

4. Тилинин, Ю. И. Повышение технологичности монтажа каркасно-панельных быстровозводимых зданий / Ю. И. Тилинин, Д. А. Животов, В. Ю. Тилинин // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2021. – № 1 (35). – С. 34–37.
5. Курносков, А. О. Технологии производства стеклянных наполнителей и исследование влияния аппретирующего вещества на физико-механические характеристики стеклопластиков / А. О. Курносков, М. И. Вавилова, Д. А. Мельников // Авиационные материалы и технологии. – 2018. – №1 (50). – С. 64–70. – DOI:10.18577/2071-9140-2018-0-1-64-70.
6. Пещеренко, Е. Современные технологии производства композитных изделий от ESI Group / Е. Пещеренко // Аэрокосмический курьер. – 2014. – № 4. – С. 2–6. – Режим доступа: <https://studylib.ru/doc/2575817/sovremennye-tehnologii-proizvodstva-kompozitnyh-izdelij>.
7. Егоров, А. Н. Систематизация показателей и оценка технологий 3D-печати в строительстве / А. Н. Егоров, Н. С. Горвая // Фундаментальные, поисковые и прикладные исследования Российской академии архитектуры и строительных наук по научному обеспечению развития архитектуры, градостроительства и строительной отрасли Российской Федерации в 2018 году : сборник научных трудов Российской академии архитектуры и строительных наук. – Москва, 2019. – С. 177–184. – DOI: 10.22337/9785432303134-177-184.
8. Егоров, А. Н. Технология 3D-печати в строительстве / А. Н. Егоров, Н. С. Горвая // Фундаментальные, поисковые и прикладные исследования РААСН по научному обеспечению развития архитектуры, градостроительства и строительной отрасли Российской Федерации в 2017 году : сборник научных трудов Российской академии архитектуры и строительных наук. – Москва, 2018. – С. 192–194. – DOI: 10.22337/9785432302663-192-194.
9. Рыбнов, Е. И. Развитие технологии контурного строительства / Е. И. Рыбнов, А. Н. Егоров, Н. С. Горвая // Вестник гражданских инженеров. – 2018. – № 2 (67). – С. 135–140. – DOI: 10.23968/1999-5571-2018-15-2-135-14010.
10. Латута, В. В. Исследование водонепроницаемости фундамента для малоэтажного здания, изготовленного вибрационным методом / В. В. Латута // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2019. – № 4 (30). – С. 42–45.

© Д. А. Животов, Ю. И. Тилинин

**Ссылка для цитирования:**

Животов Д. А., Тилинин Ю. И. Перспективные технологии аддитивного производства стеновой опалубки из углепластика // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2022. № 2 (40). С. 28–31.

УДК 699.844  
DOI 10.52684/2312-3702-2022-40-2-31-36

**СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ЗВУКОИЗОЛЯЦИИ В ДОМАХ,  
ПОСТРОЕННЫХ ПО МОНОЛИТНО-КАРКАСНОЙ ТЕХНОЛОГИИ**

*К. А. Гуреев, Д. В. Трясцин*

**Гуреев Кирилл Александрович**, кандидат экономических наук, доцент кафедры строительного инжиниринга и материаловедения, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, г. Пермь, Российская Федерация, тел.: +7(908)273-56-36; e-mail: gureev.prof@gmail.com;  
**Трясцин Дмитрий Владимирович**, магистрант, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, г. Пермь, Российская Федерация, тел.: +7(951)936-37-72; e-mail: tryascin77@mail.ru

Рассмотрена значимость звукоизоляции для обеспечения комфорта жильцов в многоквартирном доме. Отмечено, что по статистике количество жалоб на плохую звукоизоляцию больше у жильцов домов, построенных по монолитно-каркасной технологии. Расписаны способы по улучшению звукоизоляции в новостроящихся жилых многоквартирных зданиях. Представлена сводная информация о современных требованиях к звукоизоляции. Представлен основной перечень применяемых современных материалов, используемых для улучшения звукоизоляции в квартире. Особое внимание уделяется вопросу повышения качества звукоизоляции в уже построенных объектах с явными отклонениями от норм, что позволит улучшить качество проживания собственников. Информация основывается на проведенных исследованиях по улучшению звукоизоляции с применением современных материалов и технологий.

