

Министерство образования и науки Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

СТУДЕНЧЕСКИЙ НАУЧНЫЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ФОРУМ

Сборник докладов
студенческого научного тематического форума
кафедры проектирования зданий и сооружений
института строительства и архитектуры
по итогам научно-исследовательских работ студентов
(г. Москва, 24-25 апреля 2017 г.)

© Национальный исследовательский
Московский государственный
строительный университет, 2017

ISBN 978-5-7264-1614-4

Москва 2017

УДК 62+378
ББК 38
С88

С88 **Студенческий научный тематический форум** [Электронный ресурс] : сборник докладов студенческого научного тематического форума кафедры проектирования зданий и сооружений института строительства и архитектуры по итогам научно-исследовательских работ студентов (г. Москва, 24-25 апреля 2017 г.) / М-во образования и науки Рос. Федерации, Нац. исследоват. Моск. гос. строит. ун-т. — Электрон. дан. и прогр. (2 Мб). — Москва : Изд-во Моск. гос. строит. ун-та, 2017. — Режим доступа: <http://mgsu.ru/resources/izdatelskaya-deyatelnost/izdaniya/izdaniya-otkr-dostupa/>. — Загл. с титул. экрана.
ISBN 978-5-7264-1614-4

Содержатся доклады участников студенческого научно тематического форума кафедры проектирования зданий и сооружений института строительства и архитектуры МГСУ по итогам научно-исследовательских работ студентов за 2016–2017 учебный год, который проходил с 24 по 25 апреля 2017 г.

Научное электронное издание

*Материалы публикуются в авторской редакции.
Авторы опубликованных докладов несут ответственность
за достоверность приведённых в них сведений.*

© Национальный исследовательский
Московский государственный
строительный университет, 2017

Ответственная за выпуск *К.О. Ларионова*

Институт строительства и архитектуры (ИСА НИУ МГСУ).

Тел.: +7 (495) 287-49-14, вн. 3005.

E-mail: isa@mgsu.ru

Сайт: <http://isa.mgsu.ru/universityabout/Struktura/Instituti/ISA/>

Кафедра проектирования зданий и сооружений.

Тел.: +7 (495) 287-49-14, вн. 3059.

E-mail: agpz@mgsu.ru

Сайт: http://mgsu.ru/universityabout/Struktura/Kafedri/Pr_zd_i_soor/

Для создания электронного издания использовано:

Microsoft Word 2013, ПО Adobe Reader

Подписано к использованию 15.06.2017. Объем данных 2 Мб

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Национальный исследовательский

Московский государственный строительный университет».

129337, Москва, Ярославское ш., 26.

Издательство МИСИ–МГСУ.

Тел. (495) 287-49-14, вн. 13-71, (499) 188-29-75, (499) 183-97-95.

E-mail: ric@mgsu.ru, rio@mgsu.ru

СЕКЦИЯ СВЕТОПРОЗРАЧНЫЕ НЕСУЩИЕ КОНСТРУКЦИИ

ПОДСЕКЦИЯ ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ И АРХИТЕКТУРНАЯ ВЫРАЗИТЕЛЬНОСТЬ НЕСУЩИХ СВЕТОПРОЗРАЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

*Студентка 2 курса 34 группы ИСА **Веселова А.Д.***

*Студентка 2 курса 34 группы ИСА **Найденова Д.Ю.***

*Научный руководитель – старший преподаватель **Д.А. Глаголева***

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ И ВЫРАЗИТЕЛЬНОСТЬ СВЕТОПРОЗРАЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА ПРИМЕРЕ АЭРОПОРТОВ

В современном мире архитектурно-инженерные решения занимают не последнее место в жизни людей, оказывая непосредственное влияние на безопасность, уровень жизни, трудоспособность и их психоэмоциональное состояние. Разнообразное выражение архитектурной мысли позволяет создавать здания и сооружения с использованием самых новейших технологий, конструкций и материалов.

К одним из таких конструкций относятся несущие светопрозрачные конструкции. Новые возможности стекла были апробированы ещё в XIX веке при возведении центрального павильона Всемирной выставки в Лондоне в 1851 г.

В большинстве случаев стекло выступает в качестве вторичного несущего элемента, первичным - металл. Поэтому важно отметить появления таких пространственно-стержневых систем, как: купол Швеллера; система звездчатого купола, предложенная Феппелем в 1882г.; многогранный купол с ромбической решеткой; системы кристаллического купола. В 30-х годах А. М. Гинзбург предложил двухпоясную конструкцию большепролетных сводов и куполов, представляющих собой изогнутую по заданной поверхности перекрестно-стержневую плиту. Плоские решетчатые системы покрытий из коротких стержней появились в 40-х годах XX в. Развитие техники и технологии способствовало появлению новых материалов, конструкций, технологических процессов. Так в результате изобретения флоат-процесса в Англии в 50-е годы XX века появилось большое количество возможностей применения стекла в строительстве, что, соответственно, позволило создавать абсолютно новые конструкции по архитектурно-инженерным решениям и

функциональности, в частности применимой к таким типам зданий как аэропорты.

При проектировании светопрозрачных конструкций необходимо учитывать такие параметры, как:

- * условия эксплуатации;
- * ветровую нагрузку на сооружение;
- * вес конструкции;
- * способность стекла отражать ультрафиолетовые лучи;
- * особенности климата;
- * назначения сооружения;
- * требования безопасности.

Конструкций такого типа, применяемые в аэропортах, должны удовлетворять перечню специальных технических условий, который содержит ряд требований, касающихся:

- * дополнительных построек, узлов или конструкций, обеспечивающих устойчивость объекта;
- * систем пожаротушения, оповещения и эвакуации и т.д.;
- * средств и оборудования, защищающего здание от техногенных факторов и природных катастроф;
- * последовательности внедрения мероприятий гражданской обороны и защиты окружающей среды.

Проектирование аэропортов без использования нормативов предусматривает проработку следующих вопросов:

- * оснащение объекта усовершенствованной вентиляцией;
- * проведение качественного водо-, электро- и теплоснабжения;
- * расчет дополнительных вибраций;
- * применение дополнительных средств противопожарной защиты;
- * предупреждение террористических актов;
- * организация аварийного питания;
- * выполнение запасных выходов.

В качестве примеров использования несущих светопрозрачных конструкций в аэропортах можно привести:

- * Аэропорт им. Гейдара Алиева - Баку, Азербайджан

На месте старого терминала был возведен новый международный Терминал 1. Четырехэтажная инженерная концепция была разработана в 2010 году компанией «Agur», в форме треугольника с полупрозрачной крышей изнутри. Терминал 1 был сдан в эксплуатацию в апреле 2014 года.



Рис. 1 Аэропорт им. Гейдара Алиева. Терминал 1

*Международный аэропорт Сан-Хосе - штат Калифорния, США

В 1939 году Эрнст Ренцел положил начало строительству аэропорта. В 1945 к нему присоединился летчик-испытатель Джеймс М. Ниссен. Кульминацией стало открытие терминала С в 1965. В ноябре 2001 городской совет Сан-Хосе утвердил исправленный генеральный план аэропорта, в котором появился парусообразный фасад терминала А.



Рис. 2. Международный аэропорт Сан-Хосе. Терминал А

* Аэропорт Нью-Йорка – США

Строительство началось в 1942 году. Начал свою работу в 1947. В 1962 году был открыт терминал №3, имеющий большую эллиптичес-

скую, покрывающую место посадки, крышу, которую удерживают 32 столба и система канатов. В том же году был открыт терминал №5, автором проекта которого является архитектор Ээро Сааринен. Терминал представляет собой абстрактный символ полета.



Рис. 3. Аэропорт Нью-Йорка.
а) Терминал №3 б) Терминал №5

* Аэропорт Сарагоса – Испания

Открыт в сентябре 1947 года. Во время холодной войны использовался ВВС США в качестве авиабазы.



Рис. 4. Аэропорт Сарагоса. Терминал 2

Все рассмотренные конструкции отвечают требованиям безопасности и функциональности, имеют выразительный вид и повышенный уровень комфорта, для удобства пассажиров.

Не смотря на относительно недавнее появление, светопрозрачные конструкции пользуются популярностью, поскольку имеют эстетичные и разнообразные формы, способные удивлять и поражать своей необычностью, при этом не уступают в прочности и возможности приме-

нения более традиционным конструкциям. Не стоит забывать так же о том, что они позволяют снизить энергозатраты, что делает их экономически выгодными.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Руководство по проектированию аэропортов местных воздушных линий
2. *Broto C.* Eco-Friendly Architecture. Barcelona: Links, 2011.
3. *Burry J., Burry M.* The New Mathematics Of Architecture. London: Thames & Hudson, 2010.
4. *Edwards B.* Sustainability And The Design Of Transport Interchanges: London, Routledge, 2011.
5. *Edwards B.* The Modern Airport Terminal. New Approaches To Airport Architecture, 2nd Edition. London: Taylor&Francis, 2005.
6. *Haas T.* Sustainable Urbanism & Beyond. Rethinking Cities For The Future. N-Y: Rizzoli, 2012.
7. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/ Сапаргоча](https://ru.wikipedia.org/wiki/Сапаргоча)
8. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/ Международный аэропорт Гейдар Алиев](https://ru.wikipedia.org/wiki/Международный_аэропорт_Гейдар_Алиев)

*Студент 2 курса 11 группы ИГЭС Касымов Ж.В.
Научный руководитель – старший преподаватель Д.А. Глаголева*

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ И АРХИТЕКТУРНАЯ ВЫРАЗИТЕЛЬНОСТЬ НЕСУЩИХ СВЕТОПРОЗРАЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЯХ

До промышленной революции, которая началась в 18 веке, в строительстве стекло использовалось в качестве оконных проемов. В связи с открытием и развитием технологий производства, а также архитектурной выразительности стекла, большую популярность получила тема о его использовании при возведении высотных зданий как в качестве облицовочного, так и несущего светопрозрачного элемента. Светопрозрачная конструкция – это ограждающая конструкция, необходимая для обеспечения теплоизоляции, естественной освещенности и визуального контакта с окружающей средой.

Важно отметить следующие 3 события из истории, которые позволили стеклу завоевать свою нишу в строительстве. В 1909 году был открыт триплекс. Триплекс – это стекло, состоящее из двух и более

стёкол и склеивающего их прозрачного упругого материала. В 30-х годах 20 века изобретено закаленное стекло. Закаленное стекло отличается повышенной механической прочностью, термостойкостью и безопасностью при разрушении. Разбив данное стекло, оно разрушается на множество мелких осколков с тупыми гранями, которые не способны причинить серьезной травмы. Получают закаленное стекло нагревом до температуры закалки (650-680 °С) с последующим быстрым равномерным охлаждением холодным воздухом с обеих сторон. Третьим решающим и отправным пунктом послужило создание «флоат» процесса в 50 годах 20 века в Англии, которое позволило широко применять стекло в строительстве.

Благодаря блестящей поверхности и ярким цветам облицовочные материалы на основе стекла декоративны. Одни из первых зданий, в которых стекло использовалось, как облицовочный материал, были общественные здания. Примером служит «Пассаж Жоффруа», построенный в Париже, крыша которого представляет собой зенитный фонарь, служащий для естественного освещения и архитектурной выразительности. Со второй половины 20 века в небоскрёбах появляются навесные стеклянные фасады.

Один из самых главных памятников архитектуры того времени – «Seagram Building», построенный в Нью-Йорке, США, спроектированный архитектором Мисом ван дер Роэ. Людвиг Мис ван дер Роэ – немецкий архитектор – модернист, определивший облик городской архитектуры в XX веке. Данное сооружение, как и все крупные здания того времени, строилось из стальной конструкции, на которую навешивались «стеклянные стены».



Рис. 1. «Пассаж Жоффруа», Париж



Рис. 2. «Seagram Building», Нью-Йорк, США

Далее рассмотрим несколько примеров из современности. Здание в «Futuroscope» – здание, построенное в парке развлечений, во Франции. Оно демонстрирует, насколько сложными и необычными по своей форме могут быть возведены сооружения с применением стекла. «Башня Эволюция» – многофункциональный комплекс Московского международного делового центра, имеющий 55 этажей. «Шанхайский всемирный финансовый центр» – небоскрёб в Шанхае с 101 этажом. Высота центра составляет 492 м.



а



б



в

Рис. 3. Здания с облицовочным материалом стеклом:

- а) здание в «Futuroscope», Франция,
- б) «Башня Эволюция», Москва,
- в) «Шанхайский всемирный финансовый центр», Шанхай, Китай

Путь архитектурного стекла начинается в песчаном карьере. Более 60% будущей стеклянной массы составляет песок. Кварцевый или стекольный песок – сырьё высокой степени очистки. Готовый стекольный песок поставляют на производство и выгружают. Через сложную систему песок попадает в место, в котором будет сформирована смесь для выплавки стекла – шихта. Песок основной, но не единственный компонент для производства шихты. Также в состав входит сода, доломит, полевой шпат, известняк, сульфат соды и кокс. Известняк и доломит улучшают погодостойкость стекла. Сода и сульфат натрия понижают температуру плавления. Стекольное производство безотходное. Далее шихта попадает в стекловаренную печь, где под действием горения природного газа температурой 1600 °С плавится. Затем стекломасса попадает в специальную ванну с расплавом олова, где она превращается в гладкую плоскую ленту за счет растекания по идеальной плоскости расплава олова с 1 стороны и сил поверхностного натяжения с другой. После формования горячая лента стекла попадает в галерею охлаждения, представляющую из себя роликовый транспортер длиной более

100 метров. Чистая и прозрачная стеклянная река вытекает на открытый конвейер. 90% листового стекла в мире выпускается именно таким образом. Это технология называется «флоат» метод. Стекловаренные печи не останавливаются 15 – 20 лет. Если остановить процесс варки стекла, то стекломасса застынет и печь придет в полную негодность. Разогреть эту печь по новой нельзя. Её можно только разломать и на её месте построить новую. Данный метод позволяет выпускать листы стекла до 3,2 м в ширину и до 6 м в длину.

Прежде чем прозрачный лист превратится в стеклопакет, перегородку или элемент облицовки фасада, его наделяют дополнительными свойствами. Сегодня одно из самых современных и востребованных – низкоэмиссионное или энергосберегающее стекло. После предварительной тщательной очистки и полировки стекло помещают в вакуумную установку. Основной компонент энергосберегающего покрытия – серебро наносится методом магнетронного напыления. Тяжелые ионы инертного газа вылетают из, так называемой, аргоновой пушки под действием электрических разрядов и бомбардируют мишень – серебряную пластину, выбивая из нее атомы металла. Выбитые микро – частицы оседают на поверхности непрерывно движущегося стекла, образуя плёнку. Слой серебра всего несколько десятков ангстрем. 1 ангстрем это десятиллиардная доля метра. Кроме серебряного, на стекло наносятся еще несколько слоёв покрытия для защиты серебра от внешних воздействий. Стекло с энергосберегающим покрытием практически не отличается ни по цвету, ни по светопропускаемости от прозрачного. По сравнению с обычным, низкоэмиссионное стекло позволяет сократить теплопотери в среднем на 50%. Их использование в остеклении зданий и сооружений существенно уменьшает дорогостоящую плату за отопление.



