытчиков и др., 2014; Sarbaeva et al., 2021; Zhigulina et al., 2020 и др.).

4. Возможности снижения энергопотребления в жилищном секторе Казахстана

В рамках «Программы модернизации ЖКХ на 2011-2020» и параллельных - принятых Правительством Программ, а также пилотных проектов, поддержанных различными донорами, такими как ПРООН, ГЭФ, USAID, ЕБРР др. с 2011 года в жилом фонде страны проводились ремонтные работы разного уровня. Анализ и мониторинг проведенных ремонтных работ показывает, что в комплексе можно получить экономию от 20 до 40 % теплоснабжения на одном здании. Такие проекты, выполненные в разных регионах Казахстана, были направлены

в основном на пилотирование следующих технических решений: модернизация системы теплоснабжения и горячего водоснабжения путем установки автоматизированных тепловых пунктов (АТП); повышение термического сопротивления ограждающих конструкций зданий путем герметизации и ремонта межпанельных швов на фасадах, кровли, подвалов зданий, замены окон и дверей на энергосберегающие в местах общего пользования; внедрение и пилотирование цифровых платформ для мониторинга энергопотребления и ряд других. Результаты реализованных пилотных демонстрационных проектов в Казахстане приведены в работах (Belyu и др., 2013; Белый и др., 2014). Ниже в таблице 2 показан свод основных результатов некоторых реализованных пилотов, в том числе результаты проведенного мониторинга теплоснабжения.

Таблица 2. Оценка результативности реализованных пилотных демонстрационных проектов по повышению энергоэффективности жилых зданий в городах Казахстана

Период мониторинга	Вклад мероприятий в результат	Снижение потребления теплоэнергии на нужды отопления за отопительный сезон		Суммарная экономия денежных средств по оплате за потребленную тепловую энергию за 1 календарный год	
		Гкал	%	Доллар США*	%
Объект: город Караганда, 9-ти этажный панельный дом, 1985 г. постройки					
2010-2016 гг.	АТП, Кровля, окна, двери, фасад	248,1	34,9	3062,0	41,5
Объект: город Караганда, 3-х этажный кирпичный дом 1965 г. постройки					
2011-2013 гг.	АТП, фасад, окна, кровля	133,9	32	344,7	15,6
Объект: город Караганда, 9-ти этажный кирпичный жилой дом, 1979 г. постройки					
2010-2012 гг.	АТП	303,67	32,3	1852,4	30,8
Объект: город Алматы, 4-х этажный панельный дом 1969 г. постройки					
2011-2013 гг.	АТП	111,4	28,6	3183,8	41,5
Объект: город Темиртау, 5-ти этажный панельный дом 1987 г. постройки					
2019-2020 гг.	АТП, кровля, окна, фасад, подвал, инженерные сети, освещение	348,52	45	2036,2	40,5
Объект: город Астана, 5-ти этажный панельный дом 1974 г. постройки					
2020-2022 гг.	АТП, кровля, окна, фасад, подвал, инженерные сети, освещение	250	35	3 192	29

*Суммы экономии показаны в долларах США по курсу «доллар к тенге»

на 1 июля 2021 г.

Как видно из приведенных данных, процент экономии теплоэнергии при реализации различных мероприятий находится в интервале от 28 до 45 % за отопительный сезон. Разный уровень экономии объясняется разным состоянием зданий, построенным в разные годы, разными типами применявшихся при строительстве технологий и решений и, следовательно, разными тепловыми потерями, а также разными техническими решениями, примененными при термомодернизации зданий в рамках пилотных проектов. Этот вывод согласуется, в частности, с выводами, изложенными в ряде публикаций, например в (Şıtağaç и др., 2010; Filippidou и др., 2016). При этом, как известно, процент экономии тепла значительно возрастает при повышении комплексности термомодернизации зданий, т.е. совместного выполнения мер по инженерным системам и ограждающим конструкциям здания, что подтверждается собственными данными автора, изложенными в работе (Белый и др., 2014).

Важным замечанием, которое хочется отметить здесь - в Казахстане до сих пор отсутствуют пилотные проекты, которые могли бы продемонстрировать эффективность сплошного утепления фасада жилого здания. Первые такие проекты были выполнены еще в 2012 году в г. Актобе, однако, достоверность мониторинга данных проектов вызывает сомнение в результате завышенного по мнению автора процента полученной экономии (90 %). Другой пилот - несколько лет назад по типу «мокрый фасад» был утеплен многоквартирный жилой дом в Астане. Утепление продемонстрировало хороший эффект, но здание на котором был реализован пилот - это новое здание, построенное всего 5 лет назад и там уже применены многие энергоэффективные решения, так что определить эффективность мер по сплошному утеплению фасада для существующего жилого фонда на примере данного проекта не представляется корректным. На старых жилых зданиях (до 1990 года постройки) меры по сплошному утеплению фасада в Казахстане до сих пор не проводились и не оценивались. В этой связи далее будем говорить только о частичной модернизации фасада - а именно герметизации и ремонтам межпанельных швов зданий.

