

Булкин В.В.

*Муромский институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264 г. Муром, Владимирской обл., ул. Орловская, д. 23*

Снижение шума вспомогательным модулем шумозащитного экрана

В Муромском институте ВлГУ на старой технической территории с естественной подстилающей поверхностью был создан полигон для исследования шумозащитных или шумопоглощающих экранов. Общая конструкция экрана в виде сверху имеет П-образный профиль. Основная часть имеет длину 9 метров, высота – 3 метра. Боковые отгоны имеют длину 3 метра при той же высоте [1,2]. Они выполняют вспомогательные функции и необходимы для создания препятствия дифракции акустического сигнала через боковые поверхности основной части экрана. Модель экрана показана на рисунке 1.

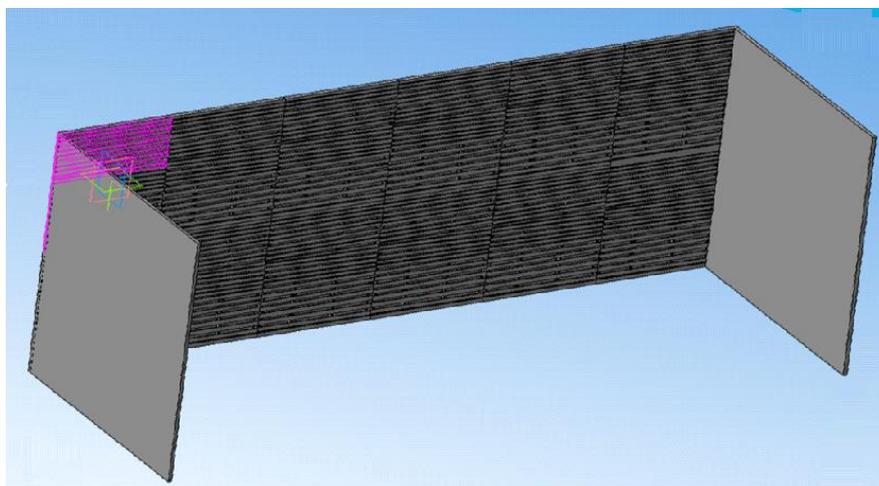


Рисунок 1 – Модель шумозащитного экрана

При создании АЭ были учтены требования ГОСТ 32957-2014 [3]. Экран сформирован сочетанием модулей, имеющих с одной стороны плоскую отражающую поверхность, а с другой стороны сформирована отражающе-поглощающая структура. Фиксация модулей осуществляется с использованием несущих стоек, установленных с шагом 1,5 метра и укрепленных с помощью тросовых растяжек. Размер основных модулей – 1500x1500x80 мм, вспомогательных, образующих отгоны - 1500x1500x45 мм. Всего в конструкцию экрана входит 12 основных и 8 вспомогательных модулей.

Модули экрана выполнены в виде рамочной конструкции из деревянных брусков, закреплённых на листах фанеры. Внутренний объём заполнен минеральной ватой. В конструкции отгона обе стороны модуля закрыты фанерой.

Очевидно, что доминирующий вклад в ослабление шума в зоне акустической тени вносит основная часть экрана. Функция отгонов в целом сводится к защите от дифракции через боковые поверхности основной части экрана. Вместе с тем, при установке источника шума внутри конструкции отгоны также выполняют шумозащитные функции.

Целью работы - проверка эффективности вспомогательного модуля как шумозащитного элемента экрана.

Результаты измерений

Измерения уровня шумового сигнала, прошедшего преграду в виде модуля отгона, выполнялись в одном из корпусов института, в той его части, которая обращена в сторону внутренней территории корпуса, в период отсутствия занятий и, следовательно, при отсутствии

студентов и сотрудников в корпусе. Модуль устанавливался в проём типа дверного, по ширине практически полностью соответствующего размеру модуля. Образующиеся небольшие зазоры, как и аналогичные зазоры в верхней части проёма, были заполнены уплотнительным материалом. Модуль опирался на коробчатые деревянные конструкции, заполненные звукопоглощающим материалом – поролоном.

В качестве источника шума (ИШ) использовались усилитель АМ-03Т (250 Вт) и рупорный излучатель НР-10Т. Создаваемый уровень звукового давления (уровень шума) – порядка 100 дБ.

Сначала были проведены измерения без экрана, затем с экраном. В первом случае расстояние между ИШ и микрофоном шумомера составляло 2 метра. Затем исследуемый модуль устанавливался посередине, на расстоянии одного метра и от ИШ, и от микрофона. Использовался шумомер I класса АССИСТЕНТ.

Измерения проводились в соответствии с методикой, рекомендованной ГОСТ 30690-2000 [4]: и в первом, и во втором случаях ИШ работал в постоянном режиме, фиксировалось по пять групп данных на частотах третьоктавных диапазонов, а затем по полученным значениям определялось среднее значение уровня шума на каждой из средневзвешенных частот третьоктавных диапазонов. Требуемая оценка уровня ослабления определялась по разности уровней на каждой частоте. Результат сопоставления представлен на рисунке 2.

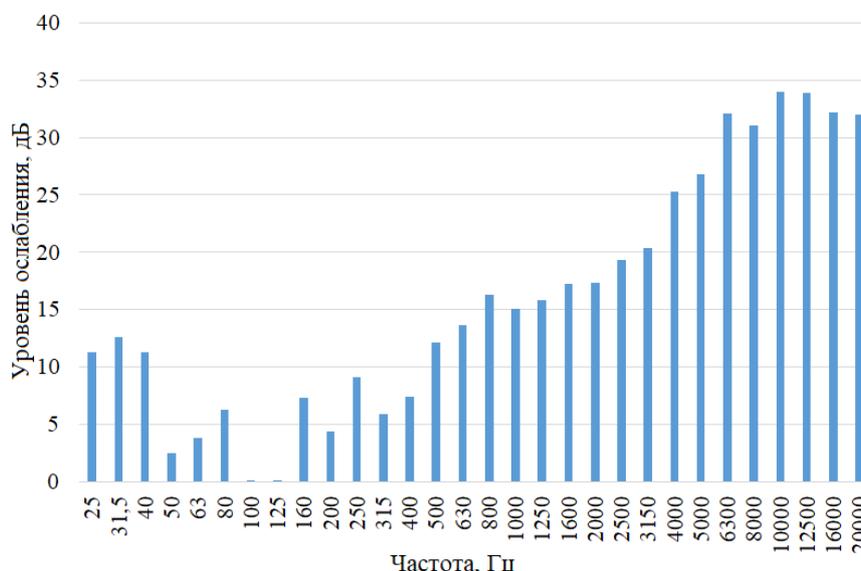


Рисунок 2 - Оценка уровня ослабления шума вспомогательным модулем

Заключение

Полученные результаты показывают, что применённый в данном варианте АЭ вспомогательный уровень на частотах 25-40 и 500-630 Гц обеспечивает ослабление более 10 дБ, на частотах 80, 160 и 250-400 Гц – более 5 дБ, на частотах 800-2500 Гц – более 15 дБ и на частотах от 3150 до 20000 Гц – от 20 до 34 дБ. При этом на частотах 50 и 63 Гц ослабление в диапазоне от 2,5 до 3,5 дБ, а на частотах 100 и 125 Гц ослабление практически отсутствует.

Таким образом, в данной конструкции АЭ боковые отгоны, кроме выполнения основной задачи - создания препятствия дифракции акустического сигнала через боковые поверхности основных модулей, реально обеспечивают и защиту от распространения акустического шума за пределы экрана.

Литература

1. Патент ПМ № 198865, Е01F 8/00. Шумозащитный экран для исследования эффективности шумозащитных средств / Булкин В.В., Селемон Д.С., Соколова О.М., и др. Опубл.: 30.07.2020, Бюл. № 22.

2. Bulkin V.V., Fedoseeva E.V., Kalinichenko M.V. Technique for estimating the efficiency of noise protective acoustic screens in the presence of flat anti-diffractors / *Akustika*, vol.40 (2021). - P.22-28.

3. ГОСТ 32957-2014. Дороги автомобильные общего пользования. Экраны акустические. Технические требования. –М.: Стандартиформ, 2016. 16 с.