**Ключевые слова:** монолитно-каркасное строительство, комфорт, нормирование звукоизоляции, индекс изоляции, улучшение звукоизоляции внутренних стен и межэтажных перегородок, современные технологии строительства.

**THE WAYS TO INCREASE SOUND INSULATION IN HOUSES BUILT  
USING MONOLITHIC FRAME TECHNOLOGY**

*K. A. Gureyev, D. V. Tryastsin*

**Gureyev Kirill Aleksandrovich**, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Construction Engineering and Materials Science, Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation, phone: +7(908)273-56-36; e-mail: gureev.prof@gmail.com;  
**Tryastsin Dmitriy Vladimirovich**, Masters student, Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation, phone: +7(951)936-37-72. e-mail: tryascin77@mail.ru

The importance of sound insulation to ensure the comfort of residents in an apartment building is considered. It is noted that according to statistics, the number of complaints about poor sound insulation is greater among residents of houses built using monolithic frame technology. The ways to improve the sound insulation in newly built residential multiple buildings are described. A summary of modern requirements for sound insulation is presented. The main list of applied modern materials used to improve sound insulation in the apartment is presented. Special attention is paid to the issue of improving the quality of sound insulation in already built facilities with obvious deviations from the norms, which will improve the quality of the owners' accommodation. The information is based on research conducted to improve sound insulation using modern materials and technologies.

**Keywords:** monolithic frame construction, comfort, rationing of sound insulation, insulation index, improvement of sound insulation of internal walls and interstory partitions, modern construction technologies.

Достаточный уровень звукоизоляции в квартирах является одним из важнейших характеристик для обеспечения комфорта жителей. По данным опроса [1], проведенного в 2021 г. были определены главные раздражающие факторы в квартирах и домах у россиян:

- слабая звукоизоляция – 43 % опрошенных;
- стоимость услуг управляющей компании – 37 %;
- поведение соседей – 30 %.

В исследовании участвовали более 1,3 тыс. респондентов старше 26 лет из крупных городов со средним доходом от 30–60 тыс. руб., включая Москву и Санкт-Петербург. Участники опроса проживают в различных типах объектов:

- недавно сданных новостройках (не более 10 лет) – 26 %;
- домах вторичного жилого фонда – 61 %;
- объектах ИЖС – 13 %.

В исследовании отмечено, что слабая звукоизоляция раздражает чаще тех, кто проживает в новостройках (54 % против 46 %, живущих в старом фонде).

Похожая ситуация наблюдается в зарубежных анализах. Так, в материалах [2] сообщается, что согласно данным опросов, хорошая звукоизоляция является одной из основных характеристик качества дома: 82 % респондентов не готовы экономить средства за счет звукоизоляции [3]; 94 % считают, что хорошая звукоизоляция / шумоизоляция важна, 57 % – особо важна.

В России собственники жилья в современных новостройках эконом-класса, а в некоторых случаях комфорт-класса часто сталкиваются с проблемой недостаточной звукоизоляции. Звукоизоляция является одним из самых актуальных факторов обеспечения доступности и качества жилых помещений для населения. Наилучшей тепло- и звукоизоляцией, а также хорошей вентиляцией обладают дома из кирпича, что выводит жилые помещения в них по уровню привлекательности на первое место [4].

Как правило, эта проблема возникает из-за отсутствия контроля у застройщиков и выбора дешевых строительных материалов, которые производятся без соблюдения ГОСТов и монтируются без учета норм и правил. Дополнительно низкий уровень квалификации строителей влияет на данную проблему. В итоге собственники квартир, долгое время ожидавших сдачи дома, не удовлетворены качеством жилья из-за высокой слышимости между квартирами. Особенно часто это проявляется в домах, построенных по технологии монолитно-каркасного возведения. Здание, возводимое по данной технологии, монолитное сооружение, построенное на фундаменте из армированной бетонной плиты толщиной не меньше одного метра, который соединяют со стенами бесшовным способом. Бетонная масса заливается в зара-

нее собранную на месте стен и перекрытий опалубку или каркас (рис. 1). Монолитные дома имеют ряд преимуществ по сравнению с другими технологиями постройки: отсутствуют швы, долговечны, надежны и способны выдержать большие нагрузки. Однако по статистике случаи недостаточной звукоизоляции наблюдаются именно в монолитно-каркасных домах. Бесшовный монолит передает звук, а внутренняя арматура его только усиливает. На бетонных стыках шум не гасится в связи с отсутствием звукопоглощающих материалов. Для решения проблемы можно использовать несъемную опалубку из пенополистирола и грамотно подобрать материалы для фасадной внутренней отделки.