На основе результатов ранее реализованных пилотных проектов в Казахстане (Belyu и др., 2013; Белый и др., 2014), автором были рассчитаны вклады отдельных реализованных технических мероприятий в общее сокращение энергопотребления типового многоквартирного жилого здания (5 этажей, крупнопанельного типа с 80-тью квартирами). Наибольший эффект (суммарно до 75 %) дают мероприятия в подвале здания (модернизация отопления, утепление инженерных коммуникаций, перекрытия подвала), а также мероприятия на кровле - ее утепление и гидроизоляция (19 %). Другие мероприятия менее эффективны, их вклад составляет от 1 до 4 %. Тем не менее, эти мероприятия необходимы для создания теплового комфорта внутри помещения и эстетического вида модернизированного здания.

Выполнение такой комплексной работы с целью снижения энергопотребления наталкивается на серьезное препятствие в виде потребностей в значительных инвестициях. Ниже (рис. 3) приведен составленной автором график зависимости достигнутой величины энергосбережения в жилом здании от уровня инвестиций в него (из расчёта на 1 м² площади квартир), требуемых для выполнения термомодернизации. Зависимости, представленные ниже, определены по итогам реализации пилотных проектов в Казахстане (суммарно было охвачено анализом 10 пилотных проектов).

Как видно на графике, наиболее затратными мероприятиями (8,5-10 USD/м²), дающими незначительный эффект (1,5-2 %) являются герметизация межпанельных швов и обустройство неотапливаемых закрытых пространств на балконах (остекление). Также достаточно затратен ремонт кровли здания (9,5 USD/м²), но эффект от него значительно больше (23 %).

Проведение вышеупомянутых мероприятий в подобных типах жилых домов приводит к увеличению энергоэффективности до уровня "С" - "нормальный" в соответствии с текущими строительными нормами Казахстана (Государственные нормативы..., 2015). Основные расходы направляются на ремонт крыши, фасада и инженерных коммуникаций в жилом здании. Общая сумма требуемых вложений составляет более 69 миллионов тенге на каждое здание (приблизительно 162 тысячи долларов США по курсу на июль 2021 года). Учитывая, что в таком доме обычно располагается 80 квартир, каждому собственнику квартиры необходимо вложить в ремонт здания свыше 2 тысяч долларов США.

При этом экономический эффект от комплексной термомодернизации составляет всего немногим более 1,3 млн. тенге за год на все здание. Понятно, что даже простой срок окупаемости этих мероприятий превышает все разумные пределы (более 50 лет). Понятно, что такая ситуация обусловлена достаточно низкими тарифами на энергию в Казахстане: в качестве примера отметим, что стоимость 1 Гкал тепловой энергии в Астане составила на начало 2023 г. 2,4 тыс. тенге (около 5 долларов США), что в 10 раз меньше, чем, например, в странах Европы.