4. ГОСТ 30690-2000. Экраны акустические передвижные. Методы определения ослабления звука в условиях эксплуатации / Инженерная и са-нитарная акустика. Сборник нормативно-методических документов. (Сост. Н.И. Иванов). Том.2. –СПб.: Компания «Интеграл», 2008. С. 153-168.

Ермолаева В.А.

*Муромский институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264 г. Муром, Владимирской обл., ул. Орловская, д. 23
ErmolaevaVA2013@mail.ru*

Измельчение материалов как способ ускорения химических процессов

Измельчение - это процесс уменьшения размеров частиц твердого вещества до требуемых размеров путём механического воздействия. Результат измельчения – увеличение удельной поверхности вещества, что дает возможность ускорять гетерогенные процессы (растворение, обжиг, химические реакции).

Таблица 1. Виды измельчения в зависимости от начального d_n и конечного размера d_k частиц

Измельчение	d_n , мм	d_k , мм	Оборудование
Крупное (дробление)	1500 - 150	250 - 40	щечковые, конусные, валковые, молотковые, ударно- центробежные дробилки
Среднее (дробление)	250 - 40	40 - 6	
Мелкое (дробление)	25 - 3	6 - 1	
Тонкое (размол)	10 - 1	1 - 0,075	Барабанные, ролико-кольцевые, вибрационные, струйно-вибрационные, коллоидные мельницы
Сверхтонкое (размол)	1,2 - 0,1	0,075 - 0,0001	

Основные способы измельчения: раздавливание, истирание, удар, раскалывание, резание.

В историческом контексте наблюдается эволюция от простых устройств к современным многокамерным системам. Измельчение известно с древнейших времен. Пестик и ступка из камня применялись за 8 тысяч лет до н.э., ручные мельничные жернова — за 3 тысячи лет до н.э. С освоением энергии пара в конце 19 века измельчение проводили в шаровых мельницах. Измельчение применяют в горной, металлургической, химической промышленности.

Мельница — механизм, предназначенный для уменьшения размеров частиц сыпучих или пастообразных веществ. Конструктивные особенности влияют на результат измельчения. Барабанные мельницы универсальны, но неэффективны, а струйные позволяют достичь высокой чистоты продукта ценой больших энергозатрат.

Разные типы мельниц применяются в зависимости от требуемой степени измельчения материала и его свойств. Их можно сравнивать по нескольким ключевым параметрам: принципу действия, эффективности, энергопотреблению, области применения и особенностям конструкции.

Таблица 2. Сравнительный анализ измельчающих устройств.

Тип мельницы	Степень измельчения	Принцип действия	Основные преимущества	Основные недостатки
Щечковые и конусные дробилки	Крупное и среднее дробление (250–6 мм)	Раздавливание, раскалывание	Высокая производительность, надёжность, простота обслуживания	Высокий уровень шума и вибраций, невозможность тонкого помола
Барабанные (шаровые)	Тонкий помол (до 0,075 мм)	Удар и истирание шарами в барабане	Простота, надёжность, высокая степень измельчения, лёгкая автоматизация, возможность мокрого и сухого помола,	Низкий КПД, высокий расход энергии, высокий износ мелющих тел и футеровки, шум, металлоёмкость

Стержневые	Грубый помол	Истирание стержнями в барабане	Более однородный помол, увеличенная скорость прохода материала	Ограниченность применения (только для подготовительной стадии)
Трубные	Высокая степень измельчения	Многокамерное измельчение с разными мелющими телами	Равномерный процесс, меньшая энергоёмкость, возможность нескольких стадий	Сложная конструкция
Роликовые	Грубый и средний помол	Раздавливание и истирание роликами	Эффективны для мягких и средне-твёрдых материалов	Не подходят для твёрдых материалов
Вибрационные	Тонкий и сверхтонкий помол	Вибрационное воздействие на барабан с шарами	Улучшение качества материала, возможность периодического и непрерывного режима, возможность работы с малыми партиями, низкая температура процесса	Низкая производительность износ камеры и пружин
Струйные	Тонкий и сверхтонкий сухой помол	Самоизмельчение в высокоскоростном потоке воздуха/пара	Высокая чистота продукта, отсутствие контакта с мелющими телами, точная классификация	Высокая энергоёмкость, необходимость очистки газов
Ролико-кольцевые мельницы	Тонкий помол (0,1–0,02 мм)	Истирание между роликами и кольцевым столом	Высокая эффективность при помоле мягких материалов, низкий шум	Чувствительность к примесям металлов, сложность настройки

Выбор типа мельницы определяется не только требуемой дисперсностью продукта, но и экономическими, энергетическими и экологическими факторами.

Литература

1. Плановский А.Н., Рамм В.М., Каган С.З. Процессы и аппараты химической технологии [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://new-lib.ru/1328833-proctessy-i-apparaty-khimicheskoi-tekhnologii---planovskii-a-n-ramm-v-m-kagan-s-z.html>
2. Крыхтин Г.С., Кузнецов Л.Н. Интенсификация работы мельниц, Новосибирск.: ВО "Наука", Сибирская издательская фирма, 1993. — 240 с.
3. Ермолаева В.А. Алгоритмы расчета и расчетные характеристики химико-технологических процессов, Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований, № 5, 2018, стр. 28-33.

Ермолаева В.А.

*Муромский институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264 г. Муром, Владимирской обл., ул. Орловская, д. 23
ErmolaevaVA2013@mail.ru*

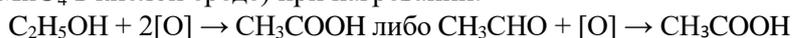
Лабораторные и промышленные методы получения уксусной кислоты

Уксусная кислота – слабая летучая органическая кислота, полученная синтетически впервые И. Глаубером в 1648 г. В небольших концентрациях она присутствует в продуктах питания и участвует в метаболизме живых организмов. Уксусная кислота применяется для получения лекарственных и душистых веществ, как растворитель и в пищевой промышленности.

Ключевое различие между лабораторными и промышленными методами заключается в их целях: лабораторные направлены на получение чистого вещества в малых количествах для исследований или синтезов, а промышленные — на максимально дешёвое и масштабное производство товарного продукта.

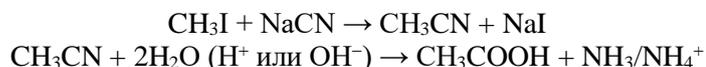
I. Лабораторные методы используются для получения относительно небольших количеств кислоты высокой чистоты.

1. Окисление одноатомных спиртов или альдегидов сильными окислителями ($K_2Cr_2O_7/H_2SO_4$, $KMnO_4$ в кислой среде) при нагревании.



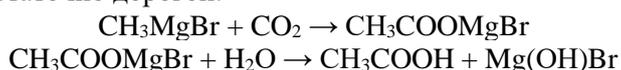
Используется простая экспериментальная установка, доступные реактивы, на выходе продукт высокой чистоты, однако с низким выходом и использованием токсичных реагентов.

2. Гидролиз нитрилов (реакция Кольбе) – получение ацетонитрила и кипячение его с кислотой или щёлочью:

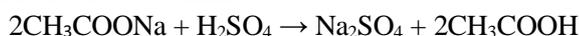


Метод демонстрирует возможность наращивания углеродной цепи, но требует осторожности из-за использования цианидов.

3. Карбонилирование метилмагнийбромида (реактив Гриньяра) требует абсолютно безводных условий, достаточно дорогой.



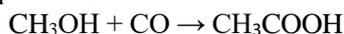
4. получение уксусной кислоты действием сильной минеральной кислоты на её соль (ацетат натрия) в кристаллическом состоянии



Метод предельно прост и нагляден, иллюстрирует общее химическое свойство: способность сильной кислоты вытеснять более слабую. Не требует применения сложных установок или особо опасных реагентов.

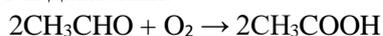
II. Промышленные методы

1. Производство уксусной кислоты из метанола и оксида углерода (карбонилирование метанола) в присутствии родиевого (иридиевого) катализатора и йодсодержащего промотора при давлении 30-60 атм и температуре 150-200°C.



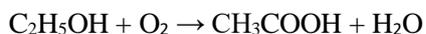
Высоко селективен, экологичен, используется доступное сырьё (синтез-газ). Однако предъявляются высокие требования к чистоте сырья (особенно на содержание примесей серы), используются дорогие катализаторы и коррозионно-стойкое оборудование.

