

Спустя десятилетия после указанного пионерского эксперимента была предпринята попытка промышленная установка, на которой было измерено с высокой степенью точности и надежности звукоизоляция вакуумных двустенных конструкций двух типов: легких и массивных. В результате этих исследований удалось выяснить, что вакуумная звукоизоляция может применяться для борьбы с шумом на низких и средних частотах, на высоких частотах улучшение звукоизоляции не наблюдалась вследствие несовершенства конструкции вакуумных панелей, а именно наличие жестких связей между стенками панелей.

Таким образом, исследованные вакуумные конструкции, теоретически обладающие идеальной звукоизоляцией, а на практике хорошей звукоизоляцией на низких и средних частотах, могли бы найти свое применение в промышленных зданиях: в механизмах помещенных в вакуумные оболочки значительно снизится уровень шума. Прозрачные вакуумные конструкции в медицине обеспечат хорошую тишину, высокую стерильность и визуальный контроль.

На сегодняшний день основная задача состоит в создании такой конструкции, которая позволила бы массово использовать ее в гражданском строительстве для дополнительной изоляции существующих и вновь возводимых строительных конструкций с минимальными затратами на монтаж и эксплуатацию, а также легкости и индустриальности ее изготовления, минимальным расходом материалов на ее производство. Пример такой изоляции можно увидеть в широко применяющейся за рубежом вакуумной теплоизоляции, которая обладает всеми перечисленными выше свойствами. Если предположение, что такая теплоизоляция сможет оказаться еще и эффективной звукоизоляцией, по крайней мере в зоне низких и средних частот, то мы сможем говорить о новом типе эффективного и недорогого звукоизоляционного материала. А так как такая вакуумная панель заполнена недорогим порошковым материалом и, следовательно, не имеет жестких связей между стенками, то можно предположить, что она сможет бороться с высокими частотами так же хорошо, как и с холодом. Что хорошо согласовывается с директива Президента Республики Беларусь № 3 «Экономия и бережливость главные факторы экономической безопасности государства».

Вывод: главная инновация в области звукоизоляции XXI века – вакуумная система звукоизоляции. Но пока в области исследований, в практике проектирования и строительства эта система не нашла применения и требует дальнейших исследований и разработок.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Meyer, E. Veouche uber Körperschalleitung (Schatorucken) / E. Meyer. // Akusnsne ZenSchnft. – 1937. – № 2.
- 2 Cremer, L. Calculation of Sound Propagation In Structures / L. Cremer. // Acusoca. – 1953. – Vol. 3.
- 3 Cremer, L. Berechnung der Wirkund von Schallbrucken / L. Cremer. // Acusoca. – 1954. – Vol.4.
- 4 Heck, M. Untersuchung uber die Lunschnalldammung von Doppelwanden mit Schalbruchen / M. Heck. – ICA, Stuttgart, 1956.
- 5 Заборов, В. И. О звукоизоляции двойных ограждений со связью по контуру / В. И. Заборов. – Акустический журнал АН СССР. – 1965. – Т. XI, Вып. 2.
- 6 Боголепов, И.И. О влиянии звуковых мостиков на звукоизолирующую способность судовых двустенных переборок: сб. «Борьба с шумом на судах» / И. И. Боголепов. Л.: – Судостроение, 1965.

УДК 691

## СОВРЕМЕННАЯ ВАКУУМНАЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИЯ

*И. А. ЦЫГАН*

*ОАО «Институт Гомельстройпроект», Республика Беларусь*

*В. М. ПРАСОЛ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Современные перспективы улучшения качества теплоизоляции связывают с использованием вакуумированных материалов. Как известно, теплопроводность и звукопроводность различных материалов может быть значительно снижена при помещении их в вакуум. Во многих работах для обеспечения высокого термического сопротивления ограждающих конструкций, а также звукоизоляции предлагается использовать полые вакуумированные изоляционные панели. В пространстве между

стенками панели создается высокий вакуум, и перенос тепла, обусловленный конвекцией и теплопроводностью воздуха, практически исключается, теоретически должна прекращаться и передача звука. За счет применения ряда технических решений толщину наружных облицовок панели площадью  $1 \text{ м}^2$  удалось снизить до толщины  $0,2 \text{ мм}$ . Однако обеспечить высокую степень вакуума в межстеночном пространстве панели в течение срока эксплуатации достаточно сложно, а появление даже небольшого давления ( $10^{-4}$ – $10^{-5}$  бар) приводит к существенному (на порядки) ухудшению теплоизоляции. К тому же значительная доля энергии в таких панелях передается через достаточно толстые стенки металлической оболочки.

