

Микровибрации в жилых домах

Из научно-исследовательской лаборатории коммунальной гигиены Ленгорздравотдела

При проектировании гражданских сооружений до сих пор не обращается внимания на механические сотрясения, возникающие в здании вследствие работы в нем какой-либо машины или на сотрясения, передающиеся через грунт от движения проходящего мимо здания транспорта. Между тем вибрации ускоряют амортизацию здания. Кроме того, они порождают шум в помещении, который может быть особенно раздражителен для обитателей помещения в том случае, если некоторые элементы в конструкции здания или предметы домашней обстановки резонируют эти колебания.

Прочность зданий обычно рассчитывается, исходя из статических сил. Только в отдельных случаях при возведении сооружений в сейсмических районах принимаются в расчет горизонтальные силы, развивающиеся при землетрясении. Правда, при постройке промышленных зданий иногда принимаются некоторые меры по уничтожению вибраций, вызываемых работой машин, части которых не уравновешены, но эти мероприятия сводятся главным образом к ослаблению вибрации самой машины и не уничтожают вибраций, распространяющихся внутри здания.

Наличие вибраций в жилищах нарушает нормальный отдых человека и отрицательно действует на его нервную систему. Жильцы домов, в которых имеются промышленные установки (обычно в первых этажах), требуют принять меры к устранению сотрясений. Наиболее часто вибрации в жилищах проявляются дребезжанием оконных рам, дверей, висячих ламп, посуды в шкафах, падением круглых и легких предметов на пол, открыванием дверей у шкафов.

Организация мер защиты от подобных явлений должна базироваться на тщательном изучении самих вибраций.

Имеющаяся внутри данного дома машина при своей работе порождает периодические силовые импульсы, которые приводят в колебательное движение фундамент. Упругие колебания фундамента распространяются по всему зданию за 1 секунду на расстояние, значительно превышающее размеры самого здания. При удалении от источника вибрации энергия колебаний теоретически должна убывать вследствие затухания их, однако на практике получается более сложная картина. Отдельные элементы в конструкции здания, будучи выведенными из состояния равновесия, начинают совершать собственные колебания, характер и частота которых могут быть отличными от проходящих вынужденных колебаний. В этом случае получается наложение этих двух родов колебаний — собственных и вынужденных. В отдельных помещениях жилого дома, находящихся на достаточном удалении от источника вибрации, может иметь место даже большая вибрация, чем в непосредственной близости к источнику, в том случае, если частота собственных колебаний пола, перегородки или других элементов конструкции помещения близка к частоте вибрации, возбуждаемой источником.

Вибрация в зданиях, возникающая вследствие работы какой-либо машины в них, имеет форму правильного гармонического колебательного движения в отличие от иррегулярной вибрации, получающейся от уличного транспорта. Область распространения ее ограничивается обычно одним зданием, так как те упругие колебания, которые распространяются через грунт в направлении на соседние дома, либо быстро затухают (в зависимости от свойств грунта), либо, интерферируя с колебаниями от уличного транспорта, маскируются ими. Амплитуды рассматриваемых вибраций измеряются микрофонами, поэтому некоторые авторы называют этот род колебаний микровибрациями.

Теоретическое исследование вопроса о распространении микровибраций внутри здания, имеющего внутренние перекрытия, стены и перегородки, представляет трудную задачу. В американских строительных лабораториях делаются исследования вибраций на опытных моделях, удовлетворяющих закону динамического подобия. Наиболее

рациональным методом изучения микровибраций в зданиях следует признать инструментальное их изучение на конкретных объектах.

В 1936 г. Ленинградская научно-исследовательская лаборатория коммунальной гигиены изучила на ряде зданий характер и величину вибраций, вызываемых уличным транспортом¹. Задача же настоящей работы состояла в том, чтобы дать характеристику вибраций, возникающих в здании от источников промышленного типа, находящихся в том же здании или вплотную к нему прилегающих. Опыты были произведены в 9 различных домах. Вибрация изучалась при помощи механического вибрографа с оптической регистрацией. Описание прибора и метод обработки записей вибраций (виброграмм) изложены в указанной статье Лесгафта. Здесь отметим только, что характер и величину вибраций определяют обычно следующими величинами: периодом колебания — T_p , амплитудой — x и ускорением — x'' .