2. Окисление ацетальдегида кислородом воздуха в присутствии катализатора (ацетаты марганца или кобальта) при 50-80°C и давлении.



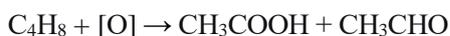
Несомненным плюсом метода является высокая скорость, относительно мягкие условия проведения технологического процесса. Но происходит образование множества побочных продуктов (уксусный ангидрид, муравьиная кислота, пероксиды), меньшая селективность.

3. Биохимический метод - спиртовое брожение сахаров - используется для производства пищевого уксуса. Полученный в результате процесса этанол окисляется бактериями в присутствии кислорода воздуха.



Таким образом в мягких условиях образуется натуральный продукт для пищевой промышленности. Однако это медленный процесс, а результат - низкая концентрация кислоты (до 15%), которая требует последующей очистки.

4. Получение уксусной кислоты окислением н – бутана или н – бутенов некаталитическим жидкофазным окислением кислородом воздуха под давлением (15-50 атм) и при температуре 150-200 °С. Реакция представляет собой радикальное цепное окисление, приводящее к расщеплению углеродной цепи.



Процесс неселективен. Наряду с целевой уксусной кислотой в значительных количествах образуется широкий спектр сопутствующих веществ: муравьиная и пропионовая кислоты, метилэтилкетон, ацетальдегид, метанол, этанол, СО, СО₂. Поэтому требуется сложная и дорогостоящая разделительная схема (ректификация, экстракция) для выделения чистой уксусной кислоты из многокомпонентной смеси. Несмотря на то, что используется дешевое и доступное сырье, низкая селективность и сложная схема выделения привели к практически полной замене метода на высокоселективный и экономичный процесс карбонилирования метанола.

Лабораторные методы служат исследовательским и учебным целям, демонстрируя фундаментальные химические принципы. Промышленное производство основано на высокоэффективных, непрерывных каталитических процессах. Ключевую роль при выборе технологического метода получения играет себестоимость продукта, выход и скорость процесса.

Литература

1. Плановский А.Н., Рамм В.М., Каган С.З. Процессы и аппараты химической технологии [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://new-lib.ru/1328833-protcessy-i-apparaty-khimicheskoi-tekhnologii---planovskii-a-n-ramm-v-m-kagan-s-z.html>
2. Кутырева Е.В., Ермолаева В.А. Расчет материальных потоков и математическое моделирование технологического процесса производства азотной кислоты. Вода: химия и экология, № 5, 2024, с 26-35.
3. Ермолаева В.А. Алгоритмы расчета и расчетные характеристики химико-технологических процессов, Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований, № 5, 2018, стр. 28-33.

Калиниченко М.В.

*Муромский институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264 г. Муром, Владимирской обл., ул. Орловская, д. 23
marinakali@mail.ru*

Проектирование биологических прудов глубокой очистки для доочистки городских сточных вод (на примере очистных сооружений г. Мурома)

Важнейшей природоохранной задачей на урбанизированных территориях является качественная очистка сточных вод перед сбросом в водные объекты. Одним из эффективных и экологически сбалансированных решений являются биологические пруды глубокой очистки (БПГО), использующие естественные процессы самоочищения водной экосистемы [1].

В работе представлены результаты проектирования и технологического расчёта четырёхступенчатого биологического пруда с естественной аэрацией для очистных сооружений г. Мурома.

БПГО применяются как финишные сооружения после механической и биологической очистки при условии, что БПК_{полн} поступающей воды не превышает 25 мг/л (для прудов с естественной аэрацией) [2]. Они представляют собой открытые резервуары, где основную роль играют водоросли и микроорганизмы. Конструктивно пруды состоят из нескольких последовательных ступеней (обычно от двух до пяти), что позволяет достичь существенного эффекта очистки на каждой ступени. Ключевым параметром является обеспечение гидравлического режима, близкого к идеальному вытеснению, что достигается соотношением длины к ширине секции не менее 20:1 и рекомендуемой рабочей глубиной 0,5–1 м.

Расчёт выполнен на основе методики, изложенной в учебном пособии [2], с учётом требований действующих природоохранных нормативов [3]. Исходные данные для г. Мурома: расход сточных вод $Q = 3500 \text{ м}^3/\text{сут}$; БПК_{полн} поступающей воды $L_a = 20 \text{ мг/л}$; требуемая БПК_{полн} очищенной воды $L_t = 6 \text{ мг/л}$; температура воды: летом $T_l = 20^\circ\text{C}$, зимой $T_z = 14^\circ\text{C}$.

На основании расчетов были сделаны выводы о том, что для обеспечения стабильного качества очистки в летний и зимний периоды достаточно четырёхступенчатого пруда с естественной аэрацией. По результатам расчетов были определены параметры БПГО:

- общее время пребывания: 16,08 сут (летом) и 18,65 сут (зимой, расчётный период);
- требуемые объёмы ступеней: $V_{\text{общ}} = 65275 \text{ м}^3$;
- минимальная суммарная площадь по кислородному балансу: $S_{\text{кисл.общ}} = 23867 \text{ м}^2$ (зимний период);
- принятая рабочая глубина $H = 0,8 \text{ м}$ обеспечивает фактические площади ($S_{\text{факт.общ}} = 81595 \text{ м}^2$), существенно превышающие минимально необходимые, что гарантирует стабильный кислородный режим.

Для эксплуатационной надёжности система разделена на две параллельные линии по четыре ступени в каждой. Такая конструкция БПГО позволяет снизить БПК_{полн} с 20 до 6 мг/л, что соответствует нормативам [3].

Кроме того, очищенную сточную воду возможно повторно использовать для технических и сельскохозяйственных нужд, что доказывает экологическую и экономическую целесообразность использования БПГО.

Литература

1. Иванов, А.Н. Сравнительный анализ эффективности биологических прудов на примере очистных сооружений городов Курска и Томска / А.Н. Иванов. - Текст: непосредственный // Молодой ученый. - 2025. - № 25 (576). - С. 63-65. - URL: <https://moluch.ru/archive/576/126997>.
2. Примеры расчетов канализационных сооружений: Учеб. пособие для вузов / Ю.М. Ласков, Ю.В. Воронов, В.И. Калишун.-3-е изд., перераб. и доп.-М.: ИД «Альянс», 2008.- 255 с.: ил.

3. Правила охраны поверхностных водных объектов / Утверждены постановлением Правительства Российской Федерации от 10 сентября 2020 г. №1391 [Электронный ресурс]: <https://base.garant.ru/74626856/>

Калиниченко М.В.

*Муромский институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264 г. Муром, Владимирской обл., ул. Орловская, д. 23
marinakali@mail.ru*

Методология определения режима работы и подбора агрегатов НС-2

Проектирование водопроводной насосной станции второго подъема (НС-2) является ключевой задачей в системе водоснабжения населенных пунктов, что определяющей её надежность и экономичность. НС-2 выполняет функцию подачи очищенной воды из резервуаров чистой воды (РЧВ) непосредственно в распределительную сеть или в регулирующие емкости (водонапорные башни). В отличие от станций первого подъема, работающих в равномерном режиме, режим работы НС-2 является прерывистым и ступенчатым, что требует его тщательной синхронизации с графиком водопотребления для минимизации энергозатрат и капитальных вложений в регулирующие сооружения.

Основной целью проектирования является обеспечение бездефицитного водоснабжения при минимальных затратах на строительство и эксплуатацию. Это достигается за счет оптимизации режима работы насосных агрегатов, их правильного подбора и применения современных методов регулирования. Проектирование ведётся в строгом соответствии с действующими нормативными документами, включая СП 31.13330.2021 и СП 8.13130.2020.

Согласно [1], для определения расчетного режима работы НС-2 необходимо проанализировать техническое задание, определяющее место расположения НС-2, отметки уровней воды в РЧВ и водонапорной башне, длины и материал трубопроводов, график водопотребления. Ключевым параметром является коэффициент часовой неравномерности водопотребления ($K_{ч}$), на основании которого формируется почасовой график в процентах от среднесуточного расхода ($Q_{сут}$).