Рис. 4. Здание городского управления в Сен-Жермен-ан-Ле, Франция



Рис. 5. Стеклянная балка перекрытия

Современные требования к разным видам стекла предполагают широкий спектр испытаний. В их числе проверка на ударостойкость. Данную проверку выполняют в лаборатории испытания стекла. Заключается она в следующем: лист закаленного стекла толщиной 4 мм должен выдержать удар шарика весом 227 грамм, который упадет с высоты 2,5 м. Исходные данные веса шарика и высоты его падения зависят от толщины стекла. Также на прочность испытывают стекло с защитной пленкой. При ударе данное стекло не разрушается, т.к. защитная пленка удерживает осколки.

Стекло используют в строительстве, как заполнитель оконных проемов и только отдельные примеры напоминают нам о том, что стекло прочнее стали и может служить конструктивным материалом для возведения несущих элементов строительных конструкций.

Для наглядности рассмотрим следующий пример. Архитекторы «Brunet Saunier» и конструкторское бюро «O.T.H./Alto — M. Malinowski» использовали при строительстве здания городского управления во французском городе Сен-Жермен-ан-Ле в 1995 году необычное решение. Внутренний двор здания был перекрыт стеклянной крышей, опорами для которой послужили стеклянные колонны. Шаг между колонн 5,4 м x 5,4 м. Вес, который несёт одна колонна, составляет 6 т. При испытании на прочность модели М 1:1 была достигнута разрушающая нагрузка в 46 тонн.

Колонна, склеенная из трех листов закаленного стекла. Внутренний лист - несущий толщиной 15 мм, наружные листы толщиной 10 мм защищают внутренний от механических повреждений. Чтобы исключить восприятие веса крыши наружными листами, внутренний лист выполнен несколько длиннее наружных. База и оголовки колонны помещены в стальной башмак с 8-миллиметровой прокладкой из неопрена. Опирание колонны и верхних конструкций на колонну — шарнирное.

В заключении хочу привести пример, который показывает, что применение стекла в строительстве занимает все более высокие позиции. На выставке «Glastec Trade Fair» компания «The Travi Vitree Tensegrity» выступила с созданными ими стеклянными балками перекрытия. Данный строительный элемент состоит из преднатянутого структурного стекла, а также стали высочайшего качества и в настоящий момент является уникальным в области высоких технологий. Он позволяет возводить широкопролетные стеклянные конструкции, обладающие высокой несущей способностью. Помимо архитектурной выразительности, данная конструкция по безопасности, надежности и весу не уступает конструкциям из традиционных строительных материалов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=g4QXfLQ0nTM> / Стекло в архитектуре и дизайне
2. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/ Светопрозрачные_ конструкции.](https://ru.wikipedia.org/wiki/Светопрозрачные_конструкции)
3. URL: <http://adcitymag.ru/svetoprozrachnye-konstrukcii/> Светопрозрачные конструкции.
4. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/ Сигрем-билдинг](https://ru.wikipedia.org/wiki/Сигрем-билдинг)
5. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/ Мис_ван_ дер_Роэ,_Людвиг](https://ru.wikipedia.org/wiki/Мис_ван_дер_Роэ,_Людвиг)
6. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/ Башня_Эволюция](https://ru.wikipedia.org/wiki/Башня_Эволюция)
7. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/ Futuroscope](https://en.wikipedia.org/wiki/Futuroscope)
8. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/ Шанхайский_всемирный_финансовый_центр](https://ru.wikipedia.org/wiki/Шанхайский_всемирный_финансовый_центр)
9. URL: https://www.youtube.com/watch?v=4T2Weao_n9M «Производство и использование флоат - стекла. Стекло в архитектуре».
10. URL: <http://www.gladisspb.ru/tech/steklyannie-balki-perekritiya.php> «Стекланные балки перекрытия»

*Студент 4 курса 24 группы ИСА **Ожогин В.П.***

*Научный руководитель – старший преподаватель **Д.А.Глаголева***

СТЕКЛО КАК НЕСУЩИЙ ЭЛЕМЕНТ

Стекло было известно начиная с 9 века до нашей эры. Основными центрами производства стекла были Карфаген и древний Египет (город Александрия) Именно в Александрии впервые научились делать прозрачное стекло. Но первыми применять стекло в строительстве начали Римляне. С этим материалом они познакомились в 1 веке до н.э. Ранее стекло они заменяли слюдой, бычьими пузырями и промасленной бумагой. Конечно же, качество этих стёкол оставляло желать лучшего, но даже такое стекло считалось признаком богатства и успеха.

После падения Западной Римской империи стеклоделие в западной Европе пришло в упадок. И лишь через полтора века в Венецианской республике оно начало возрождаться и через несколько веков смогло на равных конкурировать с Византией. После захвата и разграбления крестоносцами Константинополя, Венеция становится монополистом в этой отрасли.



Рис.1 Венецианская мозаика из цветного стекла

Позднее в Западной Европе в готическую эпоху начинается расцвет производства витражных окон, где применяется цветное стекло.

Спустя пару веков оконное стекло стали производить в промышленных объёмах. В начале 20 века стекло стали изготавливать на стекольных заводах. Принцип остался такой же – стекло плавят в специальных печах и затем выдували, тем самым придавая ему нужную форму. Но всё же главным недостатком оставалась его дороговизна.



Рис.2 Процесс плавки стекла

Стекло является аморфный гомогенным и изотропным материалом, который изготавливают переохлаждением расплавов и дальнейшего увеличения вязкости. Оно обладает механическими свойствами твёрдых тел. В текущий момент в строительной отрасли преобладает

так называемое силикатное стекло, основной составляющей которого является диоксид кремния. Оно является гораздо безопаснее для пользователя, так как при разрушении образуются неострые осколки. Но изготовление такого стекла – очень трудоемкий процесс, который можно легко нарушить. Зачастую в стекломассу могут попасть инородные объекты, из-за чего впоследствии появляются микронеоднородности, в том числе микротрещины. Это сильно снижает несущую способность изготавливаемого материала и уменьшает его прочность. Так как эти пороки, а, следовательно, и напряжений, по объему неравномерно, то начальные условия работы стекла не могут быть определены с достаточной степени точности. Это значит, что работа такого конструктивного элемента не может быть описана стандартными уравнениями теории упругости, что, в свою очередь, приводит к большим коэффициентам запаса прочности. Поэтому, несмотря на теоретически возможный предел прочности стекла на растяжение в 12000 МПа, на практике в расчетах часто принимают лишь 30–90 МПа. [1]

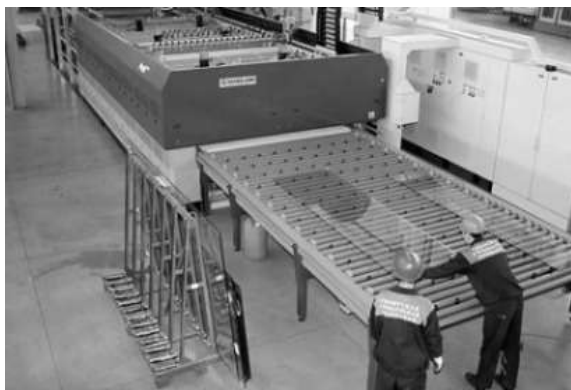


Рис. 3 Производство стекла на фабрике

В качестве несущей конструкции стекло впервые применили в 1951 году немецкая фирма *Glasbau Hahn* из города Франкфурт на Майне при строительстве выставочного павильона в своём городе.

При использовании стеклянных конструкции существует несколько проблем. Первая и самая главная из них – это то, что стекло является очень хрупким материалом. Даже после термической обработки, увеличивающая в разы прочность стекла, у него есть свои слабые места. Из-за этого, есть вероятность того, что стекло будет повреждено или разбито при транспортировке или монтаже полотен.

Также важными аспектами являются длительность производства изделий. Производство стекла является довольно время затратным процессом.

Примерами стекла как первичного несущего элемента служат в первую очередь стеклянные стены, крыши, балки, арки, а также колонны. Особое значение при проектировании таких объектов необходимо уделять рёбрам жесткости, выполненным из стекла. Важно обратить внимание, что сегодня еще не существует методик расчета таких элементов, изложенных в Нормах и Правилах. Это значит, что в каждом конкретном случае необходимо разрешение на строительство, подкрепленное серией ряда проверок и испытаний.

В качестве вторичных строительных элементов стекло используют как элементы крыш и фасадов, которые передают нагрузку остальным несущим строительным элементам. Важно отметить, что Стекло может применяться как несущий элемент при проектировании и строительстве лестниц.

Во все времена, строительство сложных инженерных и красивых архитектурных сооружений считалось признаком величия и самодостаточности государства. Строительство зданий из стекла является таким.

А можно ли применять опорные конструкции из стекла в сельском хозяйстве? Не только для выставочных павильонов, но, например, в теплицах или на фермах? Выгода весьма очевидна. В строениях, цель которых – обеспечение максимальной биологической продуктивности при снижении любых побочных затрат, стекло – перспективный материал. Стекло не только пропускает дополнительный свет, снижая затраты электроэнергии, но также гигиенично, долговечно и не требует отделки.



Рис. 4 Теплица со стеклянными несущими элементами

Из всего моего исследования в данной области я могу сделать вывод, что конечно же, несущие элементы из стекла в строительстве и обладают потенциалом, но пока нет четкой методики расчета несущей способности и прогнозирования поведения рассматриваемого материала под нагрузкой, строительство больших сооружений представляется мне слишком затратными проектами, не смотрю даже на эстетическую красоту этих объектов. Однако же строительство отдельных несущих элементов, малых архитектурных форм и предметов декора, выполняющих несущую функцию из стекла является весьма перспективным направлением.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Бартенев Г.М.* Механические свойства и тепловая обработка стекла // М.: Стройиздат, 1960. 166 с.

2. *Сандитов Д.С., Бартенев Г.М., Цыдытов Ш.Б.* Предельная прочность и максимальная скорость разрушения силикатных стекол // Физика и химия стекла. – 1978. Т. 4. Вып. 3. С. 301–308.

Студентка 3 курса 26 группы ИСА Янова Р.Ю.

Студентка 3 курса 26 группы ИСА Тимина А.И.

Научный руководитель – ассистент Сорокоумова Т.В.

ВНЕДРЕНИЕ НЕСУЩИХ СВЕТОПРОЗРАЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА ПРИМЕРЕ ЗДАНИЯ ТЕАТРА ОПЕРЫ И ФИЛАРМОНИИ "ПОДЛЯСКА", ПОЛЬША

В настоящее время стекло, как строительный материал, становится всё более востребованным. Возникает идея использовать его как материал для самонесущих и несущих конструкций. Раньше такой возможности не было, так как стекло обладает некоторыми свойствами, не отвечающими необходимым требованиям, а именно – хрупкость и малая прочность на растяжение. При разрушении одного элемента, мы можем получить так называемый «эффект домино», когда вся конструкция рухнет вследствие неконтролируемого увеличения усилий на оставшиеся части.

Несмотря на вышесказанное, стекло имеет полезные для использования в строительстве свойства, такие как высокое звукопоглощение и теплоизоляция. Также, благодаря стремительно развивающимся технологиям, несущую способность стекла удастся усовершенствовать, что

позволяет всерьез рассматривать его в качестве основного материала для несущих строительных конструкций.

Одним из первых примеров применения стекла как материала для несущей конструкции является стеклянный выставочный павильон, построенный фирмой Glasbau Hahn, Frankfurt am Main в 1951 году. Все стены павильона выполнены из стекла, а венчает их стеклянная крыша, которая опирается на стеклянные балки.

Еще одним примером использования несущих конструкций из стекла является стеклянный павильон Talus du Temple близ французского городка Noyers (архитектор Dirk Jan Postel, 2001 г.). Стены павильона представлены панелями из флоат-стакла. На них опирается деревянная крыша, соединение с которой выполнено при помощи стальных уголков с прокладками из неопрена.

Приведенные примеры доказывают, что стекло применимо и в сжатых элементах. Но, к сожалению, на данный момент нет методик, позволяющих рассчитать такие конструкции. Поэтому многие исследовательские центры ведут работы по изучению поведения стекла под нагрузкой, разрабатывая технологии по усовершенствованию несущей способности.

В строительстве широко применяется силикатное стекло, главный компонент которого – диоксид кремния SiO_2 . Но сам процесс изготовления такого стекла достаточно трудоемок, учитывая, что его легко нарушить, например, попаданием в стекломассу инородных тел, вследствие чего могут возникнуть микротрещины. Это может привести к значительному понижению несущей способности и прочности материала.

Для того, чтобы рассмотреть внедрение инновационных технологий в современный образ архитектуры было выбрано здание театра оперы и филармонии «Подляска» в городе Белосток, Польша. В настоящее время он является наиболее современным культурным центром в восточной части Европы.

Объектом наблюдения не случайно стал современный эстетический, культурный объект города. Здание буквально вырастает из зеленого холма, иногда сливаясь с ним, образует с рельефом единое целое.



Рис. 1. Вид на стеклянный фасад снаружи.



Рис.2. Главная входная группа здания театра.



Рис.3. Несущая стеклянная конструкция.

Здание театра привлекает к себе внимание эксклюзивностью несущей конструкции. Один из его фасадов полностью выполнен из стеклянных конструкций и элементов ограждения. Ребра жёсткости представлены в виде панелей флоат-стекла высотой 2,3 м и толщиной 10 миллиметров.

Соединение стен с основанием и крышей выполнено при помощи стальных уголков с прокладками из неопрена.

Ограждающая конструкция фасада выполнена с помощью системы спайдерного остекления. Было выяснено, что технология спайдерных

фасадов является хорошей основой, которая не рушит архитектурную концепцию. Также, такая система обладает рядом других положительных качеств, таких как:

- Возможность реализации любых архитектурных замыслов;
- Максимальная безопасность при установке закаленного стекла;
- Устойчивость к воздействию внешних факторов и окружающей среды;
- Минимизация несущих конструкций, что дает возможность снизить нагрузку на здание в целом;
- Долговечность и экономичность.