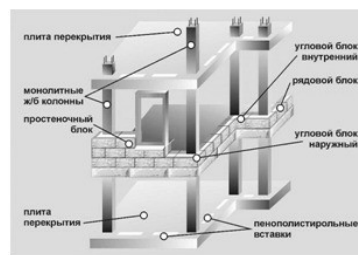


Рис. 1. Типовая схема постройки по монолитно-каркасной технологии

При участии авторов статьи были проведены замеры звукоизоляции в трех многоквартирных домах, построенных по монолитно-каркасной технологии.

В двух новостройках бюджетного класса одного Пермского застройщика были получены следующие результаты, представленные на рисунке 2.

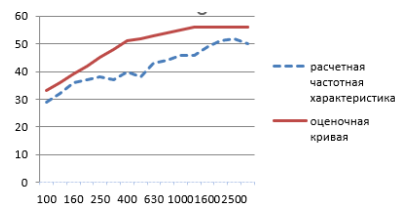


Рис. 2. Расчетные уровни звукоизоляции в сравнении с нормативом, почастотно

Преградой являлись межквартирные стены. Состав стен – ячеистые блоки толщиной 190 мм.

Индекс изоляции воздушного шума на исследуемом объекте составил 45 дБ при нормативном значении не менее 52 дБ, что не соответствует требованиям СП 51.3330.2011 «Защита от шума».

Еще проводились замеры в новостройке комфорт-класса второго застройщика.

Согласно п. 2.1 СП 23-103-2003, оценка результатов измерений осуществлялась путем сопоставления измеренной частотной характеристики изоляции воздушного шума с оценочной кривой.

Для вычисления индекса необходимо было определить сумму неблагоприятных отклонений измеренной частотной характеристики от

оценочной кривой. При этом сумма неблагоприятных отклонений должна максимально приближаться к 32 и не превышать эту величину.

За величину индекса воздушного шума принималась ордината смещенной оценочной кривой в третьоктавной полосе со среднегеометрической частотой 500 Гц (табл.).

Таблица 1

**Оценочные характеристики шумоизоляции, почастотно**

Параметры	Среднегеометрическая частота 1/3 октавной полосы, Гц															Неблагоприятные отклонения	
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500		3150
Расчетная частотная характеристика	40	50	54	53	52	50	50	52	48	51	60	65	66	67	66	63	-
Оценочная кривая	33	36	39	42	45	48	51	52	53	54	55	56	56	56	56	56	-
Неблагоприятные отклонения	-	-	-	-	-	-	1	0	5	3	-	-	-	-	-	-	9
Оценочная кривая, смещенная вверх на 5 дБ	38	41	44	47	50	53	56	57	58	59	60	61	61	61	61	61	-
Неблагоприятные отклонения от смещенной оценочной кривой	-	-	-	-	-	3	6	5	10	8	-	-	-	-	-	-	32
Индекс изоляции воздушного шума, $R_{w,0}$ , дБ	-	-	-	-	-	-	-	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-

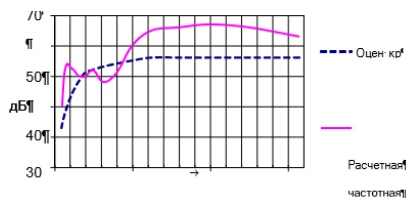


Рис. 3. Расчетные уровни звукоизоляции в сравнении с нормативом, почастотно

Индекс изоляции воздушного шума стены между жилыми квартирами жилого дома во втором исследовании составил 57 дБ при нормативном значении 52 дБ и более, что соответствует требованиям СП 51.13330.2011. Межквартирные перегородки в этом случае отвечают строительным нормам и правилам.

Таким образом, результаты проведенных измерений показали, что индекс звукоизоляции в домах, возведенных по монолитно-каркасной технологии, чаще находится ниже нормативного значения или рядом с ним.

По данным Росстата, за 2020 г. количество возведенных домов по технологии монолитного строительства составляет 22,4 млн м<sup>2</sup> (39,3 %), что в три раза больше, чем в 2009 г. На сегодняшний день это наиболее применяемая технология у застройщиков. К примеру, по данным РБК в старых границах Москвы 84 % возведенных корпусов в новостройках построены по монолитной технологии, 15 % изготовлены из панелей и только 1 % приходится на другие варианты возведения домов.

