



КРИТЕРИИ ВЫБОРА ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

И.А. МЕХНЕЦОВ

Большое количество публикаций, круглых столов, конференций, посвященных теплоизоляционным материалам и теплоизолированным конструкциям, существенно укрепили идеи энергосбережения как в сознании российских граждан вообще, так и в сознании участников строительного сообщества. Сегодня трудно себе представить, что, например, стена вновь возводимого здания вообще не содержит теплоизоляционных слоев. Вместе с тем, рекламная направленность многих публикаций, нечеткие, часто противоречивые, а иногда и ложные представления о теплотехнических свойствах теплоизолированных конструкций, внесли определенную неразбериху в процесс проектирования последних с точки зрения оценки рациональности принимаемых решений.

Целью данной статьи является попытка предложить алгоритм рационального выбора теплоизоляционного материала при проектировании любой ограждающей конструкции. Алгоритм базируется на трех основных положениях: критериях эффективности конструкций, критериях для выбора утеплителя и оценки экономической эффективности принятого решения.

Критерии эффективности конструкции

Очень часто, говоря об эффективности конструкции, имеют в виду только стоимостной аспект понятия. Однако, кроме стоимости, в понятие эффективности любой строительной конструкции или сооружения входят и другие, не менее важные аспекты. В общем виде к вопросу определения эффективности можно подойти следующим образом.

Конструктивное решение эффективно при достижении:

- заданного уровня качества конструкции (в это понятие входят, например, несущая способность, жесткость, устойчивость, теплозащитные свойства и т.д.);
- заданной долговечности и надежности, т.е. сохранении заданного уровня качества в течение определенного времени при условии периодического обслуживания или без него;

• минимальных издержек по возведению конструкции или здания в целом.

Основные факторы, влияющие на эффективность:

- уровень инженерной проработки решения – идеи, расчеты, качество проектной документации;
- соответствие доступного уровня технологии выполнения работ принятому конструктивному решению, иначе говоря, технологические возможности реализации проекта;
- соответствие свойств выбранных строительных материалов условиям возведения и эксплуатации конструкции.

Переходя к оценке эффективности только ограждающих конструкций – стен и крыш – необходимо рассмотреть следующие важные тезисы. Первый: современный уровень качества ограждающей конструкции определяется ее теплозащитными свойствами при условии обеспечения заданной долговечности и надежности.

Действительно, обеспечить прочность и устойчивость стены в течение длительного промежутка времени не сложно. Например, построив ее толщиной в полтора кирпича. Другое дело, насколько эффективно она будет защищать от отрицательных температур, например, в Новосибирске? Сколько энергии потребуется для отопления такого жилища? А насколько эффективно она будет защищать помещение от перегрева, например, в Сочи? Сколько энергии в этом случае потребуется на генерацию «холода» для создания комфортных условий? Любой инженер, владеющий методикой расчета теплозащитных свойств ограждающих конструкций по СНиП II-3-79, может точно ответить на эти вопросы. Не владея расчетами по СНиП, знает это и частник, отапливающий или охлаждающий собственный дом подобной конструкции за собственные деньги.

На современном этапе развития экономики и в период осознания на государственном уровне значимости энергоресурсов именно теплозащитные свойства ограждающих конструкций зданий выходят на первый план при определении понятия их качества. На рациональный и эффективный выбор теплоизоляционных материалов, обеспечивающих заданные теплозащитные свойст-

ва конструкции, влияют многочисленные свойства теплоизоляционных изделий.

Второй тезис: экономическая эффективность ограждения может быть определена путем сравнения различных вариантов конструктивных решений при условии равенства их уровня качества и условий эксплуатации.

Этот тезис естественным образом вытекает из предыдущего. Представим себе, например, две стеновые конструкции многоэтажного здания с монолитным несущим каркасом. Первая конструкция выполнена из кирпича с поэтажным опиранием на перекрытие. Вторая – железобетонная с наружным утеплением и облицовкой на основе (в общеупотребительном – вентфасад). При такой конструктивной схеме и первая, и вторая конструкции могут обеспечить равную прочность и устойчивость с минимальной материалоемкостью: стена из кирпича будет иметь толщину 125 мм, железобетонная – 100 мм. Как только мы зададим такой параметр качества, как уровень теплозащиты, равный и достижимый для обеих конструкций, ситуация существенно изменится.

Рассуждая на качественном уровне, в силу того, что коэффициенты теплопроводности кирпича и современных теплоизоляционных волокнистых утеплителей отличаются в 5-6 раз, очевидно, что для обеспечения теплозащитных свойств заданного уровня, например, в 3 единицы, для первой конструкции потребуется значительно больше материалов (кирпича) и времени на возведение (трудозатрат), чем для второй. Кроме того, весовые и геометрические параметры первой конструкции негативно повлияют на другие конструктивные характеристики здания. Особенно это критично для многоэтажных и высотных зданий.

Для перехода к количественной оценке экономической эффективности вариантов необходимо выбрать критерии для сравнения.

Критерии экономической эффективности конструкции

Минимально допустимый уровень теплозащитных свойств ограждающей конструкции определяется, исходя из санитар-



но-гигиенических требований. Все остальные возможные уровни теплозащитных свойств говорят о возможном экономическом эффекте от энергосбережения в результате эксплуатации конструкции.

Современная экономическая теория формулирует показатель экономической эффективности как отношение показателя уровня качества к величине издержек, понесенных при достижении этого уровня. В то же время известно, что сравнивать экономическую эффективность можно лишь при условии, когда сравниваемые варианты имеют равные показатели качества при равных условиях эксплуатации.