Для максимального приближения подачи станции к переменному водопотреблению применяется принцип ступенчатого регулирования путем изменения количества одновременно работающих однотипных насосов. Оптимальным считается режим, при котором регулирующая ёмкость водонапорной башни минимальна (согласно [2], в норме 2–6% от $Q_{сут}$).

Основным инструментом является составление таблицы почасового баланса за расчетные сутки (24 часа). Согласно [1], алгоритм включает:

- 1) ввод графика водопотребления по часам;
- 2) итерационный подбор количества работающих насосов в каждый час;
- 3) расчет подачи насосов с учетом коэффициентов снижения производительности при параллельной работе ($K_{пар} \approx 1,11$ для двух насосов, 1,18 – для трех, 1,25 – для четырех);
- 4) определение разности между подачей и водопотреблением, что позволяет рассчитать изменение объема воды в баке водонапорной башни;
- 5) построение интегральных кривых водопотребления и подачи насосов.

Расчет считается завершенным, когда суммарная суточная подача насосов равна 100%, а регулирующий объем бака, определяемый как алгебраическая сумма максимального положительного и максимального отрицательного остатков, является минимальным и находится в допустимых пределах.

Далее проводится гидравлический расчет и подбор основных насосных агрегатов НС-2. В рамках которого, расчетный требуемый напор хозяйственных насосов ($H_{хоз.нас.}$) определяется как сумма геометрической высоты подъема, потерь напора во всасывающих и напорных трубопроводах (с учетом коэффициента на местные сопротивления), высоты водонапорной башни и её бака, а также свободного напора в сети или потерь в коммуникациях станции.

На основании полученных результатов выбираем тип и марку насоса. Подбор осуществляется по сводным графикам полей Q - H (подача-напор) производителей насосов. Для

НС-2, как правило, применяются центробежные насосы консольного типа (К) или двустороннего входа (Д). Критерии выбора следующие [3]:

- рабочая точка с координатами ($Q_{ин}$, $H_{тр}$) должна находиться в пределах поля Q-H выбранной марки насоса, предпочтительно в зоне максимального коэффициента полезного действия (КПД);
- допускается срезка (обточка) рабочего колеса для коррекции напорной характеристики в пределах технически допустимых норм (обычно до 15–20%);
- насос должен обладать требуемым допустимым кавитационным запасом ($\Delta h_{доп}$).

Далее производится проверка совместной работы насосов и системы. Строятся напорные характеристики сети ($H_{сети} = H_r + S \cdot Q^2$, где S – сопротивление системы) и параллельно работающих насосов. Точка пересечения этих характеристик является режимной точкой, которая не должна существенно отклоняться от расчетных параметров. Работа насоса вне оптимального рабочего диапазона ведет к резкому падению КПД и надежности [3].

Бесперебойная работа НС-2 осуществляется за счет резервных насосов. Количество резервных агрегатов принимается по нормам в зависимости от категории надежности НС (I, II, III) и числа рабочих насосов. Для станций I категории, обслуживающих объединённый водопровод, наличие резерва обязательно [3].

Проверяется возможность станции обеспечить суммарный расход на хозяйственно-питьевые нужды и пожаротушение ($Q_{пож} = Q_{макс.ч} + q_{п}$). Расход и свободный напор при пожаротушении определяются по [4]. В зависимости от разницы между требуемыми напорами при пожаре ($H_{пож.нас.}$) и в обычное время ($H_{хоз.нас.}$) НС-2 может быть построена по принципу низкого или высокого давления:

- низкое давление ($H_{пож.нас.} - H_{хоз.нас.} \leq 10$ м): при пожаре включается дополнительный насос, одинаковый с хозяйственными;
- высокое давление ($H_{пож.нас.} - H_{хоз.нас.} > 10$ м): устанавливаются отдельные, более высоконапорные пожарные насосы, обеспечивающие полный расчетный расход при пожаре.

Производится расчет работы станции в аварийном режиме, т.е. при отключении одного из напорных водоводов. Для снижения аварийных потерь напора и локализации повреждений на водоводах предусматриваются переключательные задвижки (байпасы).

Методика проектирования НС-2 представляет собой комплексный инженерный процесс, направленный на достижение баланса между надежностью водоснабжения и экономической эффективностью. Его основа – скрупулезное определение режима работы на основе баланса подачи и водопотребления и грамотный подбор оборудования, работающего в оптимальном диапазоне. Соблюдение нормативных требований и внедрение современных энергосберегающих технологий (частотный привод, каскадное управление) являются обязательными условиями создания современных, рентабельных и устойчивых систем водоснабжения.

Литература

1. Методические указания и задания по выполнению курсового проекта для курсантов и слушателей факультетов очного и заочного обучения, специальность 280104.65. – Екатеринбург, Уральский институт ГПС МЧС России, 2008.
2. СП 31.13330.2021. Свод правил. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения.
3. Костюк А.В. Увеличение энергоэффективности и надёжности насосного оборудования // Группа ГМС. URL: https://hms.ru/reference_materials/articles/483/uvlichenie-energoeffektivnosti-i-nadyezhnosti-nasosnogo-oborudovaniya/ (дата обращения: 10.01.2026).
4. СП 8.13130.2020. Свод правил. Системы противопожарной защиты. Наружное противопожарное водоснабжение. Требования пожарной безопасности.

Середа С.Н.

*Муромский институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264 г. Муром, Владимирской обл., ул. Орловская, д. 23
sereda-2010@mail.ru*

Системный анализ происшествий в техносфере с применением искусственного интеллекта

Управление производственной безопасностью на основе риск-ориентированного подхода предусматривает проведение системного анализа опасностей на рабочих местах и прогнозирование сценариев развития возможных происшествий [1]. Методические аспекты вероятностного анализа безопасности проработаны достаточно глубоко, а применение программных средств компьютерного моделирования позволяет быстро получить результаты количественного и качественного анализа графической модели дерева происшествий и исходов. Однако, построение самой модели до сих пор оставалось прерогативой человека - эксперта и представляло собой скорее искусство, основанное на практическом опыте. Соответственно, глубина проработки и качество модели зависели от человеческого фактора. Ситуация в корне поменялась с появлением в широком доступе on-line приложений искусственного интеллекта (ИИ), способных решать многообразные задачи принятия решений, с поддержкой человеко-машинного интерфейса на естественных языках. Так в 2025 году появилась китайская высокопроизводительная платформа ИИ с открытым доступом DeepSeek [2].

В систему deepseek был поставлен запрос на построение модели дерева происшествий для несчастного случая на рабочем месте токаря. Система сформировала развернутый структурированный ответ в текстовой форме, с описанием головного события, опасных событий и причин их появления, условий возникновения таких событий, включающих организационные, технические и человеческие факторы, а также рекомендации по их предотвращению. Хотя в системе ИИ deepseek пока отсутствует графический модуль рисования, все-таки сгенерированная модель дерева происшествий была наглядно представлена в виде иерархической структуры средствами псевдографики.

Полученная таким образом модель была доработана ИИ путем постановки дополнительных уточняющих запросов, в частности включения в модель ветви происшествия с травмой глаз рабочего и определения вероятностей возникновения причин. При этом, система ИИ автоматически определила вероятности предпосылок и событий весьма условно, с отсылкой на возможные источники данных, как-то статистика происшествий на предприятии, данные журналов регистрации несчастных случаев, микротравм и аварий, экспертные оценки специалистов по безопасности и др.

Следует отметить, что система ИИ «умеет» проводить вычисления по формулам, в том числе рассчитать вероятности и критерии значимости предпосылок, например, критерий Бирнбаума, для определения причин, оказывающих наиболее существенное влияние на возникновение происшествий. Таким образом, средства ИИ позволяют быстро получить черновой вариант моделей для последующего детального анализа.

Литература

1. Белов П.Г. Управление рисками, системный анализ и моделирование : учебник и практикум для вузов / П. Г. Белов. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 721 с.
2. Платформа искусственного интеллекта deepseek URL://<https://chat.deepseek.com/>
3. Приказ Минтруда РФ от 20.04.2022 N 223Н «Об утверждении Положения об особенностях расследования несчастных случаев на производстве в отдельных отраслях и организациях, форм документов, соответствующих классификаторов, необходимых для расследования несчастных случаев на производстве»

Серeda С.Н.