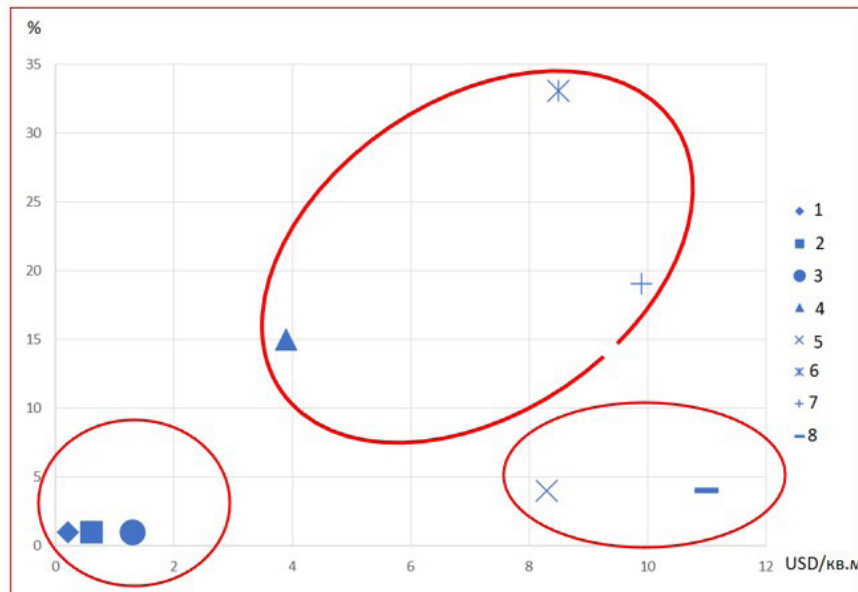


Рис. 3. Зависимость достигнутой величины энергосбережения (%) в жилом здании от уровня инвестиций (USD/1 кв. м), требуемых для выполнения отдельных мероприятий по термомодернизации жилого здания. 1 - Замена светильников в подъездах и другого дежурного освещения; 2 - Замена входных групп в подъездах (теплые тамбуры); 3 - Замена светопрозрачных конструкций в подъездах; 4 - Утепление подвала; 5 - Ремонт и герметизация межпанельных швов на фасаде; 6 - Монтаж Автоматизированного тепlopункта с заменой системы разводящих трубопроводов отопления и ГВС (горячая вода) по подвалу здания; 7 - Гидроизоляция и утепление кровельной системы; 8 - Остекление балконов.

5. Доступность услуг по термомодернизации домов в условиях низких цен на энергоносители

В связи с вышеизложенным справедлив вопрос о доступности потребителям в Казахстане расходов на термомодернизацию жилья сегодня. Вначале проанализируем из чего состоят расходы на коммунальные услуги. Для этого были проанализированы данные за 2021-2022 гг. для 1500 домохозяйств в трех городах Казахстана - Астана, Алматы и Атырау. В качестве исходных данных были использованы коммунальные счета (квитанции) за уплаченные коммунальные услуги как в отопительный, так и в неопотительный периоды года в квартирах многоэтажных жилых домов.

В исследуемых домохозяйствах была проанализирована структура коммунальных платежей, и особое внимание уделяется затратам на отопление и ГВС. Это объясняется тем, что именно затраты на теплоэнергию определяют класс энергоэффективности зданий в Казахстане, согласно действующим строительным нормам и правилам. Стоит отметить, что жители Казахстана оплачивают отопление лишь в период с середины октября до середины апреля, что соответствует продолжительности отопительного сезона в стране.

Исходя из проведенного анализа, было установлено (Белый, 2022), что в период отопительного сезона доля затрат на отопление и горячее водоснабжение варьируется от 25 % в Астане до 40 % в Алматы от общей суммы коммунальных платежей. Вне этого сезона расходы на горячее водоснабжение составляют лишь 3-5 % от коммунального бюджета. Когда учитываются затраты на отопление, горячее водоснабжение и электричество, они занимают от 34 % до 50 % коммунального бюджета в холодные месяцы и не более 35 % в теплые.

Для анализа финансовой нагрузки, связанной с оплатой коммунальных услуг домохозяйствами, в том числе за тепло, использовались статистические данные о доходах и расходах семей, предоставленные Национальным Бюро статистики за второй квартал 2021 года. Исходя из среднемесячных трат на содержание дома, выявлено, что в летние месяцы доля коммунальных платежей в трех городах колеблется от 7 до 10 процентов, а в зимние месяцы – от 11 до 13 процентов от общего бюджета домохозяйства.

Автором было проведено исследование, в ходе которого определено, что затраты на теплоэнергию занимают от 1,9 % до 3,6 % общих месячных расходов домохозяйств в холодный период года. Вне отопительного сезона, с апреля по октябрь, эти расходы снижаются до 0,96 % в Атырау и до 1,83 % в Алматы, что является весьма малой частью годового бюджета на коммунальные услуги.

Собранные данные указывают на то, что затраты на теплоэнергию составляют лишь незначительную часть расходов казахстанских домохозяйств. Это говорит о том, что интерес владельцев квартир к повышению энергоэффективности их домов, основанный исключительно на экономической выгоде, пока не проявляется. Большинство людей не склонны уделять внимание энергосбережению, поскольку текущие расходы на отопление невелики, в то время как затраты на реализацию мер по снижению энергопотребления остаются значительными.

В ходе исследования был проведен анализ, который позволил определить процентное соотношение общих затрат на коммунальные платежи и работы по термомодернизации (с учетом выплат по коммерческому кредиту) в общем доходе домохозяйств разных категорий в нескольких городах страны, результаты которого представлены в таблице 3.

Таблица 3. Величина (%) общих расходов на жилищно-коммунальные услуги и проведение термомодернизации у различных категорий домохозяйств в Казахстане (Белый, 2022)

№	Город	Среднестатистическое домохозяйство	Домохозяйство с двумя пенсионерами	Домохозяйство с одним пенсионером
1	Астана	18,50 (8,12)	20,07 (9,94)	31,30 (19,88)
2	Алматы	18,64 (7,28)	22,95 (9,94)	35,40 (19,88)
3	Атырау	20,65 (8,13)	23,20 (9,94)	34,98 (19,88)

Примечание:

В скобках показана доля затрат на термомодернизацию здания.