В зависимости от источника вибраций наблюдения были подразделены на 2 группы. К первой отнесены наблюдения в зданиях с источниками вибраций типа нерегулярных импульсов, а ко второй группе — наблюдения в зданиях, в которых вибрация порождается работой моторов или станков. Вибрация от источника типа нерегулярных импульсов была зарегистрирована во флигеле дома № 43 по Пионерской улице. Источником этой вибрации являются удары отбойных молотов, установленных в кузнечном цехе завода «Станкоинструмент». Кузнечный цех расположен в I этаже здания, вплотную прилегающего к тому флигелю, где производились наблюдения вибраций. Флигель представляет собой четырехэтажное кирпичное здание старой постройки. Со времени работы отбойных молотов во флигеле стали обнаруживаться следующие дефекты: рушатся карнизы, появляются трещины в штукатурке потолков и лестничные каменные ступени выходят из опорных гнезд. Вибрации были измерены в I и III этажах флигеля. Виброграф устанавливался на расстоянии 1 м от капитальной стены, разгораживающей его от источника вибрации, на досчатом полу площадью 6×2 м. Планировка квартир I и III этажа одинакова. Наблюдения показали, что в течение 1 минуты происходит 170—180 ударов, которые вызывают собственную вибрацию пола, характеризующуюся следующими причинами: в I этаже толчками вызывается вибрация с периодом колебаний $T_p = 0,09$ секунды и амплитудой $x = 5$ μ , среднее ускорение вибрации $x'' = 23 \frac{\text{мм}}{\text{сек}^2}$; в III этаже зарегистрирована вибрация с периодом $T_p = 0,07$ секунды, амплитудой $x = 8$ μ и средним ускорением $x'' = 60 \frac{\text{мм}}{\text{сек}^2}$. Интересно заметить, что в III этаже вибрация имеет и большую частоту, и большую амплитуду, а следовательно, и ускорение. Ускорение вибрации в III этаже почти в 3 раза больше, чем в первом.

Проф. Омори, изучая динамику кирпичных зданий во время землетрясений, нашел, что в зданиях средней жесткости, т. е. не отличающихся особой прочностью, упругие колебания короткого периода дают наверху стены амплитуду больше, чем на поверхности грунта, в среднем в отношении 2:1. В плохо построенном здании верхние части стены колеблются еще сильнее, чем нижние; в зданиях же достаточной прочности этого не наблюдается. На основании своих наблюдений над колебаниями стен в зданиях проф. Омори сделал оценку их прочности. Интересно отметить, что эта оценка полностью подтвердилась во время разрушительного землетрясения в Японии в 1923 г. Указанные им здания слабой жесткости потерпели наибольшие разрушения от землетрясений.

Вибрация здания увеличивается по высоте его, этим объясняется, почему в верхней части флигеля по Пионерской улице дома № 43 имеется значительно больше повреждений, чем в нижней.

¹ Е. Э. Лесгафт. Изучение вибраций в жилых домах, Сборник трудов НИЛКГ за 1936 г.

В качестве второго объекта для изучения вибрации от источников типа иррегулярных импульсов было выбрано школьное здание недавней постройки на углу улицы Скороходова и Кировского проспекта. Источником вибрации была беготня школьников во время перемен во II этаже дома. Вибрация регистрировалась в III этаже в классной комнате с площадью пола 6×6 м. Виброграф устанавливался на паркетном полу в центре комнаты. Период собственных колебаний составляет: $T_p = 0,15$ секунды, средняя амплитуда $x = 7,5$ μ и среднее ускорение $x'' = 14 \frac{\text{мм}}{\text{сек.}^2}$. Здесь период вибрации значительно больше, чем в доме на Пионерской улице. Это согласуется с теоретическим рассмотрением собственных колебаний пола, как колеблющейся мембраны, закрепленной по краям, согласно которому период собственных колебаний должен увеличиваться с увеличением площади при одинаковых прочих условиях. С гигиенической точки зрения колебания более длинного периода доставляют меньшие раздражения человеку, чем при той же амплитуде колебания короткого периода. Следовательно, устройство комнат, больших по площади (особенно в верхних этажах тех домов, которые подвержены вибрациям), следует признать желательным в смысле ослабления вредных последствий от вибраций.

К этой же группе вибраций, вызванных источниками типа иррегулярных импульсов, были отнесены все те, которые вызываются хождением людей внутри здания, хлопанием дверей и перестановкой тяжелых предметов. Изучение этих явлений было произведено в здании дома № 6/8 на улице Мира, в доме № 24 по улице Куйбышева, в доме № 92 по проспекту К. Маркса и в домах № 14 и № 16 по Тверской улице. Исследования показали, что вибрация, вызванная подобного рода причинами, характеризуется колебаниями весьма большой амплитуды (до 80—100 μ) вблизи самого источника, но быстро затухающими. В отдаленных же частях здания обнаруживается слабо выраженная вибрация отдельных элементов здания с их собственным периодом. В зданиях, где имеется прочная связь междуэтажных перекрытий с капитальными стенами, было замечено, что время полного исчезновения колебаний несколько больше по сравнению с тем же временем в зданиях, менее прочных. Однако амплитуда колебаний для первого рода зданий всегда меньше и она особенно заметно убывает при удалении от источника. Так, например, в кирпичном 5-этажном доме (проспект К. Маркса, 92) в комнате с площадью пола 4×4 м хождение одного человека вблизи вибрографа, установленного в центре комнаты, вызывает колебание пола с амплитудой $x = 88,0$ μ , а хождение того же человека, но по краям комнаты, вдоль стен дает вибрацию уже только с амплитудой $x = 9,3$ μ . Этот дом относится к числу прочных, и полное исчезновение колебаний от одного удара происходит в нем через 0,75 секунды. В другом доме, построенном из кирпича и шлака-бетона (Тверская улица, 16), наблюдается обратная картина: время исчезновения колебаний равно 0,30 секунды, но амплитуды от тех же источников колебаний значительно больше; при хождении одного человека в комнате (4×4 м) вблизи вибрографа наблюдаются колебания уже с амплитудой $x = 104,8$ μ , а при удалении источника вибрации на края комнаты амплитуды колебаний снижаются только до 20 μ . Время исчезновения колебаний здания от произведенного удара определяется упругими свойствами самого здания. На основании этих фактов можно утверждать, что данная величина может до некоторой степени определять вибрационные качества здания.