Муромский институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264 г. Муром, Владимирской обл., ул. Орловская, д. 23
sereda-2010@mail.ru

Моделирование теплотехнических характеристик ограждающих конструкций

Проектирование объектов строительства должно проводиться с учетом положений актуальных нормативных документов, определяющих как методику проектирования, так и требования по энергоэффективности проектных решений. Так в отношении тепловой защиты зданий одним из этапов разработки проектной документации является оценка теплотехнических характеристик наружных ограждающих конструкций согласно методике проектирования [1] с учетом климатических особенностей района строительства [2].

Моделирование на этапе проектирования позволяет проанализировать различные варианты реализации строительных конструкций и инженерных систем и в конечном итоге решать задачи оптимизации. В работе [3] предложен метод энергетического моделирования объектов строительства с расчетом энергетических показателей тепловых потоков на основе S-моделей в программе MATLAB Simulink. Заметим, что для указанной платформы моделирования существуют российские программы – аналоги, например, Engee или SimInTech, а в программе Scilab возможен импорт моделей, созданных в MATLAB.

В настоящей работе предложена S-модель расчета теплотехнических характеристик наружных ограждений согласно методике [1]. Внешний вид модели показан на рисунке 1.

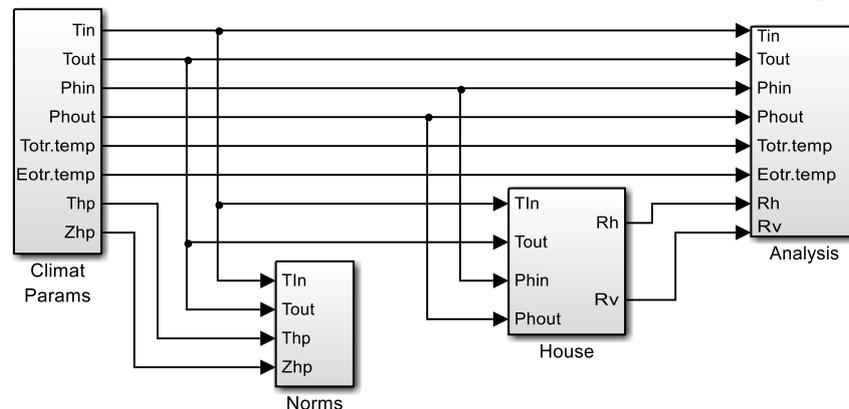


Рис.1. Модель оценки теплотехнических характеристик наружных ограждений здания

Модель построена по модульному принципу и состоит из нескольких модулей (подсистем):

- **Climat Params** – модуль задания исходных данных климатических параметров района строительства;
- **Norms** - модуль расчета нормативных и требуемых значений сопротивлений наружных ограждений в соответствии с санитарно-гигиеническими нормами и требованиями энергоэффективности;
- **House** – модуль расчета фактических значений теплотехнических характеристик наружных ограждений, включая теплопотери здания (Вт);
- **Analysis** – модуль анализа теплотехнических характеристик наружных ограждений, включая расчет профиля температур, профилей давления и упругости насыщенного водяного пара, оценки местоположения плоскости максимального увлажнения в сечении наружной стены.

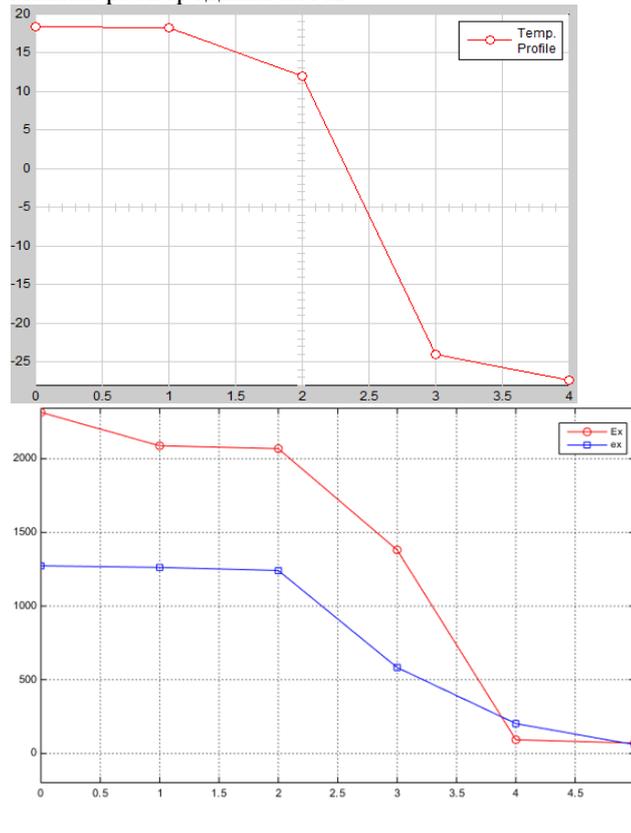
В соответствии с методикой определения места расположения плоскости максимального увлажнения в толще наружного ограждения [1] проводится расчёт функционала $f(t_{m,y})$, характеризующего температуру в плоскости максимального увлажнения с учетом климатических и конструкционных факторов. Определение температуры в плоскости

максимального увлажнения $t_{м.у.}$ многослойной конструкции наружной стены проводится по формуле, предложенной автором [4]:

$$t_{м.у.}(f) = \frac{1}{8,8 \cdot 10^{-3}} (4,183 - (\ln f(t_{м.у.}))^{0,368}) - 273 \quad (1)$$

Расчетные значения температуры $t_{м.у.}$ по формуле (1) сопоставляются с температурами на границах слоев в температурном профиле, построенном для средней температуры периода влагонакопления.

Результаты моделирования для района строительства г. Муром для многослойной наружной стены с третьим слоем утеплителя ППЭ показаны на рисунке 2, где целые значения абсциссы соответствуют стыкам разнородных слоёв.



а)

б)

Рис.2. Результаты моделирования

- а) температурный профиль в сечении наружной стены для температуры наиболее холодной пятидневки, °С;
 б) профили давления E_x и упругости e_x насыщенного водяного пара в сечении наружной стены, Па

Наличие слоя утеплителя с низким коэффициентом теплопроводности в конструкции наружной стены соответствует резкий перепад температур в толще ограждения. Пересечение графиков E_x и e_x в наружном слое ограждения определяет место возможного накопления влаги.

Предложенная в работе модель может быть использована при проектировании тепловой защиты зданий.

Литература

1. СП 50.13330.2024. Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003. Дата введения 2024-06-16. – М.: Стандартинформ, 2024. – 93 с.
2. СП 131.13330.2025 Строительная климатология. Дата введения 2025-09-09.– М.: Стройиздат, 2025. – 238 с.
3. Волков А.А. Энергетическое моделирование объектов строительства: монография / А.А. Волков, А.В. Седов, П.Д. Челышков. – М.: МГСУ, 2014. – 120 с.

4. Sereda, S. N. Some features of assessing the humidity conditions of premises / S. N. Sereda, A. V. Sereda // Joint innovation - joint development : Themed collection of papers from Foreign international scientific conference, Harbin (China), 25.09.2025. – Harbin (China): HNRI "National development", 2025. – P. 114-118. – DOI 10.37539/250925.2025.39.42.020. – EDN MVOAUQ.

Шарапов Р.В.

Муромский институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264 г. Муром, Владимирской обл., ул. Орловская, д. 23
sharapov76@gmail.com

Использование системы «Умный дом» для защиты инженерных систем от аварий

Возможно ли превратить систему «Умный дом» в продвинутую систему обеспечения безопасности, способную защитить от утечек воды, газа и пожаров? Благодаря широкому ассортименту датчиков, приборов контроля и управления – вполне! Классическим подходом в организации любых действий в системе «Умный дом» лежит понятие сценария, реализованного по принципу «ЕСЛИ-ТО»: если голосовой ассистент услышал заданную фразу, то включить/выключить реле управления, если температура выше сколько-то градусов, то включить кондиционер, если время на часах равно заданному значению, то включить чайник и т.д.

С точки зрения безопасности стоит отметить датчики протечки, которые при обнаружении воды посылают сигнал в центр управления, который в ответ может активировать электропривод крана и перекрыть подачу воды. Аналогично, при срабатывании датчика загазованности (при утечке газа) центр управления сможет активировать клапан перекрытия газопровода. Такой подход дает возможность защитить пользователя от нежелательных последствий, но позволяет решить только поверхностные проблемы, оставляя множество скрытых угроз.