Расчеты были проведены:

- с учетом 30 %-ого сокращения энергии после термомодернизации здания;
- с учетом равных аннуитетных платежей для возврата взятого банковского кредита по ставке 14 % в течение максимально 5 лет .

В расчетах включены текущие затраты на основные коммунальные услуги, а также расходы по обслуживанию коммерческого кредита, взятого в коммерческом банке по ставке 14 % годовых на 5 лет с учетом ежемесячных аннуитетных платежей. Очевидно, что эти расходы составляют в среднем от 16 % до 19 % для семей с работающими членами, более 20 % для семей с двумя пенсионерами и более 30 % для семей с одинокими пенсионерами. При этом доля кредита на термомодернизацию составляет приблизительно половину от всех расходов данных домохозяйств.

Безусловно, для домохозяйств с пенсионерами требуется поддержка государства в форме частичной компенсации расходов, например, через предоставление жилищной помощи. Стоит отметить, что для домохозяйств с работающими собственниками в первом приближении доля коммунальных расходов (включая расходы на термомодернизацию) не считается критической по меркам многих европейских стран, где порогом часто является 25-30 % от общих расходов. Однако, учитывая среднюю заработную плату в Казахстане по сравнению с Европой, а также высокий процент расходов на продукты питания по проведенным социологическим опросам, становится ясно, что даже доля в 16-19 % на коммунальные расходы и термомодернизацию является значительной для определенной части населения, например, многодетных семей или семей с минимальным доходом. Таким образом, необходима продуманная помощь со стороны государства, основанная на доходах конкретного домохозяйства и ожидаемом уровне энергосбережения после термомодернизации. Важно учитывать положительный опыт других стран при разработке мер поддержки.

6. Заключение

Многоквартирные жилые здания в Казахстане являются важным направлением для сокращения энергопотребления, особенно в части достижения страной климатических обязательств. Как показал анализ имеющихся данных, энергопотребление для отопления этих зданий превышает минимальные требования норматива во всех регионах страны на 43-109 %. В то же время реализованные пилотные проекты продемонстрировали возможность добиться в среднем от 30 до 50 % экономии теплотребления на одном здании, что в условиях наблюдающегося в последнее время роста тарифов на тепловую и электрическую энергию весьма привлекательно для собственников. Снижение энергопотребления в существующих зданиях снижает и риски нехватки тепловой энергии в городах в условиях бурного нового строительства и уменьшает давление на инфраструктуру, особенно в зимний период. Это позволяет государству перенаправить ресурсы на модернизацию других ключевых инфраструктурных объектов.

Повышение энергоэффективности в секторе жилых зданий приводит к достижению и других - косвенных, в том числе, и социальных эффектов. Термомодернизация жилых многоквартирных зданий в Казахстане - это не только вопрос экономической целесообразности для собственника, но и вопрос обеспечения продления срока службы жилых домов, повышение безопасности проживания, повышение качества предоставления коммунальных услуг, повышение рыночной стоимости недвижимости и пр., что по мнению автора должно приводить к снижению социальной напряженности в обществе и повысить доверие населения к государственным реформам, хотя достоверно подтвержденных данных этой зависимости в стране пока нет. Выяснением этой связи может быть дополнительным исследованием автора, которое является темой отдельной научной статьи.

Повышение энергоэффективности многоквартирных жилых домов в Казахстане может иметь как прямые, так и косвенные политические последствия, которые отражаются на различных уровнях государственного управления, экономики и общества. Так, массовая практика увеличения энергоэффективности жилищного фонда снизит удельное потребление энергии, что в сочетании с принимаемыми мерами по декарбонизации всего сектора энергетики будет благоприятно сказываться на выполнении международных обязательств Казахстана по климату. Все это несомненно повысит репутацию страны на международной арене как партнера, приверженного устойчивому развитию и борьбе с изменением климата. Это также вероятно укрепит позиции Казахстана в переговорах с международными финансовыми институтами и организациями,

такими как Всемирный банк, Европейский банк реконструкции и развития и Зеленый Климатический Фонд для привлечения в страну дополнительных зелёных инвестиций.

Повышение энергоэффективности в жилом секторе сможет со временем уменьшить государственные расходы на субсидирование коммунальных услуг и энергетической инфраструктуры, что освобождает средства для других социально значимых проектов. Программы по повышению энергоэффективности обычно стимулируют спрос на специалистов в области строительства, проектирования, управления энергоресурсами и внедрения новых технологий. Это способствует созданию новых рабочих мест, особенно в секторе малого и среднего бизнеса и, как следствие, приводит к увеличению налоговых поступлений в бюджет.