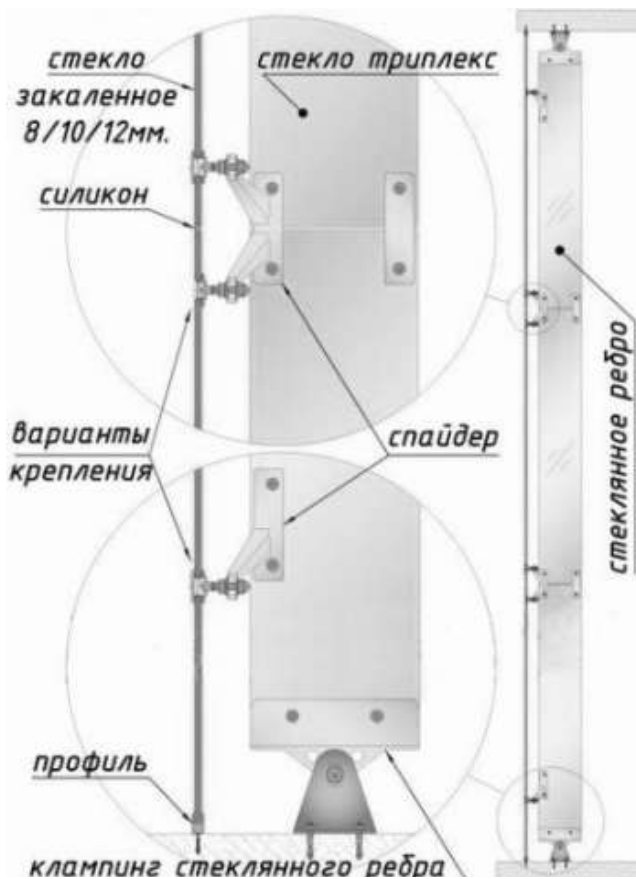


Рис.4. Схема крепления спайдера к стеклянному ребру.



Рис.5. Крепление спайдера к стеклянному ребру.

Выполненный анализ здания театра оперы и филармонии "Подляска" показал, что экспериментов по исследованию поведения стекла проводится сравнительно мало. Необходима методика для возможности проектирования несущих элементов конструкции из стекла, а также для проектирования массивных зданий, которое не нуждалось бы в дорогостоящей разработке. Стекло позволяет зданиям «парить», создает обзор и единение внешнего и внутреннего пространства, поэтому его так любят архитекторы и дизайнеры. Стекло восхищает, прежде всего, своей многогранностью. Это удивительный материал, не похожий на остальные. Потенциал стекла огромен. Это материал будущего.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *J.-D. Worner J. Schneider A. Fink.* Glasbau. Springer-Verlag. 2001
2. *Rob Nijse.* Tragendes Glas. Birkhauser 2003
3. *Зубков В.А., Кондратьева Н.В., Чесноков А.Г., Чесноков С.А.* Стекло должно быть не только светопрозрачным, но и прочным // Строй-инфо. – 2004. №18. С. 17–18.
4. *Unter Druck.* Von Jens Schneider und Frank Wellershoff. Deutsche Bauzeitung 7 2006
5. Bauingenieur 10. 2007. Springer VDI Verlag. Dusseldorf
6. *Maedebach, Redeleit und Partner.* Glasdach liber der Alien Mensa TU Dresden. Baumeister 10. 2007
3. *Zubkov V., Kondratieva N.* Characteristics of calculation of flat glass in translucent structures // Glass performance days 2008. Conference Proceedings. – New Delhi, December, 2008. – С. 27–29.

ПОДСЕКЦИЯ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА СВЕТОПРОЗРАЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ И ИХ ОСОБЕННОСТИ

Студентка 4 курса 1 группы ИСА Лебедева А.В.

Научный руководитель – старший преподаватель К.О. Ларионова.

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ СВЕТОПРОЗРАЧНЫХ ПОКРЫТИЙ И ФОНАРЕЙ ОТ РАЗЛИЧНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

Светопрозрачные покрытия и фонари верхнего освещения, несомненно, делают красивым и обеспечивают естественным светом любое здание и сооружение, но мы знаем, что основами любой строительной конструкции должны быть надежность и долговечность. Поэтому особенно важно грамотно разработать методики оценки таких конструкций к различным факторам. Рассмотрим некоторые из них.

Методика оценки светопрозрачных покрытий и фонарей на стойкость к внешним воздействующим факторам.

Рассмотрим изменение свойств светопрозрачных покрытий и фонарей, на которые воздействуют разнонаправленные (положительных и отрицательных) нагрузки (см. рис. 1)

Для проведения эксперимента рассмотрим фрагмент светопрозрачного фонаря или покрытия, изготовленный по проекту или по спецификации, полученной от производителя. Размер образца берем не менее 3 на 3 метра (если размеры будут меньше указанных, испытывать придется целиком всю конструкцию).

1. На образец до испытания не должны быть приложены никакие нагрузки и воздействия при температуре от 19 до 27°C;

2. Конструкция светопрозрачного покрытия или фонаря по утвержденному проекту должна быть прочно закреплена на несущую конструкцию.

3. Все соединения, включающие крепления между основанием фонаря и прочими деталями выполняются четко по установленному проекту и по требованиям производителя.

4. Если в конструкции есть вентиляционные устройства, они обязаны быть закрыты при проведении эксперимента.

5. Чтобы вес распределялся по поверхности равномерно, используют специальные грузы или оборудование. Так же они могут быть использованы для создания асимметричной нагрузки.

6. При выполнении эксперимента с помощью пневматического оборудования, образец укрывается уплотненной по краям со стороны избыточного давления пленкой, чтобы избежать утечки воздуха. Нагрузка должна увеличиваться со средней скоростью примерно 100 Па/мин \pm 20%; временное прекращение возрастания нагрузки разрешается для регистрации данных и осмотра.

7. Нагрузка должна оставаться на набранном уровне в течении 6 мин.

8. При использовании пневматического оборудования давление воздуха определяется как функция времени и регистрируется в виде графика.

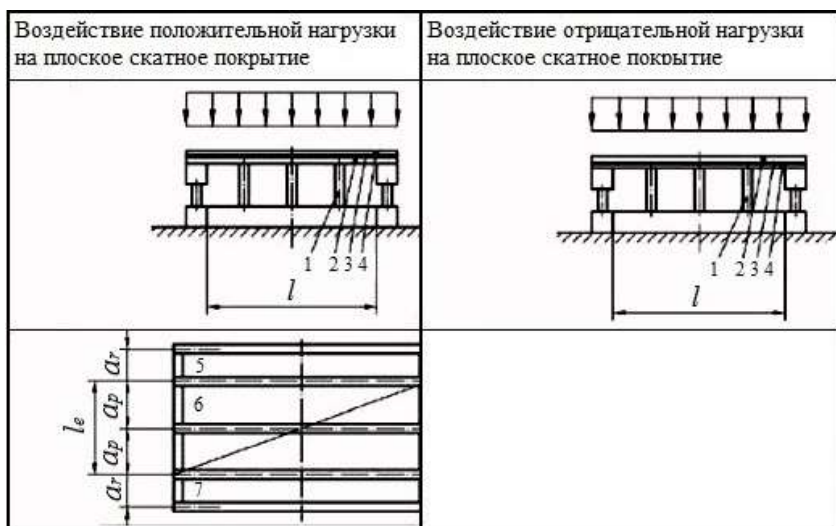


Рис.1 Схема оценки на устойчивость к воздействию положительных и отрицательных нагрузок:

a_p - расстояние между профилями монтажной системы,

a_r - расстояние между профилями монтажной системы краевых секций, l - пролёт l_e - ширина заполнения,

1 - дополнительная опорная конструкция, 2 - профиль монтажной системы, 3 - панель заполнения, 4 - прижимной профиль монтажной системы, 5 - крайняя панель заполнения, 6 - панель заполнения, 7 - крайняя панель заполнения

Критериями оценки работоспособности данной и последующих рассмотренных методик являются признаки полного или частичного раз-

рушения, возникновение деформаций, нарушающих целостность конструкции.

Методика оценки на стойкость светопрозрачных покрытий к воздействиям ударов.

Требования, описанные в пунктах 1-4 методики на стойкость к внешним воздействующим факторам, так же должны соблюдаться и в данной методике.

1. Устойчивость к воздействию ударов твердых тел.

Воздействия будут определяться от воздействия стального шара, падающего с высоты 1 метра.

Рекомендации для анализа работоспособности светопрозрачной конструкции к ударам в данных лабораторных условиях:

1. Масса стального шара равняется 250 г.
2. Для определения ударопрочности берутся три точки: в центре, на кромке или в углу и в самом неблагоприятном месте светопропускающего покрытия.

2. Устойчивость к воздействию удара мешка с песком, моделирующего падение человека.

Определяются воздействия удара, направленного вертикально для округлого мешка конической формы весом 50 кг, который падает с начальной скоростью=0 с определённой высоты.

Рекомендации для анализа работоспособности светопрозрачной конструкции к ударам в данных лабораторных условиях:

1. Образец светопрозрачной конструкции обязан быть смонтирован на жесткой временной опорной конструкции так, чтобы максимальные деформации были не больше 1/500 расстояния между опорами за все время испытаний. При оценке состояния фонаря, его основание должно быть соответствующим нормам проекта. При выполнении эксперимента с помощью пневматического оборудования, давление воздуха снизу на образец не должно влиять на результат.

2. Мешок с песком подвешивается изначально на заданной расчетной высоте (энергия удара будет составлять 1200 Дж при высоте 2,4 м.).

3. Для определения ударной прочности выбирается самое неблагоприятное место светопрозрачной конструкции - обычно на расстоянии 1 м от внешнего края образца на элементе заполнения. Для выявления неблагоприятного места может понадобиться дополнительная оценка.

Методика оценки работоспособности светопрозрачных покрытий и фонарей на водонепроницаемость

Требования, описанные в пунктах 1-4 методики на стойкость к внешним воздействующим факторам, так же должны соблюдаться и в данной методике.

Рекомендации по методике:

1. Необходимо выполнить модель действия воды от тающего снега или дождя, которые бы стекали по внешней поверхности светопрозрачного фонаря или покрытия (нужно для обеспечения водонепроницаемости на фрагменте размерами 3 на 3 метра и более), с наличием одного вертикального и одного горизонтального соединения заполнения, выполненным по проекту или спецификации производителя, и орошать водой при данных условиях:

- Распределение воды должно быть равномерным по всей поверхности образца, разбрызгивателей должны быть расположены в горизонтальной плоскости.

- Расход воды составляет 2л/кв.м·мин.

- Продолжительность орошения около одного часа.

2. Если размеры проектируемого светопрозрачного покрытия или фонаря меньше описанных выше (3 на 3 метра), конструкцию рекомендуется испытывать целиком.

3. Если в конструкции есть вентиляционные устройства, то они должны быть закрыты при проведении эксперимента.

4. Экспериментальная установка должна представлять собой выполненную по утвержденной схеме систему разбрызгивателей. Эта система разбрызгивателей должна в плане перекрывать площадь образца и находиться над ним на расстоянии 200 мм. Расстояния в плане между разбрызгивателями не должны превышать 700 мм.

Таким образом, в процессе эксплуатации светопрозрачных конструкций встают вопросы их стойкости к различным воздействиям. Рассмотренные методики показывают, что проведение сертифицированных испытаний до начала эксплуатации является важной и неотъемлемой частью проектирования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП XXX.1325800.2016 Покрытия светопрозрачные и фонари зданий и сооружений. Правила проектирования

2. ГОСТ 33000-2014 Стекло и изделия из него. Метод испытания на огнестойкость

3. СП 2.13130.2012 Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты

4. ГОСТ 33079-2014 Конструкции фасадные светопрозрачные навесные. Классификация, термины и определения.

5. ГОСТ 31462-2011 Блоки оконные защитные. Общие технические условия.

6. ГОСТ 30630-1-8-2002 Методы испытаний на стойкость к механическим внешним воздействующим факторам машин приборов и других технических изделий

7. ГОСТ Р 52762-2007 Методы испытаний на стойкость к механическим внешним воздействующим факторам машин, приборов и других технических изделий. Испытания на воздействие ударов по оболочке изделий.

Студент 4 курса 1 группы ИСА Лебедева А.В.

Научный руководитель – старший преподаватель К.О. Ларионова.

ОБЗОР ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ОГНЕСТОЙКОСТИ СВЕТОПРОЗРАЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Современные здания необычных форм невозможно представить без светопрозрачных конструкций. Известно, что они долговечны и надежны, при этом очень красивы и функциональны. Их основой являются металл и стекло, и именно от их характеристик и совместной работы зависит срок службы всей конструкции. Рассмотрим подробнее стекло, только на вид кажущееся хрупким.

На сегодняшний день известно много методик по расчёту и прогнозированию разрушению остекления окон во время пожара. А. А. Джоши и П. Дж. Пагни в 1994 году предложили методику, основой которой является учёт разности концентраций внутренних напряжений по краям листа и в его плоскости из-за различия температуры, существующей между кромками, закрытыми рамой и средней частью стекла:

$$\alpha \cdot \Delta T = R/E,$$

где ΔT – разница температуры (критическая) между краями и центром стекла, °С; α – коэффициент линейного теплового расширения, $1/^\circ\text{C}$; E – модуль упругости, МПа.

Ещё один метод расчета пожаростойкости остекления предложили Б. Р. Куззилло и П. Дж. Пагни. Авторы рассматривают процесс разрушения одинарного и двойного стекол и доказывают при этом, что причиной разрушения стекла является механическое напряжение, возникающее из-за неравномерного прогревания стекла по всему объему. В опыте доказано, что температура более быстро увеличивается посередине взятого образца стекла, а не возле рамы. Значит, центральная часть подвергается расширению более быстрыми темпами, чем холодные края. Эксперименты также показали, что разрушение остекления во

время пожара вначале будет происходить по краям стекла. В момент, когда средняя температура T в центре стекла достигает критической, стекло разрушается:

$$T - T_i = f \cdot T_c,$$

где f – фактор масштабности, зависящий от толщины и от площади, $T_c = \frac{R}{E \cdot \alpha}$; R – предел прочности стекла на растяжение, МПа, α – коэффициент теплового линейного расширения, $1/^\circ\text{C}$; E – модуль упругости, МПа; T_i – начальная температура, $^\circ\text{C}$.

Выводы по методике:

1. Фактор масштабности f практически не учитывает толщину конструкций, что значительно влияет на время разрушения остекления.

2. На величину предела прочности и показывающее момент разрушения время влияют габариты остекления.

Следовательно, нужно ввести коэффициенты K_1 и K_2 , учитывающие толщину и геометрические размеры стекла соответственно:

$$\Delta T = K_1 \cdot K_2 \cdot \frac{R}{E \cdot \alpha},$$

Чтобы прогнозировать время разрушения и определить коэффициенты K_1 и K_2 , нужно знать предел прочности стекла. Он напрямую зависит от температуры, следовательно, при его нахождении нужно учитывать тепловое воздействие. В Академии МЧС России провели испытания стекла различной толщиной с краями, которые закрыты рамой на установке «малая огневая печь». На рисунке 1 видна схема ее установки.