В многоквартирных домах выделяют три вида шума:

1. Воздушный (межквартирный).

Этот тип шума воспринимается исключительно с помощью слуха. Например, разговорная речь, работающая телеаудиоаппаратура, лай собак относятся к воздушным шумам, которые переносятся по воздуху. Достигая преграды (например, стены), звуковая волна заставляет ее колебаться, вызывая звуковое излучение с противо-

положной стороны. Звуки также распространяются по зданию через трещины и пустоты между разными помещениями.

2. Ударный (межэтажный).

Этот шум возникает при механическом воздействии на строительные конструкции. Например, резкие шаги, стук каблуков, удар или падение тяжелых предметов, прыжки детей. Важно отметить, что затухание ударного шума зависит от однородности материала, модуля упругости и количества точек соединения участков конструкций друг с другом. Так, строительные материалы железобетон и металлы обладают низкой степенью затухания ударного шума ввиду их однородности и небольшими потерями на внутреннее трение. В кирпичной кладке затухание ударного шума снижается больше по причине неоднородности состава конструкции (кирпич и раствор в швах).

3. Структурный.

Этот вид шума возникает из двух предыдущих. При ударном или звуковом воздействии конструкция вибрирует, создавая звуковые волны и передавая вибрацию на соседние поверхности. Так появляется структурный шум, который расходит по смежным помещениям. В сравнении с воздушным шумом, он воспринимается не только слухом, но и всем телом. Например, соседи сверху роняют тяжелый предмет, и соседям снизу кажется, что дрожит вся комната. Все твердые поверхности передают вибрацию, создавая такой эффект.

С целью привлечения покупателей и экономии на стоимости строительства заказчики и строители часто не придают значения акустическому комфорту в помещениях. В итоге перегородки и межквартирные стены имеют низкий уровень звукоизоляции от воздушного шума, перекрытия не обеспечивают достаточной изоляции от ударного, а монолитные конструкции создают благоприятные условия для распространения структурного шума [4].

Таким образом, не соблюдаются санитарные нормы (СП 51.13330.2011) допустимого шума,

что неблагоприятно сказывается на здоровье человека. Положение осложняется тем, что органы государственного строительного надзора, здравоохранения и Роспотребнадзора централизованно и полноценно не контролируют устройство необходимой звукоизоляции [6]. Как правило, они только реагируют на отдельные жалобы собственников жилья. В связи с этим важно исследовать методы решения проблемы звукоизоляции, характерные именно для монолитно-каркасного возведения зданий, на основе которых появится возможность разработать методические рекомендации для застройщиков и органов власти.

Высокая значимость и недостаточная практическая разработанность проблемы определяют несомненную актуальность и новизну данного исследования. Жильцы квартиры в новостройке, столкнувшись с проблемой плохой звукоизоляции, задаются вопросом о способе ее решения. Требуется избавиться от воздушного шума (разговора людей, звуков телевизора, проезжающих автомобилей) и ударного шума (механических воздействий – сверления стен, хождения по комнате, сдвигания мебели).

Если собственник жилья столкнулся с проблемой плохой звукоизоляции, то решить их можно установкой специальных звукоизоляционных материалов. Эти материалы обладают свойством поглощения, рассеивания и предотвращения колебания звуковой волны (рис. 4).

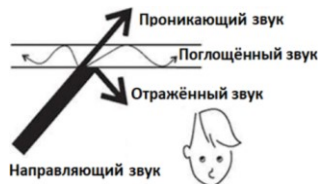


Рис. 4. Поглощение звука изоляционными материалами

Для этого к стенам квартиры крепятся звукоизолирующие материалы, которые представляют собой плиты из специального материала (рис. 5). Как правило, это слоистые материалы из минеральной ваты.

Для изоляции потолка используются подвесные потолочные системы, на пол стелют промежуточную подложку из звукоизолирующего материала. Возможно решение проблемы – подвесной потолок из ГКЛ по потолочному каркасу в 65 мм, в промежуток устанавливаются минеральные ваты толщиной 50 мм [7].