Как известно, Казахстан сталкивается с серьезными вызовами, связанными с изменением климата. Повышение энергоэффективности не только снижает выбросы парниковых газов, но и делает здания более устойчивыми к экстремальным погодным условиям, что снижает риски для здоровья населения и инфраструктуры. Все это является дополнительным важным стимулом для массовой практики термомодернизации зданий в стране. Исходя из вышеизложенного, повышение энергоэффективности жилого сектора зданий становится важнейшей государственной задачей.

Однако, не весь набор энергосберегающих мероприятий, применяемый обычно на практике, может быть рекомендован к повсеместному применению в жилом фонде Казахстана. Исследования показали, что ремонтные работы на фасаде здания имеют скорее эстетический характер. Хотя необходимы дополнительные тестовые пилотные проекты по сплошному утеплению фасада для определения достоверного эффекта от их реализации в условиях Казахстана, обозначения их места в системе мероприятий.

Работа по улучшению энергоэффективности жилого сектора сталкивается с проблемой отсутствия надежной информации о фактическом состоянии жилых зданий. К сожалению, в стране отсутствует широко распространенная и методологически стандартизированная система сбора данных о потреблении энергии в каждом здании.

Независимо от набора мероприятий для выполнения задачи повышения энергоэффективности жилого фонда потребуются значительные финансовые ресурсы. По оценкам автора они могут составить порядка 10-12 млрд. долларов США на весь жилой фонд. Укрупненный расчет основан на учете стоимости мероприятий для термомодернизации «среднестатистического дома», конфигурация которого была основана на статистических данных (пятиэтажный панельный жилой дом, с 80-тью квартирами и общей площадью не превышающей 4,5 тыс. кв. м.). Для покрытия этих расходов очевидно потребуются заемные

средства, которые можно привлечь и использовать по назначению с применением финансовых механизмов поддержки потребителей через субсидирование и предоставление разумной грантовой поддержки, что успешно продемонстрировал опыт реализации различных пилотных проектов в Казахстане.

Не все население страны безболезненно сможет нести бремя расходов, необходимых на термомодернизацию своего жилища. Как показали расчеты, как правило, работающим (молодым) семьям такие расходы будут вполне по силам (вместе с коммунальными услугами они составят 18-20 % от совокупного дохода семьи). Однако неработающим, а также пенсионерам необходима будет поддержка государства через систему жилищной помощи.

В рамках проведения дальнейшей тематической работы автор планирует дополнить текущее исследование оценкой косвенных потенциальных выгод от энергосбережения в жилом секторе зданий, что может быть предметом отдельной статьи.

Список литературы

- Белый, А. (2022). Сколько стоит энергоэффективность в Казахстане? Извлечено из: <https://svestnik.kz/skolko-stoit-jenergojeffektivnost-v-kazahstane/?ysclid=lu6ynvxt7m5 86 16 7346>
- Белый, А., Друзь, Н., Задворных, Е. (2014). Возможности достижения социальных эффектов через повышение энергоэффективности многоквартирных жилых домов. Астана: ПРООН
- Белый, А., Задворных, Е., Друзь, Н., Шопаева, А., Хилленберг, Р., Валишева, И. (2013). Демонстрационная зона энергосбережения: Пилотный демонстрационный проект по повышению энергоэффективности системы теплоснабжения жилого многоквартирного здания: Аprobация модели «Все расчеты через КСК». Астана: ПРООН
- Витчиков, Ю., Беляков, И., Нохрина, Е. (2014). Утепление фасадов зданий при капитальном ремонте существующего жилого фонда Самарской области. Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. Вып. № 3(16). С. 103-110
- Государственные нормативы в области архитектуры, градостроительства и строительства. (2006). Строительные нормы РК. СН РК 2.04-21-2004* Энергопотребление и тепловая защита гражданских зданий. Астана: АО «КазНИИСА»
- Государственные нормативы в области архитектуры, градостроительства и строительства. (2012). Свод правил Республики Казахстан. СП РК 2.04-106-2012. Проектирование тепловой защиты зданий. Астана: АО «КазНИИСА»
- Государственные нормативы в области архитектуры, градостроительства и строительства. (2015). Строительные нормы РК. СН РК 2.04-04-2011. Тепловая защита зданий. Астана: АО «КазНИИСА»
- Иванова, Л. (2020). Развитие нормативных требований к тепловой защите зданий. Архитектура и дизайн № 1. С. 33-44. <https://doi:10.7256/2585-7789.2020.1.35796>
- О жилищном фонде. (2022). Статистический сборник на казахском и русском языках. Астана: Бюро национальной статистики Агентства по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан
- Шрекенбах, Л., Белый, А. (2022). К вопросу о системной организации модернизации многоквартирного жилого фонда в Казахстане для целей декарбонизации. Извлечено из: https://uyushma.uz/f/20220411_kaz_promhouse_article_eer_full_ru.pdf