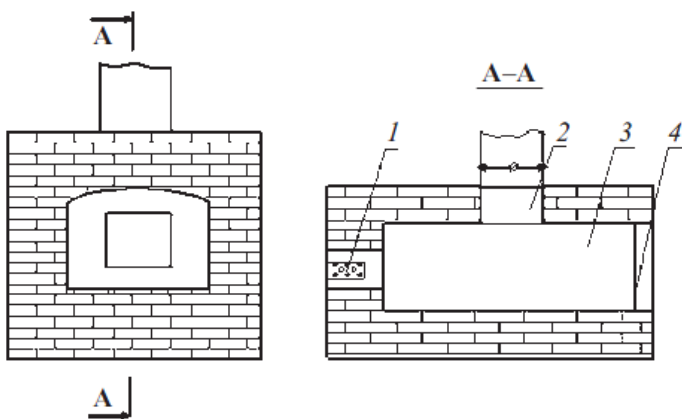


Рис. 1. Схема установки «малая огневая печь»: 1- газовая горелка, 2- вытяжной трубопровод, 3 – огневая камера, 4 – держатель образца

Результатом исследований стала установка критической разности температур между закрытой и открытой частями стекла относительно начала момента растрескивания.

Для листового стекла различной толщины при температурном воздействии значение предела прочности можно определить согласно выражению:

$$R = \alpha \cdot \Delta T \cdot E.$$

Полученные значения критической разности температур необогреваемой и обогреваемой частей стекла различной толщиной при модуле упругости $E = 70\,000$ МПа и коэффициенте теплового линейного расширения $\alpha = 85 \cdot 10^{-7}$ 1/°C позволили определить пределы прочности листового стекла толщиной 4, 5, 6 мм (табл. 1).

Таблица 1

Значения пределов прочности листового стекла размером 370x270 мм при стандартном температурном воздействии

Толщина стекла, мм	4	5	6
Предел прочности, МПа	21	42	70

В соответствие с полученными значениями предела прочности можно вычислить значения коэффициента K_1 (табл. 2).

Таблица 2

Значения коэффициента K_1 , учитывающего изменение предела прочности, от толщины стекла при стандартном температурном режиме

Толщина стекла, мм	4	5	6
Коэффициент K_1	0,47	0,93	1,6

Интересно, что при увеличении толщины стекла всего на 2 мм, коэффициент K_1 возрастает более, чем в 3 раза.

Зависимость K_2 от площади определить невозможно, так как должна испытываться реальная конструкция для учета действительной геометрии.

Знание поведения нагретого стекла при пожаре при попадании на его поверхность воды позволит создать противопожарные требования и избрать тактику оперативных действий пожарных.

Проведем небольшой сравнительный анализ составляющих стеклоконструкций. Металл является несгораемым материалом, его фактический предел огнестойкости в зависимости от температуры и толщины: при температуре 400-500 °С и при толщине 15 мм - 18 минут, 60 мм уже 38 минуты. (Это объясняется быстрым понижением деформативных и прочностных характеристик металла при высоких температурах). Листовое стекло же плавится при температуре порядка 500 градусов примерно через 3 минуты, а огнестойкое при 750 градусах через 15 минут.

Для орошения образцов водой использовалась медная трубка с 18 отверстиями диаметром 2 мм. Она устанавливалась внутри печи и прикреплялась к ней. Один конец был запаян, а другой выведен наружу. Испытывались закаленные и сырые стекла в условиях, близких к реальным. Орошение водой осуществлялось с момента начала испытания, а потом спустя некоторое время после начала эксперимента.

Проведенные исследования помогают сделать выводы о поведении светопрозрачных конструкций при пожаре:

1. Время разрушения стекла на маломасштабной установке превысило время разрушения на установке с реальными конструкциями на 10%.

2. Предел прочности стекла на изгиб в нормальных условиях выше на 40 %, чем предел прочности стекла в раме, это вызвано разностью температур между закрытой и открытой частями стекла.

3. Орошение водой обычного и закаленного листовых стекол при нагреве уменьшает их пожароустойчивость и фактический предел огнестойкости.

4. При испытании обычных стекол толщиной 4 и 5 мм разрушение происходило через 3 и 6 мин соответственно, а при испытании с орошением водой они разрушались через 1,2 и 1,5 мин (трескались уже на десятой секунде).

5. Закаленное стекло с толщиной 5 мм при получасовом испытании не разрушилось, а при попадании на его поверхность воды разрушилось через 13 мин 20 с.

6. При орошении закаленного стекла со стороны прогрева по истечении 15 мин от начала испытания (температура стекла составляла 313 °С) оно разрушилось на первой секунде.

Таким образом, мы видим, что информация о правилах тушения пожара в здании со светопрозрачными конструкциями является очень важной.

Чтобы оценить фактор масштабности и прогнозировать поведение светопрозрачных конструкций в реальных условиях пожара, необходимо проведение крупномасштабных сертификационных испытаний стек-

локонструкций различного состава: с гелевым заполнением, закаленных и других видов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 2.13130.2012 Системы противопожарной защиты. обеспечение огнестойкости объектов защиты.
2. ГОСТ 33079-2014 Конструкции фасадные светопрозрачные навесные. Классификация, термины и определения.
3. ГОСТ 31462-2011 Блоки оконные защитные. Общие технические условия.
4. ГОСТ 31471-2011 Устройства экстренного открывания дверей эвакуационных и аварийных выходов. Технические условия.
5. *Казиев М.М., Дудунов А.В.* Огнестойкие светопрозрачные конструкции //Пожаровзрывобезопасность. -2007. Т. 16. №2. С.53-55.
6. *Казиев М.М., Дудунов А.В., Подгрушный А.В.* Разрушение светопрозрачных строительных конструкций при тепловом воздействии в условиях пожара // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. – 2009. №2. С 5-10.

Студент 4 курса 6 группы ИГЭС Путинцев Н.Е.

Научный руководитель – доц., канд. техн. наук Н.В. Линьков

ОБЗОР ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ГИБРИДНЫХ СТЕКЛЯННО-ДЕРЕВЯННЫХ БАЛОК

Хорошо известно, что естественный солнечный свет оказывает положительное влияние на здоровье и качество жизни людей, находящихся в зданиях. По этой причине желательно возможное увеличение светопрозрачных поверхностей, например, за счет использования стеклянных структурных компонентов не только на фасадах, но и в качестве элементов интерьера. Кроме того, современные тенденции в архитектуре ориентированы на высокое качество жизни и низкое энергопотребление, в которых современные изделия из стекла идеально вписываются.

В настоящее время древесина и стекло широко используются вместе. Тем не менее, традиционные решения предполагают, что стекло не влияет на общую несущую способность, а только передает ветровую нагрузку на каркас.

Стремления получения несущих светопрозрачных конструкций из стекла привели к появлению гипотезы о том, что древесина и стекло, связанные между собой в композитную конструкцию, могут синергетически работать вместе, чтобы нести внешние нагрузки.

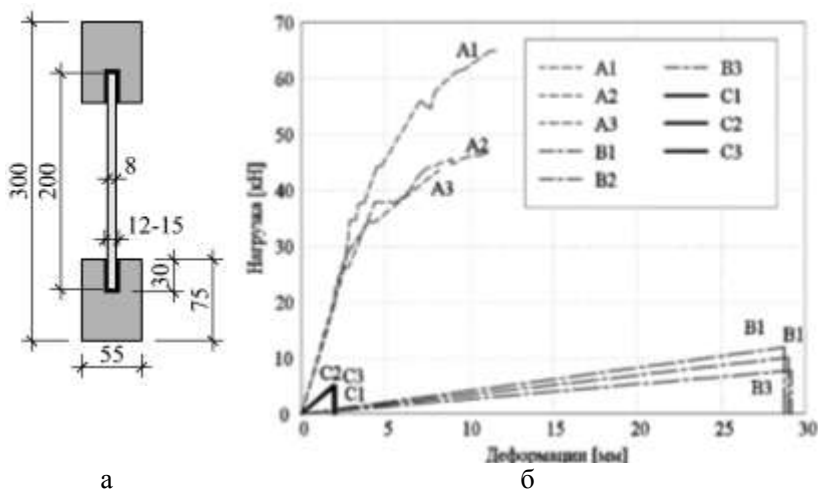
Впервые подобные конструкции были предложены для изучения в институте оконных технологий Розенхайма в Германии в 1996 году [1]. В результате был продемонстрирован неплохой потенциал таких гибридных конструкций и синергетические свойства подтвердились экспериментально.

Эти исследования продемонстрировали необходимость развития знаний в данном направлении.

Синергетическая работа

Современные знания о синергетических свойствах композитных конструкций из стекла и древесины представлены экспериментальными исследованиями в европейских исследовательских центрах.

Наиболее наглядным опытом по выявлению синергии от совместной работы стекла и древесины был представлен в диссертации Козловски в 2014 году [4].



а
 б
 Рис. 1. а) Поперечное сечение композитной балки.
 б) Диаграмма деформаций от нагрузки для:
 А1-А3 – композитной балки,
 В1-В3 – двух деревянных кромок;
 С1-С3 – стеклянной балки.

В ходе своей работы им были испытаны композитные балки и отдельно составляющие их стеклянные стенки и деревянные брусья. Все образцы имели длину 1800 мм и были подвержены 4-х точечному изгибу по EN 12150–2 [2]. Стенка композитной балки была выполнена из обычного (термополированного) стекла и скреплена с деревянными кромками с помощью акрилатного клея (рис. 1.а).

В результате испытаний была получена диаграмма зависимости деформаций от нагрузки (рис. 1.б).

Как видно из диаграммы, композитная работа элементов гибридной балки, связанных акрилатным клеем, обеспечивает солидную несущую способность, способную воспринять во много раз превышающую сумму максимальных нагрузок, воспринимаемых двумя деревянными кромками и стеклянной балкой.

Эти результаты подтверждают синергетический характер работы композитных балок. В результате такой работы древесина обеспечивает пластичность, а стекло – жесткость и прочность.

Клеящее вещество

Главной целью при выборе клея состояла в том, чтобы обеспечить хорошее сцепление древесины и стекла и покрыть весь диапазон жесткости от низкой до высокой, чтобы выявить связующее вещество, наиболее подходящее по своим свойствам для обеспечения композитной конструкции лучшими качествами.

Таковыми исследования впервые были проведены в 2008 году [3]. Тогда в качестве связующих веществ были использованы силиконовый клей и полиуретановая смола (полимер). Позже в 2014 [4] году подобные исследования были проведены с добавлением к проверяемым клеям эпоксидной смолы (полимер) и акрилатного клея.

В результате опытов было выявлено (рис. 2), что у гибридных балок, склеенных гибкими клеями, такими как силикон и полимер на основе полиуретановой смолы, синергетический признак не наблюдался. Однако эти балки допускали гораздо большие деформации перед полным разрушением.

Кроме того, полиуретановая смола показала свою непригодность в таких конструкциях, так как в склеенных ею балках наблюдается большой разброс поведения.

Гораздо лучшее поведение продемонстрировали гибридные балки, скрепленные на акрилатной и эпоксидной основе. Несмотря на значительные различия в модуле эластичности эпоксидных (1500 МПа) и акрилатных (80 МПа) клеев, никакой разницы в первоначальной жесткости при изгибе композитных балок не наблюдалось, и они были намного

более жесткими в упругой фазе, а при разрушении достигали двойной нагрузки трещинообразования.

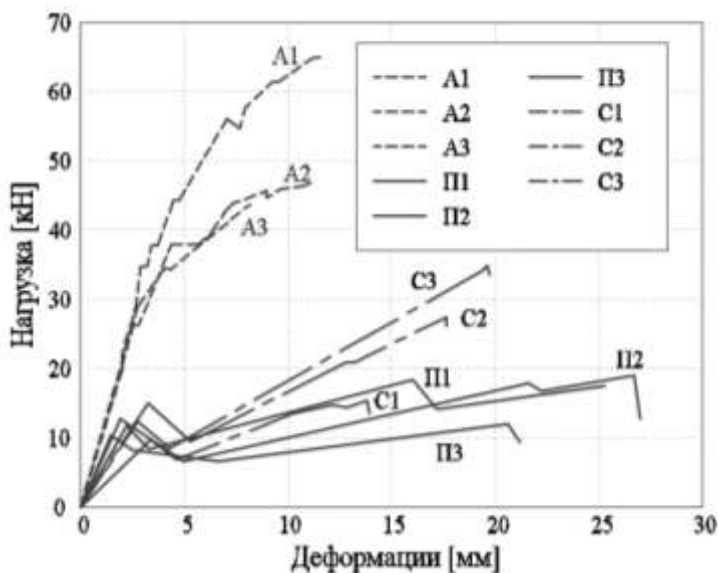


Рис. 2. Диаграмма деформаций от нагрузки для комозитных балок длиной 1800 мм со связующим веществом из:

- A1-A3 – акрилатного клея,
- П1-П3 – полиуретановой смолы;
- C1-C3 – силикона.

Исследования с использованием различных стёкол для композиционных стеклянно-деревянных балок начались в 2004 году [5] и были дополнены исследованиями 2014 года [4]. В качестве стенки балки были опробованы термоупрочненные и обычные (термополированное) стекла, произведённое флоат-методом.

В результате опытов была получена информация о характере разрушения балок с разными материалами стекол от действующих на них нагрузок.

Балки со стенкой из термоупрочненного стекла, несмотря на гораздо более высокую несущую способность по сравнению с обычным стеклом, показывали хрупкое разрушение без предупреждающего сигнала при полимерном, силиконовом и акрилатном клее. Трещины мгновенно и обширно распространялись по стенке балки, а при разрушении множество осколков покидало стеклянное полотно.

Работа конструкции из обычного стекла и деревянных кромок в отличие от конструкций с термоупрочнённым стеклом, имела пластичную фазу. Она характеризовалась появлением трещин в нижней части стенки и, затем, полным разрушением конструкции, которая наступала при нагрузке в 150 % от нагрузки трещинообразования при акрилатном соединении и 300% при силиконовом соединении. Момент трещинообразования являет собой предупреждающий сигнал. Это дает время для временной поддержки элемента до замены и обеспечивает безопасность.

Специальных исследований, направленных на выявление наиболее подходящих сортов древесины для стеклянно-деревянной композитной балки, не проводилось.

Тем не менее, во всех опытах были использованы пиломатериалы из хвойных пород в силу своей высокой жесткости, прочности и наибольшей однородности по сравнению с остальными породами древесины.

Так же в ранних исследованиях [1] было выявлено, что крепление двух отдельных блоков древесины с разных сторон стеклянного полотна недопустимо, так как вызывает сомнения в отношении правильной передачи нагрузки от деревянных балок к полотну. Даже незначительное несовершенство геометрии может привести к непреднамеренным эксцентриситетам. Более того, влагообмен в древесине может привести к его дефектам, таким как коробление, которые в случае кромки, состоящей из двух элементов, могут вызвать непредсказуемые последствия.

Концепция с использованием композитных стеклянно-деревянных балок была опробована на полномасштабной модели и применена в конструкции крыши конференц-зала в отеле «Palafitte» (рис. 3) в Швейцарии [7]. 6-и метровые балки поддерживают легкую крышу и предназначены для переноса снеговой и ветровой нагрузки на стальные стойки, скрытые внутри наружных стен.



Рис. 3. Конференц-зал отеля Palafitte: вид изнутри и снаружи.