Устройство звукоизоляции строится на четырех принципах: поглощении, блокировании, преломлении, изоляции [8]. Современные звукоизолирующие материалы можно разделить на несколько групп, которые отличаются техническими характеристиками и областью применения (рис. 6, 7). Самая распространенная группа – это вспененные материалы. К ним относятся рулонные или листовые вспененные материалы на основе полиуретана, синтетического каучука и

полиэтилена. Данный вид изоляции получил широкую популярность благодаря низкой себестоимости и удобству в применении. Рулонные материалы также можно использовать для звукоизоляции в системе «плавающий пол». Еще одна группа материалов – звукопоглощающие материалы. Их изготавливают из натуральных материалов, они более пожаробезопасны. Это базальтовая вата, каолиновая вата, вспененное стекло. Редко для звукопоглощающих материалов используют синтетические соединения, такие как пенополиуретан. Могут быть представлены в виде легких конструкций и монолитных систем. Самой малочисленной группой являются готовые решения для звукоизоляции. Они и самые дорогие. Изготавливаются на заводе и комбинируются между собой. К ним относятся виброакустические панели, сэндвич-панели. В жилых домах чаще всего применяют для звуко- и теплоизоляции каменную вату.

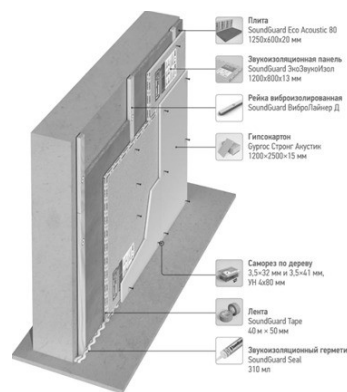


Рис. 5. Каркасная система звукоизоляции

Так как звукоизоляция помещений носит комплексный характер, поэтому важно обратить внимание на звукоизоляцию дверей и окон. Современные входные двери жилых квартир обеспечивают необходимую изоляцию.

Для улучшения звукоизоляции в помещении должное внимание надо уделить внутренней изоляции от посторонних звуков. Для изоляции стен используют сэндвич-панели, отвечающие нормам пожарной безопасности. Они изготавливаются из каменной ваты и имеют многослойную структуру. Хорошим решением для стен является натяжной потолок. Звукопоглощающие свойства потолка образуются из-за перфорации в нем. Для пола, как и для стен, хорошим «звукоизолятором» будет каменная вата. [9] Кроме изоляции основных элементов: стен, полов, потолков и окон – важно обратить внимание на герметичность самого помещения. Звук может распространяться через вентиляционные отверстия, кабель-каналы. В таких случаях стоит использовать специальные затворные клапаны для вентиляции, а для щелей жидкую пену, которая обеспечивала бы необходимую звукоизоляцию. Лучше установить противопожарную входную дверь, так как она характеризуется повышенной



звукоизоляции. Перечисленные выше меры относятся к внешней звукоизоляции.



Рис. 6. Материалы для каркасной системы звукоизоляции

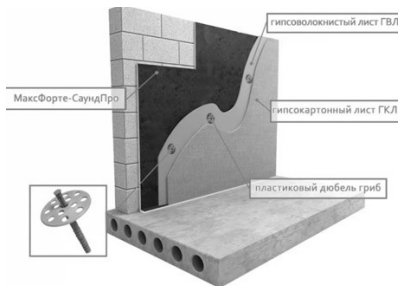


Рис. 7. Бескаркасная система звукоизоляции

Очень часто толщина межэтажных перекрытий в монолитно-каркасных домах минимальна, а используемый в строительстве бетон является плохим звукоизолирующим материалом.

Частичная изоляция не принесет существенного эффекта – звуки распространяются как со стороны стен, так и потолка и пола [10]. Частичная звукоизоляция используется для локализации отдельного участка квартиры, который является наиболее сильным источником шумов: входные двери, окна, розетки, канализационные стояки. Такие работы заключаются в устранении мелких недочетов, допущенных при строительстве, и без труда выполняются собственными силами.

Для получения высокого уровня звукоизоляции требуется полный монтаж (звукоизоляция пола, потолка, межквартирных стен, перегородок, замена некачественных окон и дверей), что снижает полезную площадь квартиры в целом. Звукоизоляция квартиры своими руками для опытного домовладельца не относится к категории сложных работ и сравнима с выполнением капитального ремонта.

Существующие современные материалы и технологии позволяют обеспечить уровень звукоизоляции, соответствующий и даже превышающий показатели, указанные в строительных нормах и правилах.