Часто поломка одной подсистемы может вызвать более серьезные последствия для других подсистем. Например, при разгерметизации системы отопления, циркулирующей по замкнутому контуру, утечка теплоносителя может привести к поломке котельного оборудования. По этой причине, реакция на утечку воды может быть комплексная: при обнаружении протечки системы отопления не только перекрывается трубопровод, но и отключается газовый котел и циркуляционные насосы.

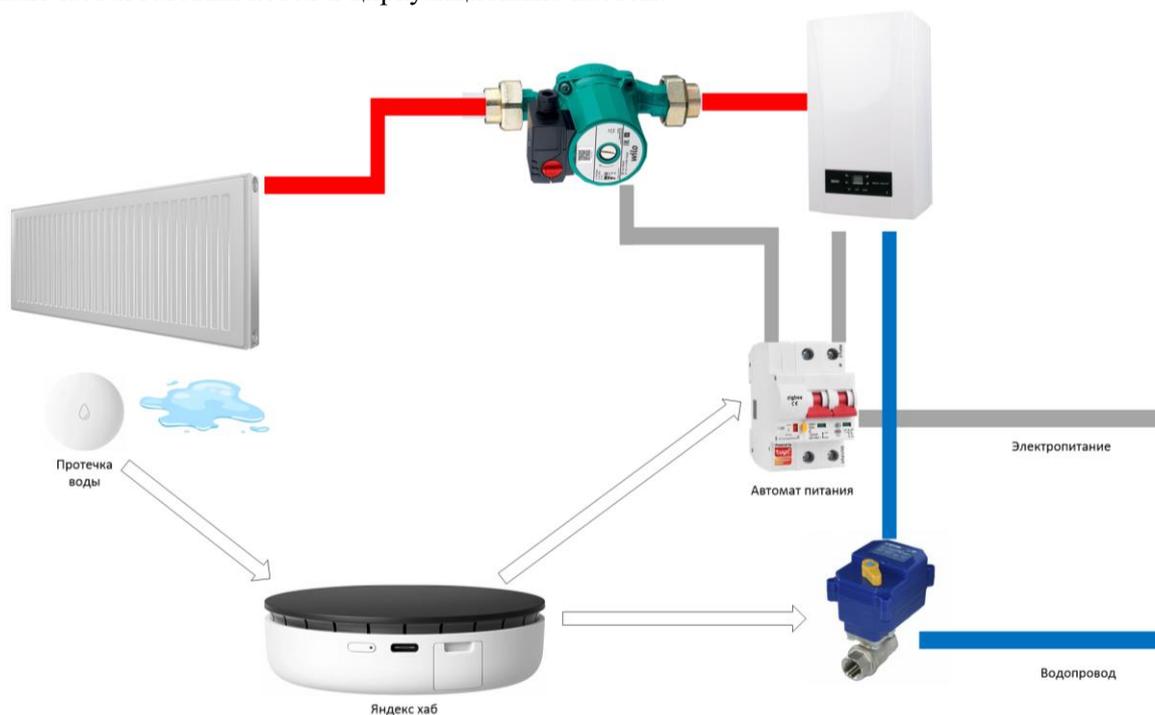


Рис. 1. Сценарий реакции на утечку воды в системе отопления

Аналогичным образом, при обнаружении загазованности кроме перекрытия газопровода можно обесточить электропотребляющие приборы (для исключения детонации газа) и включить вытяжную вентиляцию (для снижения концентрации газа).

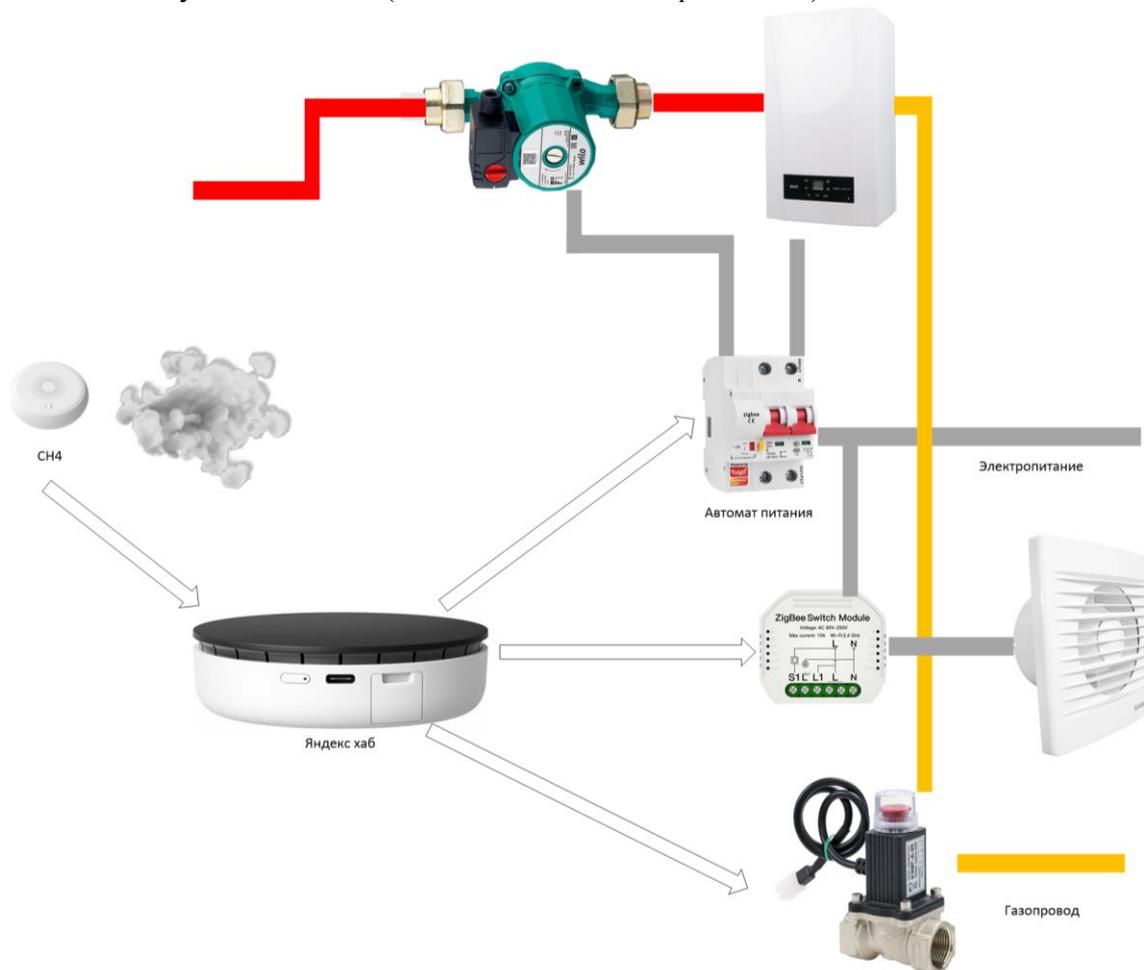


Рис. 2. Сценарий реакции на утечку газа

Литература

1. Колесов И.Д., Шарапов Р.В. Умная система контроля загазованности // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности, 2025, № 2. С. 48-54.
2. Шарапов Р.В., Колесов И.Д. Умная система мониторинга и защиты инженерных систем от аварий // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности, 2025, № 3. С. 73-77.

Шарапов Р.В.

*Муромский институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264 г. Муром, Владимирской обл., ул. Орловская, д. 23
sharapov76@gmail.com*

Влияние мобильности устройств системы «Умный дом» на ее надежность

Устройства и датчики системы «Умный дом» чаще всего встречаются в беспроводном исполнении и работают по протоколу ZigBee или Wi-Fi. Основное преимущество такого решения – мобильность. Пользователю нет необходимости заранее предусматривать места установки устройства и протягивать туда питающие или коммуникационные провода. При необходимости такие датчики легко заменить или переместить. С добавлением новых устройств тоже проблем не возникает. Тем не менее, мобильные решения имеют несколько существенных недостатков:

1. Периодическая потеря связи с центром управления. Беспроводные датчики и устройства могут периодически терять связь. Это связано с возникновением помех, погодными условиями, перемещениями устройств внутри помещений и т.д. Иногда датчики «подвисают» и просто перестают отвечать. В случае с использованием Wi-Fi устройств, потеря соединения с интернетом, например, из-за отключения питания, приводит к потере связи с устройством.