Экспериментальные исследования композитных стеклянно-деревянных балок подтверждают их практичную, прочную и экологически безопасную основу для строительной системы.

Тем не менее, эти конструкции еще недостаточно изучены для уверенного их использования. Еще требуется изучить такие аспекты, как работа при длительной нагрузке, климатической нагрузке, использования более стабильного древесного материала (например, ЛВЛ) и разработка методов расчёта.

Конструкции из стеклянно-деревянных композитов имеют большой потенциал для изучения и в перспективе могут быть широко использованы в загородном строительстве, а также возведении архитектурно выразительных уникальных сооружений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Hulimka J. and Kozłowski M.* Load-bearing capacity of hybrid timber-glass beams // *ACEE Journal* 2 (2014). с 61-62.
2. DIN EN 12150-2:2005-01
3. *Cruz P., Pequeno J.* Timber-Glass Composite Beams: Mechanical Behaviour and Architectural Solutions // *Challenging Glass Conference*. - 2008. с. 439–448.
4. *Marcin Kozłowski* Experimental and numerical analysis of hybrid timber-glass beams. Gliwice, 2014. 112 с.
5. *Mateja Zlatinek, Miroslav Premrov, Andrej Štrukelj* Experimental analysis of load bearing timber-glass I-beams with silicone adhesive. - 2015. с 21-29.
6. *Klaus Kreher* Load Introduction with Timber Timber as Reinforcement for Glued Composites (Shear-Walls, I-Beams) Structural Safety and Calculation-Mode. Вена, 2006. 9 с.
7. *Kreher K. and Natterer J.* Timber-Glass-Composite Girders for a Hotel in Switzerland // *Structural Engineering International* 14 (May 2004), с. 149–151.

ПОДСЕКЦИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НЕСУЩИХ СВЕТОПРОЗРАЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ В РФ И МИРОВОЙ ПРАКТИКЕ

Студент 3 курса 8 группы ИСА Демьяненко М.А.,

Студент 3 курса 8 группы ИСА Краснов И.Д.

Научный руководитель - доц., канд. техн. наук П.В. Стратий

НЕСУЩИЕ КОНСТРУКЦИИ ИЗ СТЕКЛА. ПРОБЛЕМЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ УЗЛОВ СОПРЯЖЕНИЙ.

Актуальность работы: недостаточная изученность работы и методов проектирования несущих стеклянных конструкций как перспективных и востребованных архитекторами

Цель работы: изучение особенностей работы и методов проектирования стеклянных конструкций

Задачи:

1. Изучение существующих методов расчетов стеклянных несущих конструкций в мировой практике
2. Анализ основных проблем существующих методов расчета (проектирование узлов сопряжения)
3. Проведение теоретических исследований на основе численного моделирования (при помощи SolidWorks)
4. Проведение экспериментальных исследований
5. Сравнение результатов, выводы.

Высокие темпы развития новых технологий позволяют нам взглянуть на стекло как на материал не только для ограждающих, но и для несущих конструкций. И если первое встречается в мегаполисах практически на каждом шагу, то второе только начинает набирать обороты.

Рассмотрим пример несущих колонн из стекла (рис.1.) Данные колонны испытывают только центральное сжатие и могут воспринять нагрузку в 69 кН или 7 тонн. На рис.2 изображена крыша медицинского колледжа в Глазго, уже эти примеры говорят нам об актуальности темы за рубежом.

Что касается цены вопроса, то средняя стоимость одного квадратного метра закалённого стекла в конструкциях (в эту стоимость включён монтаж, фурнитура, крепления) на апрель 2017 года составляет от 5,5 до 9,5 тысяч рублей.

Такая довольно высокая цена делает применение стекла реальным экономически только в общественных зданиях (университетах, больницах, офисных помещениях). Однако, существуют и случаи применения стекла в качестве несущего в малоэтажном строительстве.



Рис.1. Колонны из стекла



Рис.2. Крыша медицинского колледжа

Действительно, цена не самая маленькая, но в связи с внешним видом, эстетичностью таких сооружений, они имеют большую перспективу.

Естественно, что для проектирования такого рода конструкций необходимо было провести ряд исследований. Мы рассмотрели некоторые статьи и научные работы зарубежных инженеров.

1) Кинга Пакхарт, Будапешт. «Несущие стеклянные конструкции». В своей работе она рассмотрела возможные виды креплений конструкций, передачу нагрузки через отверстия, привела используемые при проектировании величины возможных предельных напряжений для нескольких видов стёкол и, что немаловажно, подтвердила эти данные своими экспериментами.

2) Грегор Нибер, диссертация «Потеря устойчивости стеклянной стенки-диафрагмы при нагрузке», в которой он также привел полученные экспериментально величины.

3) Козловский, Дорн, Сerrано, «Экспериментальное исследование несущего рамного стекла в виде мембран и балок». Ими была испытана серия образцов, средняя нагрузка составила 16 кН (имел место некий разбег в предельных значениях нагрузок, что говорит о том, что даже маленький перекося образец от проектного положения влечёт за собой искажение данных эксперимента). По нашим расчетам растягивающие напряжения достигают примерно 47 Мпа.

Прочность стекла на растяжении при проектировании является основной величиной при расчете конструкций, работающих на растяжение. Этот параметр, в соответствии с вышеприведёнными статьями, варьируется в диапазоне 30-50 Мпа. Но рассчитать отдельный элемент конструкции не так сложно, зная основные характеристики материала. Мы же рассматриваем проблему соединения двух элементов.

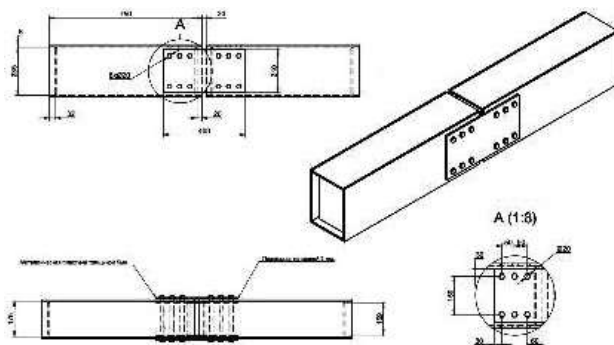


Рис.3.Образец

Было принято решение заказать и испытать образец (рис.3.) стеклянной балки в целях проверки экспериментальных данных. Данный образец мы запроектировали, руководствуясь следующими принципами:

- Высота больше ширины, что обеспечивает больший момент сопротивления.
- По краям каждой половины балки присутствуют поперечные пластины для обеспечения поперечной устойчивости.
- Для предотвращения скола вследствие деформаций и перемещений между балками предусмотрен зазор 20 мм.
- В целях передачи растягивающих и сжимающих напряжений по нижнему и верхнему поясу соответственно присутствует ряд соединений из металлических шпилек.

Почему именно три с каждой стороны? Здесь пришлось искать компромисс между площадью, на которую будут распределяться напряжения (чем больше отверстий, тем больше площадь) с одной стороны и величиной поперечных сил с другой, то есть если бы мы сделали отверстия по всему нижнему поясу, то, во-первых, поперечные силы бы быстрее довели касательные напряжения до предельных и, во-вторых, это было бы малозстетично. Здесь мы решили довериться уже существующим конструкциям, например – крыша университета в Америке.

-Нами выбрано коробчатое сечение как удачная альтернатива обыкновенным балкам, которые мы можем наблюдать в вышеприведённых примерах, так как имеет большую ширину сечения (аналогия с двойными стропилами).

-Верхняя грань горизонтальных листов расположена чуть ниже, чем торец вертикальных для того, чтобы они воспринимали нагрузку в первую очередь.

Принцип работы узла: Данный узел передает сжимающие напряжения по верхнему поясу, а растягивающие по нижнему, при этом не допуская непосредственного контакта двух элементов, что исключает возможность скола.

Рассмотрим теперь компьютерную модель (рис.4.), построенную в расчетном комплексе Solidworks.

Учитывая все нюансы испытания, получаем следующую компьютерную модель. Для наглядности сделали изополя дискретными, а металлическое сопряжение невидимым.

Первое, что можно заметить – ярко выраженную наклонную полосу нормальных напряжений и концентрацию напряжений в отверстиях, что говорит о том, что эффекты увеличения напряжения имеют локальный характер из-за изотропности материала.

Также здесь видим подтверждение эффекта, описанного в учебнике «Теория Пластин» Тимошенко: около отверстия, через которое передается нагрузка, напряжение возрастает в 3 раза.

Известно, что стекло на растяжение работает примерно так же, как и на сдвиг. Напряжения в месте опоры достигают значения в 37 Мпа.

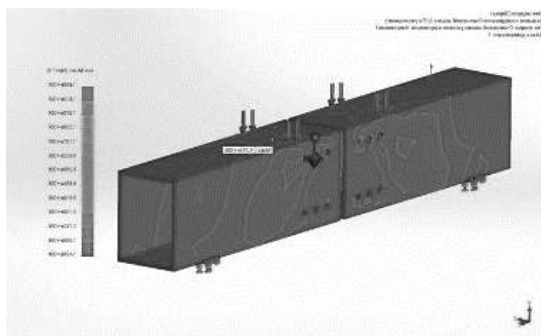


Рис. 4. Компьютерная модель

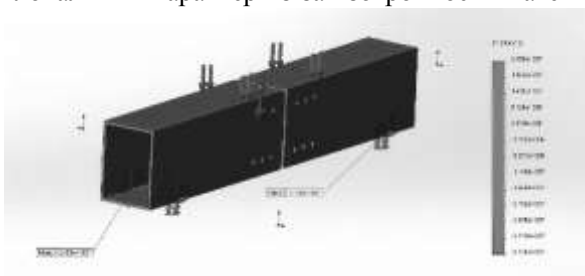


Рис.5 Касательные напряжения

Данная модель (рис. 5) была построена при нагружении образца нагрузкой в 16 кН.

Проверим сходимость теории и практики, испытав образец.

Итак, схема испытания (рис.6.) представляет из себя следующее: расстояние между двумя нижними опорами – 1200 мм, между двумя верхними – 400 мм. Была использована следующая схема нагружения: медленное нагружение, 10 Ньютонов в секунду, также добавили выдерживание в течение 10 минут при достижении нагрузки в 10 кН.

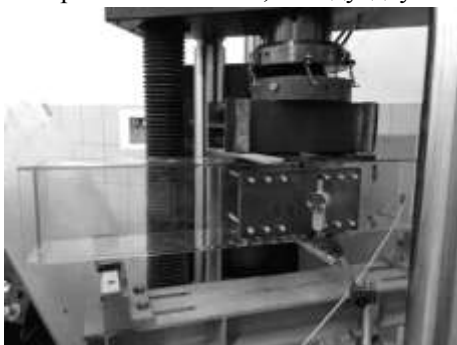


Рис.6. Схема испытания

На графике (рис.7.) представлен экспериментально полученная зависимость деформаций от нагрузки.

Следует отметить, что несмотря на линейную зависимость деформации от нагрузки, наш график имел волнообразный характер. (рис.7).

Это объясняется с тем, что при увеличении нагрузки шпильки «вставали на место», резьба шпилек прорезала прокладки, установленные в отверстиях, резина на опорах проминалась. Но впоследствии, как вы можете заметить, график выпрямился.

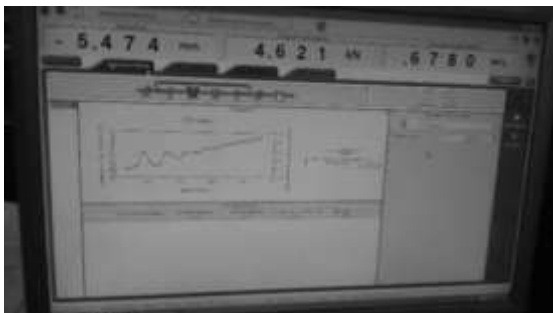


Рис.7. График зависимости деформаций от нагрузки

Это связано с стекла – хрупкое разрушение и, как следствие, недопущение прямого контакта при передаче усилий с металлом – поэтому делали вставки из деформируемого материала (твердого пластика), который при нагрузке перераспределял нагрузку. Через несколько скачков узел стал работать равномерно

В результате наших испытаний образец разрушился при нагрузке 11.22 кН или чуть более 1120 кг (рис. 8). Первое, что мы заметили– несимметричное разрушение – следствие несимметричности сборки самой балки, и в целом всей системы. Также немаловажен характер раз-

рушения: оно произошло не в узле, как предполагалось нами изначально, а по наклонному сечению, у опоры. Сам узел остался целым.

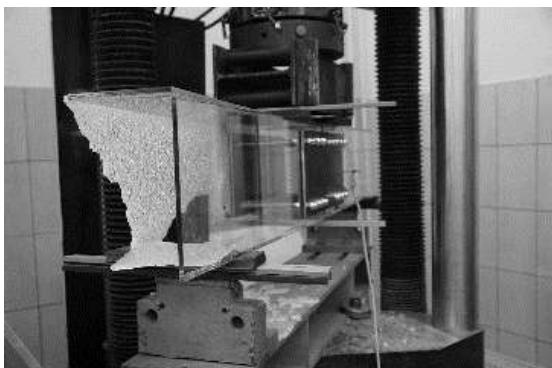


Рис. 8 Результаты эксперимента

Исходя из того, что теоретически и экспериментально полученные разрушающие нагрузки не совпадают, можно предположить, что из-за несимметричности конструкции, одна её часть восприняла большие нагрузки, чем другая, что привело к преждевременному, опять же, несимметричному, разрушению.

Анализируя полученные результаты, можно сказать, что данные, полученные зарубежными испытателями и нами близки, т.е. получена качественная сходимость, разрушение произошло именно в соответствии с результатами мат. моделирования.

Основные принципы узлов сопряжения, заложенные нами в этом образце, сработали так, как мы предполагали.

Дальнейшая наша работа состоит в проектировании и расчете новых узлов с учетом ошибок, проделанной работы, и их испытание. Чтобы доказать сходимость математического моделирования и экспериментов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Kinga Pakhardt*, Load bearing glass structures. Budapest university of technology and economics, 2004
2. *Greger Neijbert*, Buckling of a load bearing timber-glass shear wall
3. *Kozlowsky M., Dorn M., Serrano E.*, Experimental testing of load bearing timber-glass composite shear walls and beams. 2015
4. *Плотников А.А.* Лекция «Прочность стекла»

*Студент 4 курса 9 группы ИЭУИС Смирнов Г.А. ,
Студент 4 курса 9 группы ИЭУИС Березин А.С.
Научный руководитель – старший преподаватель И.А. Звонов*

АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАНИЙ БЕТОНА LITRACON (LIGHT TRANSMITTING CONCRETE) В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Традиционно, светопропускающие материалы в основном изготавливают из стекла и органических композиционных материалов. Светопропускающие свойства этих материалов полностью зависят от материалов композитной матрицы. Матрица обеспечивает монолитность композита, фиксирует форму изделия и взаимное расположение армирующих нитей, распределяет действующие напряжения по объему материала. Его основной состав - композиционный материал на основе цемента и волоконно-оптических нитей, матрица из которого представляет собой цементный раствор высокой прочности или бетон. Ряд оптических волокон внедрен в матричный материал со специфическим пространственным расположением. В отличие от механизма передачи органических композиционных материалов, который определяется материалами матрицы, светопропускающий материал опирается на обширные оптические волокна, которые передают свет между двумя сторонами блоков [1].