- Assylbayev, A., Safronchuk, M., Niiazalieva, K., Brovko, N. (2023). Green Transformation and the Concept of Energy Efficiency in the Housing Sector. *Innovative Trends in International Business and Sustainable Management*. E.I. Lazareva, A.D. Murzin, B.A. Rivza, and V.N. Ostrovskaya, Eds., in *Approaches to Global Sustainability, Markets, and Governance*. Singapore: Springer Nature Singapore, 2023, pp. 567-577. https://DOI:10.1007/978-981-19-4005-7_61
- Belyy, A., Zadvornyykh, Y., Andreyev, D., Druz, N. (2013). Demonstration energy saving zone: Pilot projects to improve the energy efficiency of the heat consumption systems of buildings: ESCO mechanism testing in Karaganda city, Republic of Kazakhstan. Astana: UNDP
- Dyussebekova, N., Temirgaliyeva, N., Umyshev, D., Shavdinova, M., Schuett, R., Bektalieva, D. (2022). Assessment of Energy Efficiency Measures' Impact on Energy Performance in the Educational Building of Kazakh-German University in Almaty. *Sustainability*: vol. 14, no. 16, p. 9813, Aug. 2022, <https://DOI:10.3390/su14169813>
- Filippidou, F., Nieboer, N., Visscher, H. (2016). Energy efficiency measures implemented in the Dutch non-profit housing sector. *Energy and Buildings*. Volume 132, 15 November 2016, PP. 107-116. <https://DOI:10.1016/j.enbuild.2016.05.095>
- Panchenko, N., Olshanskaya, M., Goruynova, I., Belyy, A. (2013). Removing Barriers to Energy Efficiency in Municipal Heat and Hot Water Supply: Accomplishments & Lessons Learned from the UNDP/GEF Project in Kazakhstan. Astana: UNDP
- Sarbaeva, N., Omurbekova, M., Jeenbaev, U. (2021). The problems of increasing energy efficiency in residential buildings. *The Herald of KSUCTA*. Vol. 71. No. 1. - P. 142-146
- Sharipov, R., Tyulyubayeva, D., Shavdinova, M., Kudrevich, O., Yerzhanov, S. (2021). Practice and future of energy-efficient construction in the Republic of Kazakhstan. *J Appl Eng Science*: vol. 19, no. 1, pp. 1-8, 2021, <https://DOI:10.5937/jaes0-27404>
- Shevyakova, A., Petrenko, Y., Koshebayeva, G., Ulybyshev, G. (2022). Peculiarities of Housing and Communal Services and the Difficulties of Implementing Energy-Saving Technologies: The Case of Kazakhstan. *Energies*: vol. 15, no. 20, p. 7576, Oct. 2022, <https://DOI:10.3390/en15207576>.
- Šumarac, D., Todorović, M., Djurović-Petrović, M., Trišović, N. (2010). Energy efficiency of residential buildings in Serbia. *Thermal Science: Year 2010*, Vol. 14, Suppl., PP. S97-S113. <https://DOI:10.2298/TSCI100430017S>
- Tukhtamisheva, A., Adilova, D., Banionis, K., Levinskytė, A., Bliūdžius, R. (2020). Optimization of the Thermal Insulation Level of Residential Buildings in the Almaty Region of Kazakhstan. *Energies*: vol. 13, no. 18, p. 4692, Sep. 2020, <https://DOI:10.3390/en13184692>
- Zhigulina, A., Ponomarenko, A., Borodacheva, E. (2020). Problems of Energy Efficiency of Residential Buildings. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 753 (2020) 032020. <https://DOI:10.1088/1757-899X/753/3/032020>

Enhancing energy efficiency of residential apartment buildings against current thermal energy prices in Kazakhstan