2. Необходимость обслуживания. Из-за автономности питания (датчики чаще всего работают на батарейках) возникает необходимость следить за уровнем заряда элементов питания и своевременно производить их замену.



Рис.1. Датчик дыма ZigBee



Рис. 2. Проводной датчик дыма

Проводные устройства более надежны, они не теряют связь с центром управления и чаще всего не требуют замены элементов питания. По этой причине существующие системы безопасности – противопожарные, контроля загазованности – используют именно проводные датчики. Такие системы, единожды смонтированные работают без постороннего вмешательства долгие годы. Основной недостаток – необходимость прокладки проводов от центра управления к датчикам и устройствам, что не всегда просто, особенно при большом протяжении коммуникаций.

Возникает вопрос: а можно ли использовать проводные устройства в системе «Умный дом» для повышения надежности? Напрямую такие центры управления, как Яндекс.Хаб не дают возможность подключать проводные устройства. Тем не менее, частично проблему можно решить, например, путем использования умных реле, подключая к ним проводные устройства и датчики. Такое решение позволяет получать сигналы с датчиков и отправлять управляющие воздействия на электроздвижки, электроклапаны и т.д. Тем не менее. Узким местом остается необходимость соединения реле по радиоканалам с центром управления.



Литература

1. Умный дом Яндекса с Алисой [Электронный ресурс] <https://alice.yandex.ru/smart-home>

2. Колесов И.Д., Шарапов Р.В. Умная система контроля загазованности // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности, 2025, № 2. С. 48-54.

3. Шарапов Р.В., Колесов И.Д. Умная система мониторинга и защиты инженерных систем от аварий // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности, 2025, № 3. С. 73-77.

Шарапова Е.В.

*Муромский институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264 г. Муром, Владимирской обл., ул. Орловская, д. 23
sharapovamivlgu@gmail.com*

Система отопления в инженерном проекте

Для начала проектирования системы отопления нужно проставить в помещениях отопительные приборы (радиаторы). Для этого можно использовать модели радиаторов из программы, а также можно загрузить их дополнительно. Модели радиаторов находятся на вкладке «Системы», в группе «Оборудование». Если BIM-модель радиатора не подходит по размерам для проекта, ее можно попробовать уменьшить через ее свойства, либо через изменения свойств типа (см. рис. 1):

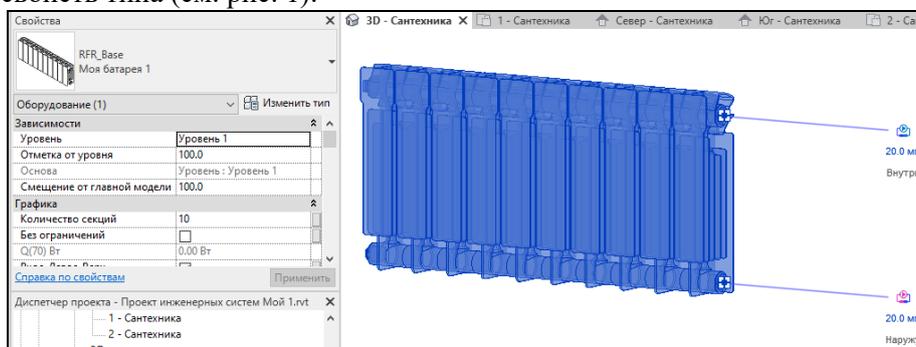


Рис. 1. Свойства BIM-модели радиатора

В программе информационного моделирования проектирование отопительной системы начинается с простановки радиаторов в помещениях. Они могут быть расположены под оконными проемами в соответствии с ограничениями, рассмотренными нами ранее в этой лекции. BIM-модели радиаторов можно взять из загруженных семейств программы, загрузить их из библиотеки семейств (вкладка «Системы» → группа «Механическое оборудование»), либо загрузить модели из внешних источников.

После размещения отопительных приборов в Инженерном проекте здания нужно настроить свойство вида «Секущий диапазон», позволяющее видеть проложенные под полом трубы в помещении.

Секущий диапазон – это набор плоскостей, ограничивающий видимость объектов на данном виде. В секущий диапазон входит то, что мы видим на плане.

Таким образом, верхний секущий диапазон определяет возможность видимости объектов вплоть до верхнего диапазона, а нижний секущий диапазон определяет возможность видимости объектов вплоть до нижнего диапазона. Вместе они определяют пространство, в котором проектировщик может увидеть, например, инженерные коммуникации, лежащие под полом, или проводку, размещенную выше уровня перекрытия.

Для формирования системы отопления необходимо оборудование – газовый котел с выходами для подключения системы отопления. Необходимо подобрать для системы отопления дома двухконтурный газовый котел, позволяющий обеспечивать горячей водой систему отопления и систему горячего водоснабжения здания.

Если котел ранее был подобран без учета системы отопления, то нужно найти подходящий котел, удалить старый котел, а новый переподключить к системам горячего и холодного водоснабжения (см. рис. 2):

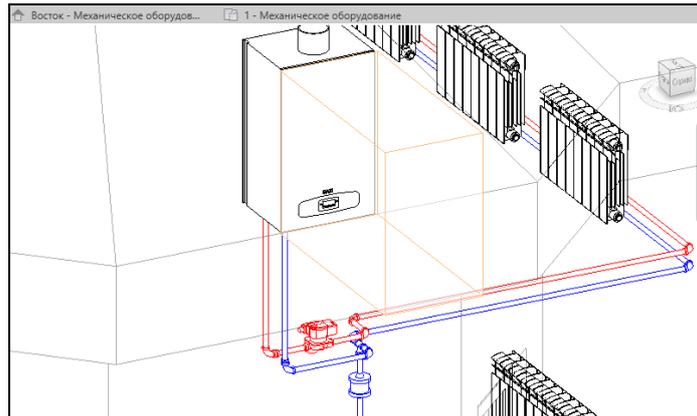


Рис. 2. Газовый котел с подключенными системами ГВС и ХВС

После того, как газовый котел выбран и правильно настроен, подключен к системам ГВС и ХВС, можно создавать систему отопления. Если используются радиаторы для обогрева здания, то для системы отопления необходимо создать 2 контура, то есть 2 трубопроводные системы.

Для создания систем трубопроводов для системы отопления здания нужно выбрать радиатор, настроить его размер через свойства и создать для него 2 трубопроводные системы (на Ленте команда «Трубопроводы» (группа «Создание системы»)).

Перед соединением радиаторов нужно подумать, где будут находиться стояки отопления. Когда радиаторы соединены, их можно подсоединить к стоякам отопления (см. рис. 3):

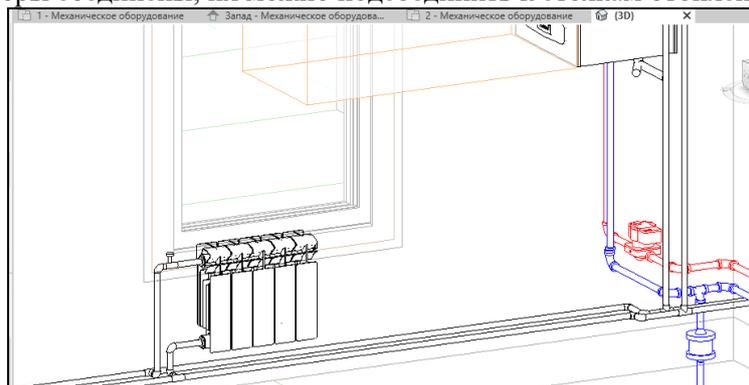


Рис. 3. Система отопления, подсоединенная к стоякам

Стояки отопления присоединяются к газовому котлу.

Литература

1. ГОСТ 34059-2017 Инженерные сети зданий и сооружений внутренние. Устройство систем отопления, горячего и холодного водоснабжения. Общие технические требования.
2. ГОСТ 21.602-2016 Межгосударственный стандарт. Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации систем отопления, вентиляции и кондиционирования.
3. Шарапова Е.В. Создание логических систем при BIM-проектировании // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности, 2025, № 1. С.69-77.
4. Шарапова Е.В. Системы трубопроводов инженерного проекта // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности, 2025, № 3. С.66-72.