Светопроницаемый бетон имеет следующие характеристики [2]:

- Отличные светопропускающие свойства: Материал может получить высокий коэффициент пропускания света за счет изменения количества волокон и их пространственного расположения.
- Хорошие механические свойства: Поскольку объемная доля оптических волокон относительно невелика, механические свойства включают лишь несколько незначительных отрицательных эффектов, а прочность немного уменьшается в пределах объема волокна.
- Малый вес: по сравнению с обычным цементным раствором и бетоном, плотность светопрозрачного материала уменьшается с увеличением объемной доли оптических волокон.
- Декоративная выразительность: Регулируя количество волокон, пространственную структуру расположения волокон и состав цементной матрицы, материал может формировать различные текстуры и цвета, а также появляется возможность достичь фантастического освещения за счет прозрачности.

При изготовлении LTC возможно использование двух типов оптических волокон [3]: стекловидные волокна диаметром 70 мкм и полимерные волокна диаметром 1 мм и 3 мм. Волокна предварительно обраба-

тываются перед установкой, чтобы волокна были согнуты надлежащим образом. Соединяющим материалом самоуплотняющегося бетона является гравий с размером 6 мм. Волокна фиксируются в бетоне равномерно. Волокнистый бетон является хорошим слоистым композитом, а между тканями пространство заполняется слоями бетона. Объемная доля волокна составляет 3-6%. Блоки вырезают и отшлифовывают после снятия опалубки, и таким образом можно было получить светопропускающий бетон различных размеров. Существует два типа методов фиксации волоконно-оптических тканей с помощью пресс-формы:

Метод А: Параллельные стальные стержни. Находятся в направлении длинной оси непокрытого конца, фиксируются в пресс-форме на определенном расчетном расстоянии. Оптоволоконная ткань скручена в прутки. Бруски прикреплены как снизу, так и сверху формы. И ткань оптического волокна выпрямляется стержнями.

Метод Б: Стальные стержни. Вставляются в основание непокрытой деревянной пресс-формы. Скручивающаяся волоконно-оптическая ткань может быть сформирована в заданных формах.

После того как ткань из оптического волокна фиксируется в пресс-форме, формы заполняются свежей цементной смесью. Бетон набирает прочность в течение 28 дней. Затем, затвердевшие цементные растворные блоки разрезают на куски разной толщины [3].

Светоизлучающие свойства LTC измеряются с помощью оптического измерителя мощности, который используется для измерения энергии проходящей через оптические волокна или абсолютную оптическую силу света и для оценки качества передачи оптоволоконна. Устройство включает в себя стабильный источник света. Детектор и дисплей. Диаметр детектирующей поверхности детектора составляет 1 см. На практике оптический измеритель мощности используется для измерения оптической мощности LTC на различных расстояниях между материалом и источником света. Источниками света, как правило, являются белый свет и монохромный красный свет (длина волны - 633 нм).

Зависимости пропускной способности материалов определяется коэффициент пропускания света. Испытания проводят Люксметром с диаметром 1 см и измеряют проходящий свет на 4 образцах. Результаты приведены на Рис. 1 и 2, соответственно. Образцы LTC с использованием оптических волокон диаметром 1 мм и 0,5 мм маркировали как образцы А и Б [4].

Из Рис. 1-2, для образцов А и Б, можно сделать вывод, что оптическая мощность уменьшается с увеличением расстояния от источника света до образца, т.к. количество волокон является определяющей величиной, независимо от белого или красного света. Кроме того, изна-

начально оптическая мощность для двух образцов уменьшается одинаково, а затем скорость снижения оптической мощности постепенно уменьшается и, в конце концов, почти становится одинаковой. Для образцов на одинаковом расстоянии оптическая мощность постепенно возрастает с увеличением числа волокон в образце.

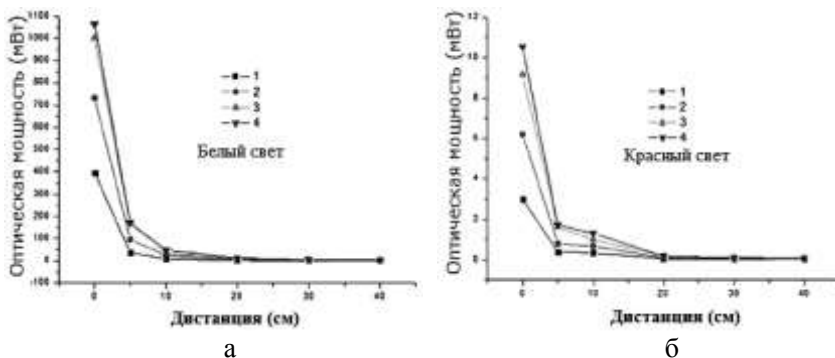


Рис. 1. Определение коэффициента пропускания света. Метод А а) белый свет, б) красный цвет

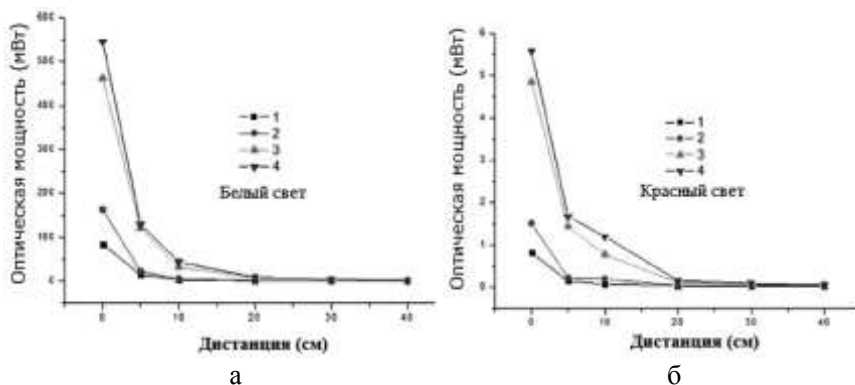


Рис. 2. Определение коэффициента пропускания света. Метод Б а) белый свет, б) красный цвет

В случае одинакового количества волокон и расстояния в материале выводится отношение коэффициента оптической мощности образца А к Б для анализа влияния диаметра волокна на пропускание света. Коэффициенты оптической мощности показаны на Рис. 3.

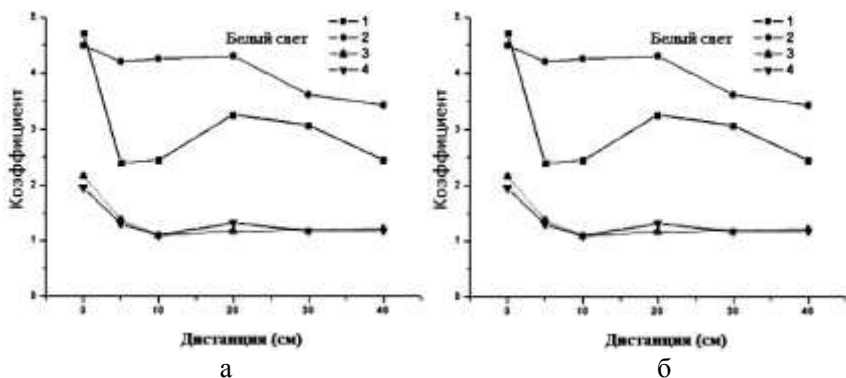


Рис. 3. Определение коэффициента оптической мощности. Метод Б
а) белый свет, б) красный цвет

Из Рис. 3 следует, что для образцов, использующих волокна с диаметрами 1 мм и 0,5 мм, в случае одинаковой толщины образцов (и, соответственно, одинаковой длины оптических волокон), отношение оптической мощности не всегда близко к четырем (отношение площади сечения волокна). Варианты отношения перечислены следующим образом:

1.) Если в испытательной зоне имеется только одно волокно, а расстояние от источника белого света до образца равно 0, то это отношение равно 4,72 (больше, чем отношение площади сечения волокна). Впоследствии, по мере увеличения расстояния, отношение уменьшается до диапазона 2,5-3,5. Однако, когда расстояние от источника красного света до образца равно 0, это отношение равно 3,67 (меньше, чем отношение площади сечения волокна). Затем, с увеличением расстояния, отношение уменьшается до диапазона 1,5-2,5.

2.) Когда в испытательной зоне два волокна, а расстояние от источника белого света до образца равно 0, это отношение равно 4,5 (больше, чем отношение площади сечения волокна). Затем, хотя это отношение постепенно уменьшается с увеличением расстояния. Он находится между 3,5 и 4,5. Когда расстояние от источника красного света до образца равно 0, это отношение равно 4,1 (немного больше, чем отношение площади сечения волокна). Затем это отношение уменьшается до 1,8 - 3,6 с увеличением расстояния.

3.) Когда в испытательной зоне имеется три или четыре волокна. Расстояние от источника света до образца - 0. Вне зависимости от излу-

чения, соотношение составляет приблизительно 2. При удалении источника отношение уменьшается, но оно все равно больше единицы.

Вышеуказанные явления объясняются следующим образом: интерференция и рассеивание происходят из-за сложного процесса распространения света. Тот факт, что светопропускающая способность волокна не создаёт конструктивно интерферентные волны, делает отношения оптической мощности образца А к Б не постоянным, но колеблющимся около четырёх.

В заключении стоит отметить, что LTC, может использоваться в широких областях применения, обладает при этом отличными светопропускающими свойствами, хорошими механическими свойствами и универсальными декоративными эффектами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Бабаева Н.А., Лустина О.В., Купчечков А.М.* Прозрачный бетон // Молодой ученый - 2016. №. 17(121). С. 19-21.
2. *Raye A., Banrla M., Janetzko S., Gries T.* Faser-und textilbasierte Lichtleitung in Betonbauteilen-Lichtleitender Beton, Beton- und Stahlbetonbau - 2009 №.104 (2). 121-126.
3. *Li Y., Xu Z.Y., Gu Z.W.,* Preparation of light transmitting cement-based material with optical fiber embedded by the means of parallel arrange, Adv. Mater. Res. 391-392 (2012) 677-682.
4. *Li Y., Xu Z.Y., Gu Z.W.,* Research on the light transmitting cement mortar, Adv. Mater- Res. 450-451 (2012) 397-401.

СЕКЦИЯ ЛЮДСКИЕ ПОТОКИ

ПОДСЕКЦИЯ ТЕОРИЯ И МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ДВИЖЕНИЯ ЛЮДСКИХ ПОТОКОВ В ЗДАНИЯХ, СООРУЖЕНИЯХ И ИХ КОМПЛЕКСАХ

Студентка 3 курса 2 группы ИСА Барцевич Д.А.

Научный руководитель - доц., канд. техн. наук Т.Н. Щёлокова

ПОВЫШЕНИЕ ЭРГОНОМИЧНОСТИ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ ПУТЁМ ОПТИМИЗАЦИИ ДВИЖЕНИЯ ЛЮДСКИХ ПОТОКОВ

На сегодняшний день большая часть высотных зданий представляет собой многофункциональные комплексы, структуру которых составляют организации, обслуживающие население, учреждения науки и образования, зрелищные и культурно-просветительные учреждения, проектные организации, органы управления, места для постоянного проживания и временного пребывания людей. Движение людских потоков внутри подобных систем – сложный процесс, организация которого особенно затруднительна при возникновении чрезвычайных ситуаций. Поэтому помимо объемно-планировочного решения для повседневного использования среды необходимо продумать функционирование пространства при осуществлении эвакуационных мероприятий, то есть проектирование должно осуществляться не только исходя из условий достижения максимальной эргономичности и рентабельности, но и обеспечения безопасности находящихся внутри здания.

Согласно СП 267.1325800.2016 «Здания и комплексы высотные. Правила проектирования» высотным называется здание, имеющее пожарно-техническую высоту более 75м (с 3[1]). В других странах под термином «высотное здание» обычно понимают здание от 35 до 100 м высотой, здания выше 100 м (в США и Европе — выше 150 м) считаются небоскрёбами.

Прежде всего необходимо учитывать, что в подобных многофункциональных центрах наблюдаются людские потоки нескольких типов:

1)при заполнении здания людьми (такие, как прибытие сотрудников офиса к началу рабочего дня, резко возрастающие в определённые часы)

2) в период использования здания по назначению (относительно равномерный поток в течение всего времени, к примеру, передвижение гостей отеля)

3) при выходе людей из здания

4) при эвакуации из здания (аварийный режим работы) (с 43[2]).

Второй тип представляет меньшую сложность для проектирования, так как для него достаточным будет обеспечить необходимые площади помещений и размеры проемов, исходя из максимально возможного одновременного пребывания людей. Сходные параметры первого и третьего типов позволяют объединить их в одну категорию. В этих случаях основная нагрузка приходится на места массового скопления: входные группы, вестибюли и коридоры, а также вертикальные и горизонтальные коммуникации зданий. Затруднения создаёт и психологический фактор: из-за повышенной плотности потока возрастает эмоциональное напряжение, тревожность, что провоцирует хаотичность движения и давку. Во избежание этого, а также для увеличения скорости движения находящихся в здании необходимо:

- максимально разделить людские потоки на начальных этапах их формирования;
- повысить пропускную способность пространства на пути основного движения;
- создать качественную навигационную систему;
- соотнести время массового появления работников/посетителей различных учреждений.

Разделение потоков целесообразно производить, исходя из функциональной роли групп граждан: жильцы, клиенты и посетители, сотрудники и обслуживающий персонал. Прежде всего целесообразно создавать отдельных входных групп для каждой категории. Кроме этого необходимо грамотно организовать коммуникации в здании: устройство лифтов с высотным зонированием, создание однонаправленных потоков в коридорах и переходах, деление больших пространств на зоны с однотипными функциями. Сутью этих мероприятий является «дробление» большой массы людей на более мелкие составляющие для снижения плотности потока и, как следствие, поддержание оптимальной его скорости.

Повысить пропускную способность можно в основном за счет конструктивных решений (увеличение количества и габаритов дверных проёмов, исключение продолжительных сужений коридоров и их поворотов более, чем на 90° , замена маршей в 2-3 ступени пандусами), а с помощью отделки обеспечить условия для комфортного и беспрепятственного перемещения (скошенные подступёнки, гладкие напольные

покрытия, отсутствие выступающих декоративных элементов, уменьшающих ширину прохода).

Доступная и хорошо воспринимаемая навигационная система позволит избежать задержек движения, скопления людей в проходах и лифтовых холлах, обеспечит снижение временных затрат на построение маршрута и поиск необходимого объекта. Дополнительно снизить нагрузку на помещения можно путем согласования времени начала и завершения работы учреждений, размещающихся в здании (например, интервал в графиках в 0,5-1 час).