В одном зарубежном исследовании предлагается девять способов решения проблемы по звукоизоляции квартиры [11]:

- 1) определите свои слабые места в квартире. Нужно сосредоточиться на области квартиры, откуда поступает нежелательный звук: из входной двери или со стороны одной стены;
- 2) закрепите в проблемных областях квартиры несколько «одеял» или других подручных звукоизоляционных покрытий;
- 3) повесьте звукопроницаемые шторы на окна;
- 4) установите на двери комплект акустических уплотнений;
- 5) повесьте книжные полки на стены вокруг проблемных мест;
- 6) застелите свой пол ковриком для поглощения звука. Это уменьшит звук, распространяющийся по квартире, и порадует соседей;
- 7) добавьте «белый» мягкий звук из своих колонок. Такой вариант поможет отвлечь от раздражающих звуков и принесет душевное спокойствие;
- 8) наладьте контакт с соседями. Попросите их не шуметь;
- 9) привлеките к решению проблемы организацию, обслуживающую ваш дом или арендодателя.

#### Заключение

Озвученная в статье проблема по звукоизоляции в монолитно-каркасных домах очень актуальна для жильцов. В результате анализа экспериментальных данных выяснилось, что индексы звукоизоляции в них недостаточные. Возлагать затраты по устранению проблем звукоизоляции на конечного потребителя является существенным правонарушением процедуры сдачи жилых многоквартирных домов в эксплуатацию. Известно, что государственный строительный надзор Пермского края не контролирует данный показатель при приемке вновь возведенных зданий.

При обнаружении недостатков звукоизоляции квартиры установленным требованиям собственник вправе предъявить застройщику претензию с указанием своих запросов и их оснований (протокол измерений межквартирного звука, выполненный аккредитованной организацией). В случае, если застройщик добровольно не устранит выявленные недостатки, необходимо обратиться с иском в суд. Другим решением проблемы является организация звукоизоляции за свой счет по методике, описанной в статье.

#### Список литературы

1. Райффайзенбанк выяснил, что раздражает россиян в их домах. – Режим доступа: [raiffeisen.ru/about/press/releases/199640](http://raiffeisen.ru/about/press/releases/199640) (дата обращения 13.04.2022).
2. Kürer, R. Zeitschrift für Lärmbekämpfung / R. Kürer. – 1993. – № 40. – P. 37–42.
3. Müller, E. Estrichtechnik / E. Müller / IBF. – 1999. – № 3. – P. 25–30.
4. Брумштейн, Ю. М. Анализ моделей и факторов принятия решений о приобретении и обмене жилых помещений, управлении их комфортностью / Ю. М. Брумштейн, Т. Ю. Аксенова, Ю. Ю. Аксенова // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2010. – № 3. – С. 74.
5. Анджелов, В. Н. Проблемы обеспечения звукоизоляции ограждений монолитных жилых и общественных зданий / В. Н. Анджелов // Academia. Архитектура и строительство. – 2009. – № 3. – С. 193–195.

6. Цукерников, И. Е. Решение задач строительной акустики как фактора, обеспечивающего безопасность и комфортность проживания в зданиях / И. Е. Цукерников, Л. А. Тихомиров, Е. О. Соломатин, И. П. Салтыков, Н. А. Кочкин // Жилищное строительство. – 2014. – № 6. – С. 49–52.
7. Пороженко, М. А. Изоляция ударного шума ограждающими конструкциями здания / М. А. Пороженко // Бюллетень строительной техники. – 2018. – № 6 (1006). – С. 34–35.
8. Горин, В. А. Исследование звукоизоляции многослойных междуэтажных перекрытий / В. А. Горин, В. В. Клименко, М. А. Пороженко // Строительство и реконструкция. – 2018. – № 3 (77). – С. 46–51.
9. Sound Insulation of Buildings. – Режим доступа: [ivilengineeringbible.com/article.php?i=133](http://ivilengineeringbible.com/article.php?i=133).
10. Шубин, И. Л. Звукоизоляция ограждающих конструкций в многоэтажных зданиях. Требования и методы обеспечения / И. Л. Шубин, В. А. Аистов, М. А. Пороженко // Строительные материалы. – 2019. – № 3. – С. 33–43. – DOI: 10.31659/0585-430X-2019-768-3-33-43.
11. How to Soundproof an Apartment: 9 Tips and Tricks. – Режим доступа: [apartmentlist.com/renter-life/how-to-soundproof-an-apartment](http://apartmentlist.com/renter-life/how-to-soundproof-an-apartment) (дата обращения 13.04.2022).