Belyy A. ^{a,b} 

^a Kazakh-German University, 111, Pushkin str., Almaty, 050010, Kazakhstan

^b Toraigrov University, st. Lomova, 64, Pavlodar, 140008, Kazakhstan

Corresponding author: alex@avantgarde-group.eu

<https://doi.org/10.29258/CAJSCR/2024-R1.v3-2/24-44.rus>

ABSTRACT

Energy efficiency represents a key factor in building design and operation. In the Republic of Kazakhstan (RK), where buildings occupy the first place (43 %) in terms of energy consumption, the residential sector plays an important role, especially considering its cold climate with long winters. Heating and lighting systems are the main elements of energy consumption in residential buildings. The statistical analysis within the framework of the study allowed revealing the drivers of high specific thermal energy consumption, including low tariffs and lack of investment in building thermal upgrading. The article presents the analytical findings on the energy consumption in Kazakhstan's housing sector, as well as describes the main reasons for high energy consumption for housing heating, inter alia low investment on behalf of property owners in the context of low energy prices. The materials collected by the author as a result of direct participation in the preparation and execution of several pilot projects demonstrate the potential contribution of technical measures to the overall energy consumption reduction in various climatic conditions across the country; made it possible to calculate the profitability of a set of energyefficiency measures for a standard apartment building, as well as formulate recommendations for improving energy efficiency in the residential sector. Curtailing energy consumption in the sector will contribute to reducing greenhouse gas emissions, which is especially important for achieving the goals of national climate policy, including the Concept for the Transition of the RK to a "Green Economy", Kazakhstan's Nationally Determined Contribution (NDC) and Strategy of the RK for Achieving Carbon Neutrality by 2060. The study outputs are based on the data as of late 2021 and show the potential of new technologies and targeted energy strategies to mitigate climate change impacts.

ARTICLE HISTORY

Received: March 29, 2024

Accepted: October 10, 2024

Published: October 21, 2024

KEYWORDS

Energy efficiency, residential multi-apartment buildings, heating energy, energy consumption, demonstration projects, monitoring effects, Kazakhstan

References

- Assylbayev, A., Safronchuk, M., Niiazalieva, K., Brovko, N. (2023). Green Transformation and the Concept of Energy Efficiency in the Housing Sector, in Innovative Trends in International Business and Sustainable Management, E.I. Lazareva, A.D. Murzin, B.A. Rivza, and V.N. Ostrovskaya, Eds., in Approaches to Global Sustainability, Markets, and Governance. Singapore: *Springer Nature Singapore*, 2023, pp. 567-577. https://DOI:10.1007/978-981-19-4005-7_61
- Belyy, A. (2022). Skol'ko stoit jenergojeffektivnost' v Kazahstane? [How much does energy efficiency cost in Kazakhstan], Retrieved from: <https://svestnik.kz/skolko-stoit-jenergojeffektivnost-v-kazahstane/?ysclid=lu6ynvxt7m586167346> (in Russian)
- Belyy, A., Druz', N., Zadvornyh, E. (2014). Vozmozhnosti dostizhenija social'nyh jeffektov cherez povyshenie jenergojeffektivnosti mnogokvartirnyh zhilyh domov [Opportunities to achieve social effects through increasing the energy efficiency of multi-apartment residential buildings], Astana: *PROON*. (in Russian)
- Belyy, A., Zadvornyh, E., Druz', N., Shopaeva, A., Hillenberg, R., Valisheva, I. (2013). Demonstracionnaja zona jenergosberezhenija: Pilotnyj demonstracionnyj proekt po povysheniju jenergojeffektivnosti sistemy teplopotreblenija zhilogo mnogokvartirnogo zdaniya: Aprobacija modeli «Vse raschety cherez KSK» [Demonstration zone of energy saving: Pilot demonstration project to increase the energy efficiency of the heating system of a multi-apartment residential building: Testing of the model "All calculations via KSK"]. Astana: *PROON*. (in Russian)
- Belyy, A., Zadvornyh, Y., Andreyev, D., Druz, N. (2013). Demonstration energy saving zone: Pilot projects to improve the energy efficiency of the heat consumption systems of buildings: ESCO mechanism testing in Karaganda city, Republic of Kazakhstan. Astana: *UNDP*
- Dyussebekova, N., Temirgaliyeva, N., Umyshev, D., Shavdinova, M., Schuett, R., Bektaliev, D. (2022). Assessment of Energy Efficiency Measures' Impact on Energy Performance in the Educational Building of Kazakh-German University in Almaty. *Sustainability*: vol. 14, no. 16, p. 9813, Aug. 2022, <https://DOI:10.3390/su14169813>
- Filippidou, F., Nieboer, N., Visscher, H. (2016). Energy efficiency measures implemented in the Dutch non-profit housing sector. *Energy and Buildings*. Volume 132, 15 November 2016, PP. 107-116. <https://DOI:10.1016/j.enbuild.2016.05.095>
- Gosudarstvennye normativy v oblasti arhitektury, gradostroitel'stva i stroitel'stva. (2006). Stroitel'nye normy RK. SN RK 2.04-21-2004 [Gosudarstvennye normativy v oblasti arhitektury, gradostroitel'stva i stroitel'stva. (2006). Stroitel'nye normy RK. SN RK 2.04-21-2004] JenerGOPotreblenie i teplovaja zashhita grazhdanskikh zdaniy [Energy consumption and thermal protection of civil buildings]. Astana: AO «KazNIISA». (in Russian)
- Gosudarstvennye normativy v oblasti arhitektury, gradostroitel'stva i stroitel'stva [State regulations in the field of architecture, urban planning and construction]. (2012). Svod pravil Respubliki Kazahstan. SP RK 2.04-106-2012. Proektirovanie teplovoj zashhity zdaniy. [Code of Practice of the Republic of Kazakhstan. SP RK 2.04-106-2012. Design of thermal protection of buildings]. Astana: AO «KazNIISA». (in Russian)
- Gosudarstvennye normativy v oblasti arhitektury, gradostroitel'stva i stroitel'stva [State regulations in the field of architecture, urban planning and construction]. (2015). Stroitel'nye normy RK. SN RK 2.04-04-2011. Teplovaja zashhita zdaniy [Building codes GC. SN RK 2.04-04-2011. Thermal protection of buildings]. Astana: AO «KazNIISA». (in Russian)
- Ivanova, L. (2020). Razvitie normativnyh trebovanij k teplovoj zashhite zdaniy [Development of regulatory requirements for thermal protection of buildings]. *Arhitektura i dizajn* [Architecture and design] № 1. S. 33-44. <https://DOI:10.7256/2585-7789.2020.1.35796> (in Russian)
- O zhilishhnom fonde [About the housing stock]. (2022). Statisticheskij sbornik na kazahskom i russkom jazykah [Statistical collection in Kazakh and Russian languages]. Astana: *Bjuro nacional'noj statistiki Agentstva po strategicheskomu planirovaniju i reformam Respubliki Kazahstan* [Bureau of National Statistics of the Agency for Strategic Planning and Reforms of the Republic of Kazakhstan]. (in Russian)