Следует также брать во внимание, что для маломобильных групп граждан необходимо организовать отдельные пути движения или сделать приспособленными и доступными основные, так как скорость их потока и особенности их перемещения не всегда согласуются с остальной массой людей. Помимо этого, для МГН требуется установка вспомогательного оборудования и устройство аудио- и тактильных указателей, настенных и напольных знаков.

Всё вышеизложенное свидетельствует о необходимости введения отдельной статьи расходов в смете для учёта движения людских потоков при проектировании зданий и достаточного внимания этому вопросу на стадии разработки проекта. Наиболее целесообразным решением для высотных зданий является разделение людских потоков за счет обеспечения каждой функциональной группы здания собственными вспомогательными (подсобными, санитарно-гигиеническими, для принятия пищи) помещениями и коммуникационными узлами.

Отдельной и не менее трудоемкой составляющей является обеспечение максимально быстрой и безопасной эвакуации людей из здания при возникновении чрезвычайных ситуаций. В ходе исследований специалистов выяснилось, что более эффективна последовательная эвакуация этажа за этажом, а не одновременный вывод людей. Такая стратегия, хотя и занимает больше времени, позволяет снизить вероятность достижения критических значений плотности людского потока и уменьшить число человеческих жертв. В отличие от зданий средней и малой этажности использование автолестниц для небоскребов возможно только на нижних этажах в силу ограниченной высоты лестницы (так самая высокая пожарная лестница в Москве составляет 94 м), в то время как людей внутри находится значительно больше. На сегодняшний день предлагается несколько решений данной проблемы.

Первое-использование альпинистского пожарного снаряжения (или, так называемых, устройств индивидуального спасения), самой распространенной формой которого является лебёдка со стальным тросом, устанавливаемая под окнами, к которой специальной портупеей пристё-

гивается человек. Существуют версии на 50-300 м, не требующие электричества. Благодаря тормозной системе скорость спуска не превышает безопасного значения. Однако применение подобных устройств требует предварительного обучения и достаточной подготовленности находящихся в здании.

Ещё одним средством спасения могут стать фасадные пожарно-эвакуационные подъёмники, движущиеся по рельсовой или мачтовой направляющей. Они представляют собой кабины вместимостью от 10 до 100 человек, оборудованные выдвигающимся тамбуром для герметичного перехода из здания. Такие подъёмники приспособлены и для эвакуации МГН, т.к. могут иметь проход до 1,4 м шириной. Размещение таких систем возможно как снаружи, так и внутри здания, что удобно в случае криволинейных форм фасада, а также в качестве стационарной или временной конструкции (в этом случае транспортировку и монтаж подъёмников обеспечивают специальные автомобили).

Другое решение заключается в проектировании огнеубежищ через каждые несколько этажей, снабжённых индивидуальной системой притока воздуха через огнеупорные трубы. Двери таких помещений герметичны, а конструкция выполняется из огнеупорных материалов, выдерживающих действие открытого пламени не менее 2 часов. Возможно также устройство открытых этажей-площадок равномерно по всей высоте здания, где можно избежать воздействия дыма и угарного газа. Здесь люди могут укрываться до тех пор, пока экстренные службы не возьмут ситуацию под контроль.

В зданиях, располагающих достаточным пространством на крышах, эвакуацию можно производить при помощи вертолётов. Как показывают исследования, в чрезвычайной ситуации при подъёме наверх плотность потока сохраняется примерно на одном уровне, следовательно, не образуется давки и движение более организованное. Однако зачастую вертолёт не может приблизиться к высотным зданиям из-за восходящих потоков горячего воздуха, в случае, например, когда возгорание локализовано на верхних этажах.

Вдобавок ко всему, в высотных зданиях обязательна установка систем раннего оповещения о пожаре, дымоудаления и принудительной вентиляции. Типовое решение системы эвакуации представлено при проектировании и строительстве многофункционального комплекса «Город Столиц», чья система безопасности признана наиболее эффективной среди зданий делового центра «Москва-Сити». При срабатывании пожарной сигнализации активируется система оповещения, лифты спускаются на первый этаж, а вытяжная и приточная вентиляции отключаются, предотвращая распространение пламени. В обеих башнях

комплекса в незадымляемые лестницы в изолированных бетонных коробах нагнетается свежий воздух, вытесняя дым и угарный газ и понижая температуру. На каждом техническом этаже предусмотрены помещения безопасности вместимостью порядка 20 человек, снабжённые средствами газозащиты. Каждое помещение оборудовано устройством связи с диспетчерской. При распространении огня на нижних этажах эвакуацию производят с помощью 21 лестницы в стилобатной части зданий. Время полной эвакуации составляет 20-21 минуту.

Таким образом, для повышения безопасности высотных зданий и обеспечения максимально быстрого вывода людей в случае чрезвычайной ситуации необходимо комплексно подходить к проектированию систем эвакуации в высотных зданиях, задействуя как конструктивные решения, так и оснащение специальным оборудованием. Недопустимо исполнение архитектурного замысла в ущерб требуемой пропускной способности и конфигурации путей движения, используемых при эвакуации. Помимо принятия технического регламента с перечнем обязательных норм для всех высотных строений следует предусматривать дополнительные мероприятия для каждого отдельно взятого сооружения. Необходимо также регулярно проводить учения пожарно-спасательных отрядов и живущих или работающих в здании. В случае применения разноплановых средств спасения можно увеличить шансы на спасение десятков человеческих жизней и избежать масштабных трагедий в будущем.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 267.1325800.2016 «Здания и комплексы высотные. Правила проектирования»
1. 2. *Предтеченский В.М., Милинский А.И.* Проектирование зданий с учетом организации движения людских потоков. М.: Стройиздат, 1979. 375 с.

*Студент 2 курса 31 группы института ИСА **Воробьев Е. В.**
Научный руководитель – старший преподаватель **М.А. Жеребина***

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ЛЮДСКИХ ПОТОКОВ В АДМИНИСТРАТИВНЫХ ЗДАНИЯХ.

Самая первая научная работа, посвященная этой теме, принадлежит профессору С.В. Беляеву. Именно этот человек установил взаимосвязь

между плотностью потока людей и его скоростью. Позже мысли Беляева в своих трудах развил А.И. Милинский, введя понятие удельной пропускной способности проемов дверей и разработав графоаналитический метод расчета. Это позволило учитывать особенности архитектурно-планировочного решения здания, плотности и скорости прохождения людей на всех участках в любой момент времени, показывая тем самым весь процесс и его длительность.

На основе открытых закономерностей проф. В.М. Предтеченский усовершенствовал графоаналитический метод расчета, установив порядок в расчете людских потоков. Таким образом, по результатам вычислений, базирующихся на данном методе, при проектировании зданий появилась возможность обеспечивать беспрепятственное движение людей, делая размеры помещений более правильно и более экономично. Так же появилась возможность нормировать эвакуацию людей из зданий массового назначения.

Рассмотрим данные методы расчета.

В расчетах используются следующие формулы:

Интенсивность движения:

$$q = DV,$$

где D - плотность потока (чел\м²), (м²\м²),к

V - скорость движения потока (м\мин)

Для пересечений границ участков:

$$q_{i+1} = \frac{q_i b_i}{b_{i+1}},$$

где b - ширина участков (м)

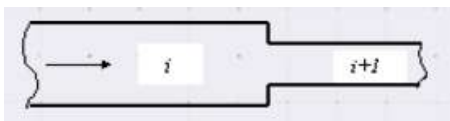


Рис. 1. Пересечение границы смежных участков

При слиянии потоков формула принимает вид:

$$q_{i+1} = \frac{\sum q_i b_i}{b_i + 1}$$

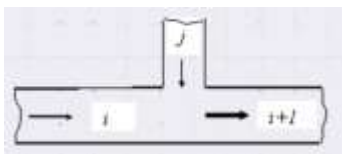


Рис. 2. Слияние людских потоков

Время задержки движения при слиянии потоков:

$$t = N \left(\frac{1}{q_{D\text{скоп}} \cdot b_{i+1}} - \frac{1}{q_i \cdot b_i} \right),$$

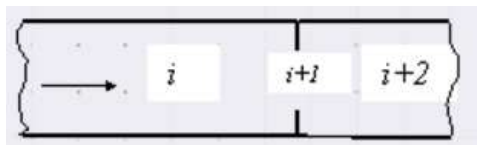


Рис. 3. Задержка движения потоков

где $q_{D\text{скоп}}$ - интенсивность скопления до обратного слияния

Скорость переформирования людских потоков:

$$V = \frac{q_1 - q_2}{D_1 - D_2}$$

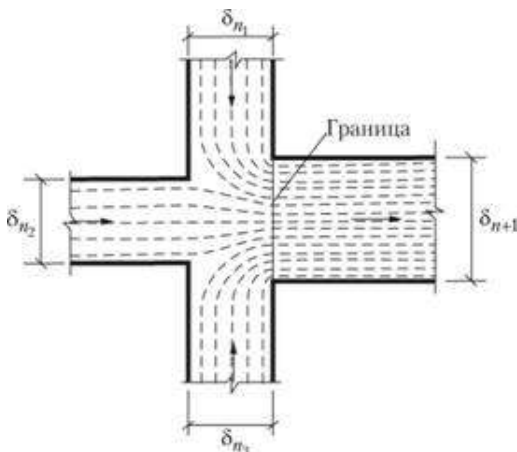


Рис. 4. Переформирование людских потоков

Перед тем, как непосредственно начинать расчет, необходимо выбрать планы эвакуации из здания, создав расчетную схему.

Расчетная схема эвакуации (рис. 5.) представляет собой либо отдельно сделанную, либо нанесенную на план здания схему, на которой отображаются: количество людей на начальных участках, направление их движения (маршруты); а так же геометрические параметры участков пути.

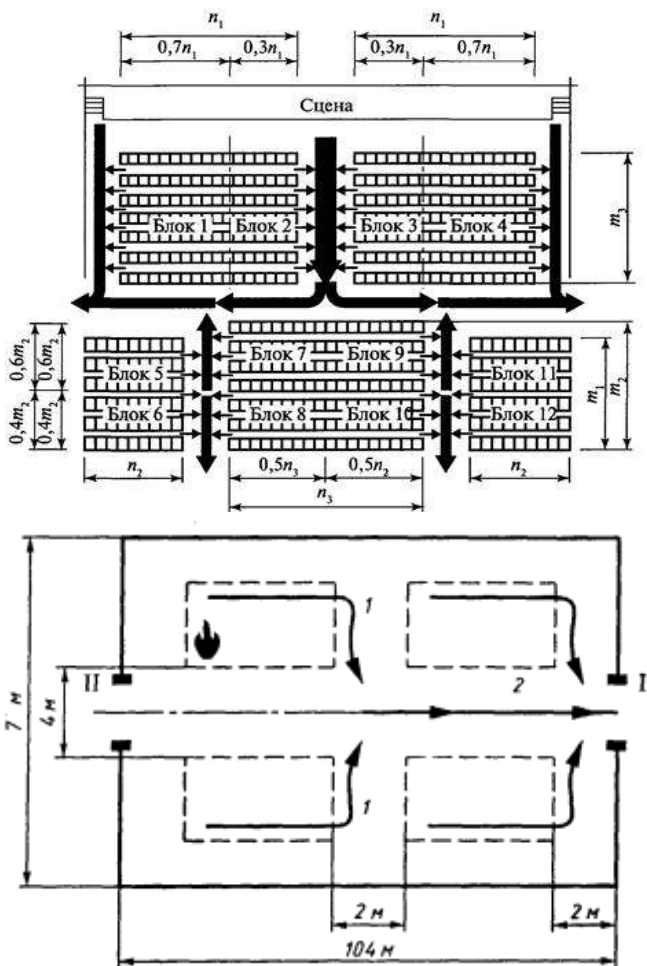


Рис. 5. Расчетные схемы эвакуации

Используются только пути движения, соответствующие требованиям, предъявляемым к путям эвакуации. Количество людей на первых участках пути определяется исходя из требований нормативных документов, проектной площади помещений, экспертных оценок и натуральных наблюдений. При составлении расчетной схемы делается поправки на различные факторы. Исходя из наблюдений, установлено, что во время эвакуации люди пытаются покинуть помещение тем же путем, каким они в него попали; стараются двигаться в противоположную сторону от опасности. Следовать к тому выходу, из которого проще всего

попасть на территорию улицы, а так же часто следуют указаниям персонала, даже если таковые указание не соответствуют рациональному плану эвакуации. Для расчетов моделируют наихудшую из возможных ситуаций эвакуации в целях предотвращения возможной гибели людей.

При эвакуации главное как можно быстрее вывести всех из здания в безопасную зону. И, как видно было по формулам, расчетное время эвакуации напрямую зависит от объемно-планировочных решений здания и от скорости движения людских потоков по участкам, составляющих маршрут эвакуации. Величина же расчетной скорости свободного движения должна соответствовать психологическому состоянию людей в начале эвакуации и их физическим возможностям.

Если говорить об эвакуации людей из высотных административных зданий, то на данный момент времени ни СНиП 21–01, ни ГОСТ 12.1.004 не уделяют должного внимания вопросам организации и управления эвакуацией людей. Данные документы не предусматривают ни частичную, ни поэтапную эвакуацию, принимая во внимание только полную одновременную эвакуацию всех людей из зданий (рис. 6, 7.). Хотя СНиП 21-01 и указывает на запрет включения лифтов и эскалаторов в пути эвакуации, практика показывает, что в случае эвакуации из высотных зданий поэтапная организация с использованием лифтов более эффективна.

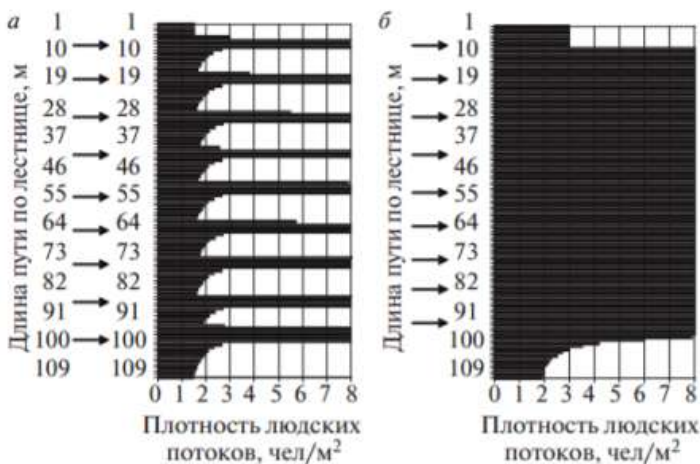


Рис. 6. Плотность людских потоков на лестничной клетке.