© К. А. Гуреев, Д. В. Трясцин

**Ссылка для цитирования:**

Гуреев К. А., Трясцин Д. В. Способы повышения звукоизоляции в домах, построенных по монолитно-каркасной технологии // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2022. № 2 (40). С. 31–36.

УДК 621.979.1

DOI 10.52684/2312-3702-2022-40-2-36-41

## МОДИФИКАЦИЯ ЧИСЛЕННОГО МЕТОДА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ КИНЕМАТИЧЕСКОГО И ДИНАМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА МЕХАНИЗМОВ

*О. А. Хохлова, Е. В. Пономарева, А. В. Синельщиков*

**Хохлова Ольга Александровна**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Механика и инженерная графика», Астраханский государственный технический университет, г. Астрахань, Российская Федерация; e-mail: [zaphy@yandex.ru](mailto:zaphy@yandex.ru);

**Пономарева Елена Владимировна**, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры «Механика и инженерная графика», Астраханский государственный технический университет, г. Астрахань, Российская Федерация; e-mail: [internet@astu.org](mailto:internet@astu.org);

**Синельщиков Алексей Владимирович**, кандидат технических наук, доцент кафедры промышленного и гражданского строительства, Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, г. Астрахань, Российская Федерация; e-mail: [laex@bk.ru](mailto:laex@bk.ru)

Разработана методика динамических исследований механизма переменной структуры с учетом реального положения центров масс и инерционных характеристик круговых звеньев. Подготовлена математическая модель исполнительного механизма с комбинированным шатуном. Предложен алгоритм численного метода решения задач кинематического и динамического анализа механизма переменной структуры, в котором связи учитываются «естественным» способом путем построения парциальных систем механизма, используя уравнения Лагранжа второго рода. Получена функция одной из обобщенных координат  $\varphi$  и двух ее производных  $\omega_1$  и  $\varepsilon_1$ , проведено сравнение результатов с решением, полученным в программном комплексе ADAMS/Solver. Проведенные исследования базируются на известных в механике машин методах анализа механизмов. Решение дифференциальных уравнений движения исполнительного механизма переменной структуры пресса с комбинированным шатуном и экспериментальной установки проводились на ЭВМ численным методом Рунге – Кутты.

**Ключевые слова:** численный метод решения, метод интегрирования, метод линейного ускорения, механизм переменной структуры, численный динамический анализ, уравнения Лагранжа, парциальная система, обобщенная координата, обобщенная сила.

## MODIFICATION OF THE NUMERICAL METHOD FOR SOLVING PROBLEMS OF KINEMATIC AND DYNAMIC ANALYSIS OF MECHANISMS

*O. A. Khokhlova, Ye. V. Ponomareva, A. V. Sinelshchikov*

**Khokhlova Olga Aleksandrovna**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Mechanics and Engineering Graphics, Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russian Federation; e-mail: [zaphy@yandex.ru](mailto:zaphy@yandex.ru);

**Ponomareva Yelena Vladimirovna**, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor of the Department of Mechanics and Engineering Graphics, Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russian Federation; e-mail: [internet@astu.org](mailto:internet@astu.org);

**Sinelshchikov Aleksey Vladimirovich**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Industrial and Civil Engineering, Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering, Astrakhan, Russian Federation; e-mail: [la\\_41@bk.ru](mailto:la_41@bk.ru)

A method of dynamic studies of the mechanism of variable structure (MPS) has been developed taking into account the real position of the centers of mass and the inertial characteristics of circular links. A mathematical model of the MPC executive mechanism with a combined connecting rod has been developed. An algorithm of a numerical method for solving problems of kinematic and dynamic analysis of MPS is proposed, in which connections are taken into account in a "natural" way by constructing partial systems of mechanisms using Lagrange equations of the 2nd kind. A function of one of the generalized coordinates  $\varphi$  and its two derivatives  $\omega_1$  and  $\varepsilon_1$  is obtained, the results are compared with the solution obtained in the ADAMS/Solver software package. The conducted research is based on the methods of mechanism analysis known in the mechanics of machines. The differential equations of motion of the actuator of a variable structure of a press with a combined connecting rod and an experimental installation were solved on a computer by the numerical Runge-Kutta method.