- Panchenko, N., Olshanskaya, M., Goruynova, I., Belyy, A. (2013). Removing Barriers to Energy Efficiency in Municipal Heat and Hot Water Supply: Accomplishments & Lessons Learned from the UNDP/GEF Project in Kazakhstan. Astana: *UNDP*
- Sarbaeva, N., Omurbekova, M., Jeenbaev, U. (2021). The problems of increasing energy efficiency in residential buildings. *The Herald of KSUCTA*. Vol. 71. No. 1. - P. 142-146
- Sharipov, R., Tyulyubayeva, D., Shavdinova, M., Kudrevich, O., Yerzhanov, S. (2021). Practice and future of energy-efficient construction in the Republic of Kazakhstan. *J Appl Eng Science*: vol. 19, no. 1, pp. 1-8, 2021, <https://DOI: 10.5937/jaes0-27404>
- Shevyakova, A., Petrenko, Y., Koshebayeva, G., Ulybyshev, G. (2022). Peculiarities of Housing and Communal Services and the Difficulties of Implementing Energy-Saving Technologies: The Case of Kazakhstan. *Energies*: vol. 15, no. 20, p. 7576, Oct. 2022, <https://DOI: 10.3390/en15207576>
- Shrekenbah, L., Belyj, A. (2022). K voprosu o sistemnoj organizacii modernizacii mnogokvartirnogo zhilogo fonda v Kazahstane dlja celej dekarbonizacii [On the issue of systemic organization of modernization of multi-apartment housing stock in Kazakhstan for the purposes of decarbonization]. Retrieved from: https://uyushma.uz/f/20220411_kaz_promhouse_article_eer_full_ru.pdf (in Russian)
- Šumarac, D., Todorović, M., Djurović-Petrović, M., Trišović, N. (2010). Energy efficiency of residential buildings in Serbia. *Thermal Science*: Year 2010, Vol. 14, Suppl., PP. S97-S113. <https://DOI:10.2298/TSCI100430017S>
- Tukhtamisheva, A., Adilova, D., Banionis, K., Levinskytė, A., Bliūdžius, R. (2020). Optimization of the Thermal Insulation Level of Residential Buildings in the Almaty Region of Kazakhstan. *Energies*: vol. 13, no. 18, p. 4692, Sep. 2020, <https://DOI:10.3390/en13184692>
- Vytchikov, Ju., Beljakov, I., Nohrina, E. (2014). Uteplenie fasadov zdanij pri kapital'nom remonte sushhestvujushhego zhilogo fonda Samarskoj oblasti [Insulation of building facades during major repairs of existing housing stock in the Samara region]. *Vestnik SGASU. Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban development and architecture]. Vyp. № 3(16). S. 103-110. (in Russian)
- Zhiguli, A., Ponomarenko, A., Borodacheva, E. (2020). Problems of Energy Efficiency of Residential Buildings. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 753 (2020) 032020. <https://DOI: 10.1088/1757-899X/753/3/032020>