Шарапова Е.В.

Муромский институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264 г. Муром, Владимирской обл., ул. Орловская, д. 23
sharapovamivlgu@gmail.com

Фильтры в BIM-проекте

После завершения моделирования инженерных систем в информационной модели сооружения можно переходить к созданию различного вида документации к проекту, к построению схем, разрезов, спецификаций, планов и другой документации, формирующей строительный проект. Для этого можно использовать фильтрацию графики.

Диалоговое окно «Переопределения видимости/графики» позволяет настроить каждый вид произвольным образом. То есть на каждом виде проекта можно показывать определенные элементы, а другие скрывать, менять настройки отображения и т. д. Используя эти свойства переопределения видимости/графики можно формировать чертежи в проекте по определенным разделам: трубопроводные системы, вентиляция, электрика и другие инженерные разделы (см. рис. 1):

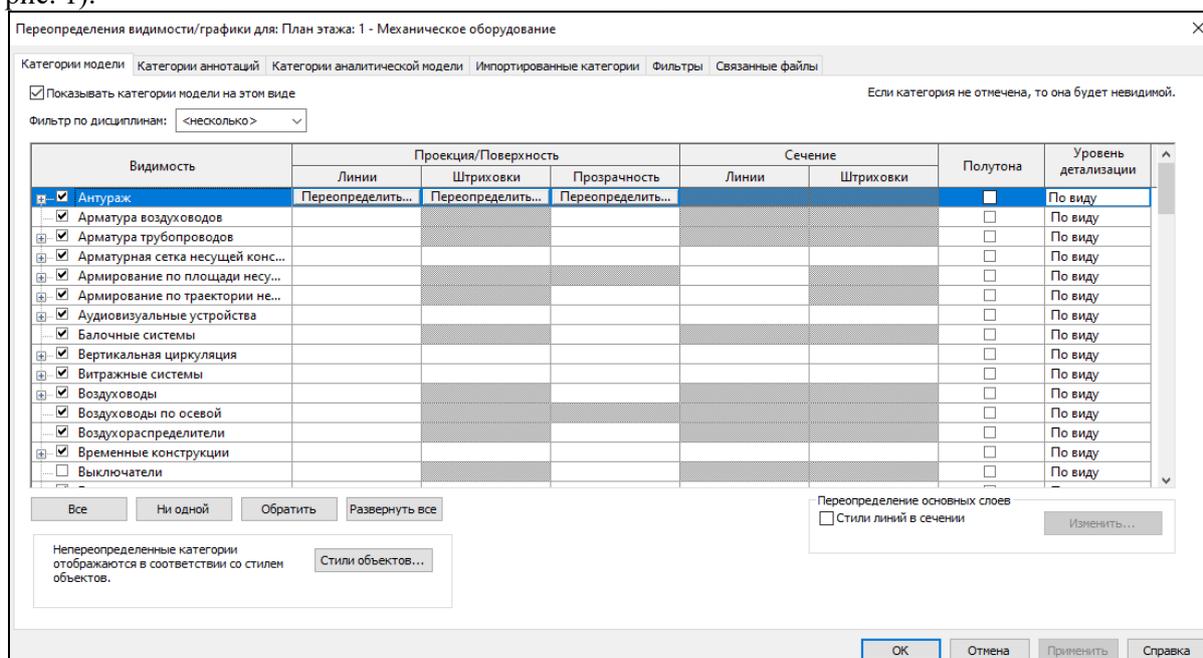


Рис. 1. Диалоговое окно «Переопределения видимости/графики»

Видимость объектов на планах можно настроить более гибко. Например, для того, чтобы на плане отображались инженерные системы только одной категории (сантехника, канализация, отопление и т.д.). Для решения этой задачи применяются фильтры переопределения видимости/графики, которые создаются для каждого конкретного вида по отдельности.

Для инженерного проекта систем здания (отопление, водоснабжение, канализация и другие системы) в программе информационного моделирования можно сформировать чертежи, содержащие только определенные инженерные системы (другие можно при этом скрыть с помощью фильтров переопределения видимости/графики). Таким образом, при формировании такой проектной документации учитываются:

- тип инженерной системы,
- имя инженерной системы,

- классификация инженерной системы.

Для переопределения видимости и графики на виде нужно создать фильтр, который скроет ненужные на данном виде системы. Скрытие систем может осуществляться в фильтре по различным параметрам: группа модели, имя семейства, стоимость классификация систем и по многим другим параметрам. В наших работах мы будем использовать параметр «Классификация систем», который отображается в ее свойствах. Фильтр создается в диалоговом окне «Переопределения видимости/графики».

В области «Критерии фильтрации» содержится условие, параметр, оператор, значение, правила и наборы правил [1] для данного фильтра:

1. Условие определяет включенность правил, установленных разработчиком проекта, то есть Вами, в набор критериев фильтрации для данного фильтра. Другими словами, все правила будут использованы в фильтре, или одно какое-то из них:

- «И». Все правила и наборы правил, вложенные в данный набор, должны оцениваться как истинные. (Наборы правил с условием «И» обозначаются зеленой вертикальной линией).
- «ИЛИ». Одно или несколько правил либо один или несколько наборов правил, вложенных в данный набор, должны оцениваться как истинные. (Наборы правил с условием «ИЛИ» обозначаются синей вертикальной линией) (см. рис. 2):

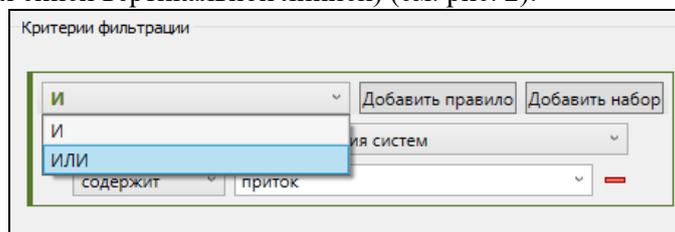


Рис. 2. Условия фильтра переопределения видимости/графики

2. Параметр определяет, по какому параметру категорий будет осуществляться фильтрация, другими словами, какой параметр экземпляров семейств будет определять их невидимость на плане. Следующие параметры критериев фильтрации предусмотрены в программе: Имя системы, Классификация систем, Описание и многие другие параметры.

Если выбрана одна категория, для определения правил будет доступно большинство параметров экземпляра и параметров типа. (Некоторые параметры, такие как «Изображение», будут недоступны). Если выбрано несколько категорий, для правил будут доступны только те параметры, которые являются общими для всех выбранных категорий.

3. Оператор применяется для Параметра фильтрации. Оператор определяет степень включенности параметра в фильтр, то есть выбранный Оператор определяет действие с выбранным Параметром в фильтре. Операторы могут быть следующими: «равно», «не равно», «больше», «больше либо равно», «меньше», «содержит», «начинается с» и многие другие.

4. Значение содержит имя выбранного Параметра, которое можно выбрать из списка или ввести самостоятельно.

При создании фильтра переопределения видимости/графики нужно помнить, что в окне его создания необходимо указывать категории, которые должны быть скрыты на плане при активации данного фильтра. Критерии фильтрации позволяют точнее указать тип скрываемых семейств на плане (например, скрыть все, кроме объектов системы канализации).

Поэтому, на чертежах системы отопления должны быть отображены все категории, относящиеся к системе отопления (трубы, радиаторы, газовый котел). На чертежах системы канализации – категории относящиеся к системе канализации (канализационные трубы и приборы, к которым они подведены). На чертежах системы горячего и холодного водоснабжения – трубы ГВС и ХВС, газовый котел, а также приборы, к которым подведено водоснабжение.

Литература

1. Информационное моделирование и искусственный интеллект в современном строительстве и жилищно-коммунальном хозяйстве. Издание второе, переработанное: учебн.

пособие / В. Л. Курбатов, В. И. Римшин, И. Л. Шубин, С. В. Волкова. – Москва: Издательство АСВ, 2025.

2. Сайт компании ООО «ВодоКаналСбыт» <https://vodokanalsbit.ru/>

3. Шарапова Е.В. Создание логических систем при BIM-проектировании // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности, 2025, № 1. С.69-77.