Для всех типов ограждающих конструкций показателем уровня качества может служить их приведенное сопротивление теплопередаче $R_{пр}$. Кроме того, учитывая долговечность конструкции как составляющую качества, необходимо ввести временной параметр, а именно, срок службы конструкции T при условии поддержания R^0 на постоянном уровне. Тогда интегральный показатель качества можно записать как произведение $R^0 * T$. Чем выше сопротивление теплопередаче и чем дольше оно сохраняется на постоянном уровне, тем больше энергии может быть сэкономлено на отоплении здания.

Исходя из такого определения показателя качества, общие издержки на конструкцию за время T будут складываться из издержек на ее проектирование и возведение – единовременных капитальных затрат, а также эксплуатационных издержек на поддержание заданного уровня качества – эксплуатационных затрат.

Критерием эффективности ограждающей конструкции с учетом сказанного выше может служить отношение интегрального показателя качества к совокупным приведенным на 1 м^2 издержкам $Z_{пр}$ в пределах времени T , т.е. $K_{эф} = R^0 * T / Z_{пр}(T)$.

Используя такой критерий, нельзя определить величину экономического эффекта от энергосбережения или срок окупаемости конструкции, но при директивно заданном уровне теплозащитных свойств можно сравнивать эффективность того или иного конструктивного решения. Тем более, что все величины, входящие в расчет, легко определяются. Уровни теплозащиты определяются из СНиП 23-02-2003, а издержки в текущих ценах можно определить, пользуясь ресурсным методом или на основе калькуляции.

Критерии для эффективного выбора утеплителя

Главная задача теплоизоляционного слоя – обеспечение заданных теплозащитных свойств конструкции в течение заданно-

го времени при заданных условиях эксплуатации. Отсюда и главная характеристика теплоизоляционных материалов – **коэффициент теплопроводности**. Однако только сравнения этих коэффициентов для различных утеплителей явно недостаточно. На рациональный и эффективный выбор влияют и другие многочисленные свойства теплоизоляционных изделий. К сожалению, малый опыт проектирования конструкций с теплоизоляционными слоями из современных утеплителей очень часто не позволяет корректно разобраться с этими самыми свойствами.

Выбор утеплителей проводится на основе сравнительного анализа показателей свойств, являющихся значимыми для данной конструкции. Свойство утеплителя является критерием для сравнения, если при решении задачи обеспечения заданного уровня теплозащиты и надежности конструкции есть четкое представление о влиянии этого свойства на конечное качество конструкции или технологию производства работ, т.е. имеется количественная методика.

Самый простой пример – величина коэффициента теплопроводности. Чем он выше, тем большая толщина слоя утеплителя необходима в конструкции для достижения заданного уровня приведенного сопротивления теплопередаче. Другой пример – для покрытия из железобетонных плит: **коэффициент паропроницаемости** входит в расчет влажностного режима, а **прочность при сжатии** – в расчет жесткости основания под кровельное покрытие. Очевидно, что по упомянутым показателям плиты из минеральной ваты и экструдированного пенополистирола будут существенно отличаться. Не менее очевидны и отличия двух материалов по технологическим параметрам, определяющим требования к материалам и порядку проведения кровельных работ, и т.д.

Критериями надежности утеплителей являются показатели свойств, определяющие надежность всей конструкции по сохранению теплозащитных свойств в условиях эксплуатации в течение заданного времени.

Для теплоизоляционных слоев всех, без исключения, конструкций крайне **важно сохранение сплошности слоя**. Не менее важно и **сохранение первоначальной толщины** в течение всего срока службы конструкции. К сожалению, никто из производителей теплоизоляционных материалов пока не декларирует таких показателей, как **стабильность размеров и формы при заданной влажности и температуре**. Отчасти потому, что советские ГОСТы на теплоизоляцию не содержали таких требований. Ассоциация российских производителей современной минераль-

ной изоляции «РОСИЗОЛ» в настоящее время готовит национальный стандарт на определение этих показателей.

Для нагруженных теплоизоляционных слоев, безусловно, важнейшими критериями надежности являются **прочностные и деформационные показатели** и их изменение во времени под действием статических нагрузок. Стандарта на определение реологических характеристик теплоизоляционных материалов в России пока не существует.

Привычное представление свойств теплоизоляционных материалов с условным их делением на физические и механические не представляется удобным для практической деятельности проектировщиков и строителей, а также для конечных потребителей готовой строительной продукции. Попытка же упростить восприятие многообразия свойств, сведя все к показателю плотности, сейчас выглядит недоразумением. Причины такой классификации обусловлены историей развития отрасли. С одной стороны, отсутствие отработанных методик и оборудования для надежного определения различных показателей свойств строительных материалов непосредственно на предприятиях. С другой стороны, недостаток опыта проектирования с использованием современных эффективных видов теплоизоляции, появившихся в массовом строительстве в середине 90-х годов.

Применительно к классификации свойств теплоизоляционных материалов целесообразно ввести следующие определения:

- эксплуатационные свойства – свойства, определяющие долговечность и надежность теплозащитных свойств конструкции;
- конструктивные свойства – свойства, определяющие материалоемкость для обеспечения заданного уровня теплозащитных свойств;
- технологические свойства – свойства, определяющие временные издержки при производстве работ по обеспечению заданного уровня теплозащитных свойств.

Ориентироваться в такой системе координат достаточно просто, а самое главное, что она позволяет проводить корректное сравнение различных теплоизоляционных изделий при обосновании эффективности конструкции.

Использование при проектировании утепленных ограждающих конструкций приведенного выше алгоритма выбора утеплителей, безусловно, способствует повышению качества этих конструкций и ведет к снижению издержек при их строительстве и эксплуатации. Предложенный критерий эффективности конструкции позволяет простым и понятным способом сравнивать различные варианты конструктивных решений, содержащих различные современные теплоизоляционные изделия.