Более перспективным направлением является бескаркасная вакуумная теплоизоляция, то есть создание вакуумных изоляционных панелей с наполнителем из пористых материалов – мелких порошков или аэрогелей. Физический принцип данного типа теплоизоляции был разработан еще в 60-е годы прошлого столетия, однако использовалась она лишь в технике глубокого охлаждения.

Современная технология изготовления пленочных упаковочных материалов позволяет производить теплоизоляцию с вакуумированием для массового применения в строительстве. Коэффициент теплопроводности данных изделий может достигать значения  $0,002 \text{ Вт/(м}\cdot^{\circ}\text{С)}$ , что более чем на порядок ниже традиционно используемых в строительстве утеплителей. Например, для обеспечения одного и того же термического сопротивления теплопередаче применение вакуумной изоляции позволяет уменьшить толщину изоляционного слоя в 6–10 раз по сравнению с другими материалами. Так для обеспечения термического сопротивления теплопередаче равного 10, необходимо выложить 4,6 м кирпичной кладки, а можно применить вакуумную изоляционную панель толщиной всего 4,6 см. Для обеспечения одних и тех же тепловых характеристик применение вакуумной изоляции позволяет уменьшить вес изоляционного слоя в 2–6 раз по сравнению с традиционными материалами.

Если в предыдущие десятилетия порошковая теплоизоляция с вакуумированием употреблялась преимущественно в криогенной технике, то современные способы производства упаковочных и мелкопористых материалов дают возможность массового использования данной технологии утепления в строительстве. Так в 1999 году впервые в строительной практике достаточно большая площадь (около  $40 \text{ м}^2$ ) фасада лабораторного здания в г. Вюрцбург (Германия) была утеплена вакуумными панелями, наполнителем в которых служил микропористый кремнезем.

При использовании вакуумных теплоизоляционных панелей необходимо учитывать обязательное требование сохранения их герметичности. Это накладывает определенные ограничения на конструкцию систем утепления и первостепенные сферы применения таких изделий, в частности в трехслойных стеновых панелях.

Сегодня имеется настоятельная необходимость организации серийного выпуска вакуумной теплоизоляции для массового использования в строительстве. Производство необходимых упаковочных материалов по западным технологиям может быть освоена в Беларуси, тем самым будет выполняться программа импортозамещения иностранных материалов, а также задача по энергосбережению согласно директивы Президента Республики Беларусь № 3 «Экономия и бережливость главные факторы экономической безопасности государства». Установки для создания вакуума любой степени имеются на предприятиях радиотехнического профиля, выпуск аэрогелей в состоянии наладить отечественная химическая промышленность.

Подводя итог можно выделить основные особенности и преимущества таких вакуумных панелей по сравнению с другими теплоизоляционными материалами и технологиями. К преимуществу применения можно отнести: уменьшение общей толщины и веса конструкции, существенное повышение энергетической эффективности, большие возможности для решения эстетических задач, никакого вреда и риска для здоровья, устойчивость конструкции в течение длительного периода, экологичность материала, негорючесть, материал можно применять многократно, материал не требует утилизации.

К существенным недостаткам применения таких панелей можно отнести их чувствительность к колюще-режущим предметам. Поэтому их желательно защищать дополнительными конструкциями, желательно съемными, дабы в процессе эксплуатации можно было заменить поврежденные панели на новые. Обнаружить поврежденные панели можно без особых усилий тепловизором.

Вывод: главная инновация в области теплоизоляции XXI века – вакуумные теплоизоляционные панели. Но пока в практике проектирования и строительства в нашей стране эти панели не нашли своего применения и требуется дальнейшая работа по внедрению этих эффективных материалов в массовое строительство.