Грин¹ на основании теоретического расчета сейсмостойкого много-

¹ Грин, Упругая конструкция первого этажа сейсмостойкого сооружения (реферат), Стройиндустрия, 1934, № 3 и № 6.

этажного каркасно-стально-го здания указывает, что действие удара на грунт может совсем не влиять на самое здание в том случае, если первый опорный этаж сделать из упругого материала, поглощающего колебания грунта. Это подтверждается нашими наблюдениями в отношении ударов внутри здания. Применение упругих прослоек в междуэтажных перекрытиях бесспорно будет в значительной мере заглушать возникающие при ударе колебания.

Совершенно отличную картину дают наблюдения над вибрацией в тех домах, где источником их является работа моторов и станков. Запись такой вибрации представляет смешение двух родов колебаний: собственных колебаний данного элемента в конструкции здания (пола, перегородки) и вынужденных колебаний. Эти последние имеют обычно весьма короткий период, измеряемый сотыми долями секунды. На виброграммах эти колебания получаются как постоянные наложения на собственные колебания в виде мелких зубчиков. Период вынужденной вибрации, распространяющейся по зданию, соответствует тому периоду колебаний, которым обладает фундамент или стена, прочно скрепленная с данным агрегатом. При этом следует заметить, что во всех зданиях, где была обнаружена и зарегистрирована подобная вибрация, она сопровождалась шумом, достигающим 28—30 децибел¹. Такой уровень постоянного

¹ Измерение шума производилось субъективным шумомером Баркгаузена.

Таблица 1

[illegible]

шума в жилых помещениях гигиенически считается неприемлемым¹. В приводимой табл. 1 собраны результаты произведенных измерений вибрации этого рода в различных домах с указанием источника ее и места съемки.

Период вибрации T_p выражен в секундах, средние амплитуды $\{x$ в микронах и ускорение x'' в $\frac{\text{мм}}{\text{сек.}^2}$.

Приведенные наблюдения показывают, что характер вынужденной вибрации, т. е. основной причины, вызывающей сложный вибрационный режим в здании, во всех случаях почти одинаков. Данные о развиваемом ускорении собственной вибрацией, являющейся как бы реакцией на приходящие колебания, определяют прочность здания. Здание по улице Грота относится к числу самых прочных, оно же обладает и наименьшими ускорениями, и амплитудами собственной вибрации. Старое, расшатанное здание по улице Мира, дом 6/8, обладает наибольшим ускорением собственной вибрации.

В заключение необходимо высказать некоторые пожелания для всех случаев нового жилищного строительства, когда применение радикальной меры — выноса жилого дома далеко от источников вибрации, не представляется возможным или когда наличие какого-либо вызывающего вибрации агрегата в доме диктуется необходимостью.

При проектировании здания нужно обращать внимание на динамику сооружения. При расчете прочности конструкции должны учитываться добавочные усилия, развивающиеся вследствие вибрации грунта. Вопрос о том, как учитывать эти добавочные усилия, еще не решен. Имеется несколько работ², трактующих способы расчета сейсмостойкого здания, но единого принятого метода еще нет.

Наши наблюдения над микровибрациями в зданиях позволяют утверждать, что вибрация в зданиях будет заметно ослаблена, если частота собственных колебаний отдельных элементов здания будет сильно отличаться от частоты вибрации, посылаемой от источника, иными словами, если резонанс этих колебаний будет исключен.

При постройке здания необходимо принимать меры к амортизации вынужденных колебаний, чтобы вызывать быстрое их затухание при удалении от источника вибрации. Резиновые подпятники под машинами и упругие прослойки в междуэтажных перекрытиях — лучшее средство амортизации колебаний.

М. ГЕН и Ф. КАГАН (Харьков)

Влияние метеорологических условий в цехе на частоту простудных заболеваний

Из Центрального украинского института гигиены труда и профессиональных заболеваний

За последние четыре года опубликован ряд работ, указывающих новые пути в изучении вопроса о влиянии метеорологических факторов на здоровье рабочих. В труде проф. Левицкого о влиянии конвекционной и лучистой теплоты на частоту простудных заболеваний развивается теория благоприятного воздействия на организм рабо-

¹ Кнудсен, Архитектурная акустика, ОНТИ НКТП, 1936.

² Работы Лолейга, Грина, Ботвинкина, Бриллинга, Назарова и др., опубликованные в последние годы в журн. «Строительная промышленность».