Высота этажа, м	Допустимое количество человек на этаже при ширине марша, м				
	1,05	1,2	1,35	1,5	1,8
2,8	32	40	47	56	73
3,0	34	41	49	57	76
3,3	36	44	52	60	79
3,6	38	46	54	63	83
4,2	49	60	71	83	110
4,8	53	64	76	89	117
6,0	68	83	98	115	152

Рис. 7. Допустимое количество людей на этажах здания

Так же, обходится стороной и тот факт, что зачастую эскалаторы и лифты являются единственным путем эвакуации, последние, в том числе и для маломобильных групп населения. В Японии после эвакуации людей из 20-ти этажного здания был проведен опрос (рис. 8.), по результатам которого было установлено процентное соотношение людей в зависимости от пути их эвакуации. Анкетный опрос наглядно показывает, что большинство этих людей для эвакуации с последних этажей пользовались лифтами.

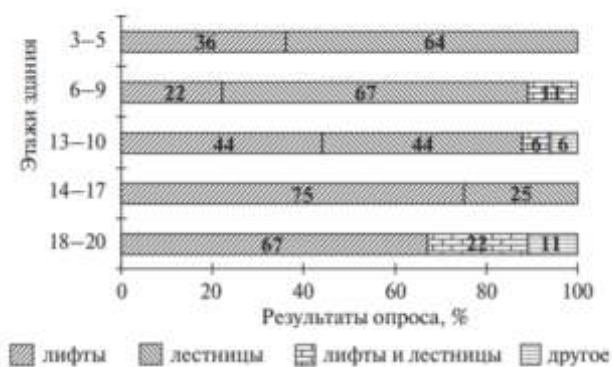


Рис. 8. Анкетный опрос

В данный момент времени, когда высотное строительство приобретает все большую и большую популярность, а таковое предусматривает под собой возможность достаточно надежного и современного противопожарного обеспечения, разработка планов поэтапной или же час-

тичной эвакуаций с использованием лифтов и зон пожарной безопасности становится перспективной целью.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. URL: <http://fireevacuation.ru/raschet-potoki-lydskie.php>
2. *Саркисова Л.В.* Расчет эвакуации людских потоков из зданий. Методические указания к курсовому и дипломному проектированию. М.: МИИТ, 1985. 47 с

*Студентка 3 курса 35 группы ИСА Куприянова Ю.А.
Научный руководитель - доц., канд. техн. наук А.П. Парфененко*

НАТУРНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ ЛЮДСКИХ ПОТОКОВ В ЗДАНИЯХ И СООРУЖЕНИЯХ РАЗЛИЧНОГО ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Согласно статье 32 Федерального закона от 22.07.2008 N 123-ФЗ “Технический регламент о требованиях пожарной безопасности”, здания и сооружения и пожарные отсеки по функциональной пожарной опасности делятся на пять классов, каждый из которых имеет свои подклассы. Данная классификация производится в зависимости от их назначения, а также от возраста, физического состояния и количества людей, находящихся в здании, возможности пребывания их в состоянии сна. В соответствии с СП 1.13130.2009 “Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы” (далее - СП 1.13130) к каждому классу функциональной пожарной опасности предъявляются свои требования направленные на обеспечение безопасной эвакуации людей.

Безопасная эвакуация зависит от большого числа факторов, таких как противопожарные и архитектурно-планировочные решения, в том числе, длина эвакуационных путей и их пропускная способность, количество одновременно пребывающих в здании людей и их состояние, а так же сценарий развития опасных факторов пожара. Размеры эвакуационных путей, а именно ширина и длина, отражающие непосредственно пропускную способность и время эвакуации с 1886г. в России, как и в ряде других стран, устанавливаются назначением. Но, очевидно, что для обеспечения безопасной эвакуации людей данные назначения нуждаются в обосновании. Для получения таких обоснований проводят натурные исследования движения людских потоков в зданиях различного функционального назначения.

В России впервые натурные исследования движения людских потоков провел и изложил в своей работе «Эвакуация зданий массового назначения», изданной в 1938г., профессор Беляев С.В.. В ходе своих наблюдений он впервые выделил такие характеристики движения людского потока как, плотность, скорость и пропускная способность в минуту, а так же взаимосвязь между ними.

Следующие натурные наблюдения движения людских потоков начались спустя восемь лет, в 1946г. С 1946 по 1948гг., под руководством Милинского А.И. во Всероссийском научно-исследовательском институте противопожарной обороны (ВНИИПО) были проведены исследования в зданиях театров, учебных заведений, промышленных и транспортных предприятий. В ходе наблюдений устанавливались плотности потока и пропускные способности дверей, плотности и скорости движения потока по горизонтальным путям, а так же по вертикальным путям вниз и вверх.

Дальнейшие исследования проводились под руководством доктора технических наук, профессора Предтеченского В.М., который изучал влияние движения людских потоков на оптимизацию планировочной структуры здания с учетом работы лифтов, движение людских потоков в экстремальных условиях, движения при высоких плотностях, длительно существующие, встречные и пересекающиеся потоки, потоки в расширяющихся проходах и на городских территориях. Под его руководством были проведены исследования представленные ниже.

Наблюдения движения людских потоков в залах кинотеатров были проведены в 1966г. Калининцевым В.А. Данное исследование позволило создать модель слияния людских потоков на ограниченном по длине участке движения и разработать рекомендации к проектированию зданий кинотеатров.

Дувидзон Р.М. в 1968г. провел исследование движения людских потоков на спортивных сооружениях. Целью наблюдений было получение значений скоростей движения людских потоков в зависимости от уклона трибун на спортивных объектах. На основании полученных результатов были разработаны нормы параметров путей эвакуации для спортивных сооружений.

В 1971г. Григорьянц Р.Г. провел натурные наблюдения движения длительно существующих людских потоков. В рамках исследования были проведены наблюдения и измерения процесса движения людских потоков в универсальных магазинах и на прилегающих к ним территориях, выявлены закономерности и проведен расчет движения для длительно существующих людских потоков в зданиях торгового назначения.

В 1973г. Буга П.Г. провел наблюдения пешеходного движения в городских узлах. Целью исследования стало выявление закономерностей движения людских потоков в условиях городской застройки. На основании результатов, полученных при наблюдениях, была разработана методика расчета организации движения людских потоков в пространстве города.

В 1978г. Еремченко М.А. провел натурные наблюдения движения людских потоков в зданиях школ. В результате проведенных исследований были получены характеристики движения людских потоков с учетом возраста людей, расчетные значения коэффициента возрастного состава потока, установлены параметры движения в зданиях, где могут образовываться потоки смешанного возрастного состава. При проведении наблюдений в школьных зданиях впервые было изучено движение людских потоков до начала учебных занятий.

Следующие натурные наблюдения движения людских потоков начали проводиться лишь спустя двенадцать лет под руководством доктора технических наук, профессора Холщевникова В.В.

Никонов С.А. рассмотрел движение людского потока при пожаре как совокупность случайных факторов таких как индивидуальная скорость эвакуации, параметры функционирования и характеристики систем противопожарной защиты, в том числе систем обнаружения и оповещения о пожаре, особенности распространения опасных факторов пожара, времени начала эвакуации. В ходе исследований были проанализированы анкеты, заполненные людьми, эвакуировавшимися из зданий во время пожара и экспериментальные наблюдения эвакуации. В результате были разработаны численные модели движения людских потоков и распространения опасных факторов пожара. Были выявлены законы, связывающие архитектурно-планировочные решения, время задержки эвакуации и психологическое состояние эвакуирующихся со временем эвакуации.

В 1990г. Исаевич И.И. были проведены исследования движения людского потока на платформах и пересадочных узлах (эскалаторах) станций метрополитена. В рамках исследования определялись и изучались зависимости между параметрами движения людей, особенности их движения в распределительных залах станций метрополитена, на участках пути с механическими средствами передвижения и на платформах станций метрополитена. На основании полученных результатов были разработаны и проверены модели, имитирующие движение людских потоков, и программы, создающие данные модели.

Спустя двадцать два года, в 2012г., Парфененко А.П., так же под руководством Холщевникова В.В., провел исследования движения людских потоков в детских дошкольных образовательных учреждениях с целью выявления особенностей процесса эвакуации, определяющих параметры эвакуационных выходов и путей, а так же параметров, влияющих на вероятность эвакуации. Результаты исследования были внедрены в СП 1.13130 и в Приказ от 30 июня 2009 г. N 382 “Об утверждении методики определения расчётных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности”.

Кудрин И.С. в 2013 г. провел исследования движения людских потоков в лестничных клетках высотных зданий. Целью наблюдений являлось установление закономерностей движения людских потоков при слиянии, определение расчетного и фактического значений геометрических параметров эвакуационных путей и выходов, а так же разработка модернизированных, с учетом динамики распространения опасных факторов пожара, мер противопожарной безопасности.

В 2014г. Истратовым Р.Н. проводились натурные наблюдения движения людских потоков из зданий стационаров в специальных учреждениях для людей пожилого возраста. В результате исследований была предложена классификация пожилых граждан по группам мобильности, учитывая их физические возможности, получены статистические данные параметров передвижения способных к самостоятельному передвижению граждан престарелого возраста и обслуживающего персонала, эвакуирующего граждан не способных к самостоятельному перемещению.

Под руководством доктора технических наук, профессора Корольченко А.Я. в 2013г. Бушмановым С.А. были проведены натурные наблюдения движения людских потоков в зданиях образовательных учреждений в самоспасателях в условиях задымления. Были получены данные о параметрах движения в самоспасателях, обеспечивающих защиту органов зрения и дыхания от опасных факторов пожара, и разработана методика их применения в зданиях образовательных учреждений.

Под руководством кандидата технических наук Самошина Д.А., Слюсарев С.В. в 2016г. провел натурные испытания в социальных учреждениях для детей с ограниченными возможностями. По результатам исследований была предложена классификация детей, относящихся к маломобильным группам населения, в зависимости от заболеваний. Получены параметры, характеризующие особенности движения людских потоков и факторы, определяющие время начала эвакуации, в за-

висимости от состояния детей, разработаны рекомендации по обеспечению противопожарной защиты зданий, предназначенных для пребывания детей с ограниченными возможностями.

В 2017г., так же под руководством Самошина Д.А., Фан Ань провел натурные исследования движения людских потоков при эвакуации из многоквартирных жилых домов, в результате которых были установлены параметры движения людского потока, в том числе, влияющие на время начала эвакуации, которое, зачастую, превышает время блокирования эвакуационных путей. Были разработаны меры, направленные на обеспечение безопасной эвакуации всех групп мобильности из жилых многоквартирных зданий в республике Вьетнам.

В 2017г. Самошин Д.А. провел натурные наблюдения движения людских потоков состоящих из маломобильных групп населения исходя из их классификации по физическим ограничениям, наблюдения индивидуального движения людей в общем потоке, состоящем из групп населения различной мобильности. На основании полученных данных была предложена классификация зданий по признакам возможности пребывания людей в состоянии сна, физического состояния, находящихся на объекте людей и степени их вовлеченности в происходящие функциональные процессы, наличия дежурного персонала. Так же была предложена классификация маломобильных групп населения в зависимости от типа физического ограничения и составлена модель определения состава людских потоков в зависимости от функционального процесса. На основе полученных данных были разработаны геометрические параметры путей эвакуации и выходов, а так же рассчитаны данные времени эвакуации с учетом возможности нахождения в зданиях людей всех групп мобильности.

На сегодняшний день в НИУ МГСУ проводятся исследования параметров движения людских потоков при эвакуации из зданий СИЗО, мечетей, зданий производственного назначения, поликлиник, аэропортов, а так же исследования движения потоков автотранспорта с учетом психологии поведения человека.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Холщевников В.В., Самошин Д.А., Исаевич И.И.* Натурные наблюдения людских потоков М.: Академия ГПС МЧС России, 2009. 189 с.
2. *Беляев С.В.* Эвакуация зданий массового назначения. М.: Всесоюзная академия архитектуры, 1938г. 72 с.

Студент 3 курса 13 группы ИСА Муртазин А.Р.

Студент 3 курса 13 группы ИСА Борисов В.А.

Научный руководитель – старший преподаватель К.О. Ларионова.

ТЕОРИЯ И ОСОБЕННОСТИ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ДВИЖЕНИЕ ЛЮДСКИХ ПОТОКОВ В ПРАВОСЛАВНЫХ ХРАМАХ

В дни религиозных праздников значительно увеличивается посещаемость культовых сооружений. Очень важной задачей является обеспечение эвакуации людей в случае чрезвычайной ситуации, однако в нормативной документации не учитывается особенность людского потока в православных храмах.

В связи с этим требуется уточнение расчетов времени эвакуации с учетом движения смешанного потока людей различных групп мобильности, что и вызвало у нас большой интерес к данной тематике.

На рисунке 1 изображено массовое скопление людского потока различных групп мобильности в процессе службы.

Целью нашей работы является изучить особенности методики расчета движение людских потоков в православных храмах. Мы считаем, что важным фактором, влияющим на обеспечение безопасной эвакуации людей, является объёмно-планировочное решение. Пример типовой планировки представлен на рисунке 2.



Рисунок 1.

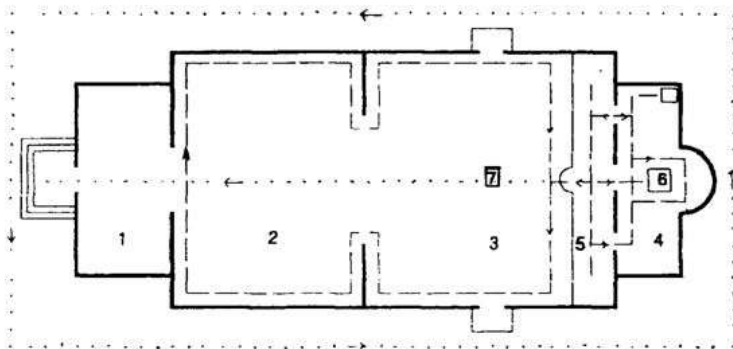


Рисунок 2. Типовое решение плана Православного храма :
 1 – притвор; 2 - трапезная ; 3 - средняя часть; 4 - алтарь; 5 -
 солея; 6 - престол; 7 – аналой.

Проведенный анализ посещаемости богослужений в зависимости от возрастной характеристики людского потока, выявил характерные особенности контингента. На службах в превосходящем количестве преобладают женщины (рисунок 3), больше 70% относительно всех верующих. Исходя из возрастной статистики около 10-15% это дети и подростки, 35-40% люди старше 50-60 лет, люди 25-50 лет 45-55 %, вследствие этого людской поток в Православном храме нельзя отнести к мобильным или маломобильным группам населения, так как он является смешанным.



Рисунок 3

Самыми многочисленными богослужениями являются воскресные и праздничные службы, в людском потоке наблюдается большое количе-

ство детей и пожилых людей. Не все пожилые люди могут передвигаться самостоятельно, поэтому им помогают их родственники, а другая часть из них передвигается с помощью трости или кресла-коляски, поэтому при проектировании и расчетах времени эвакуации должны учитываться маломобильные группы населения.

Для анализа методики мы изучили нормативные документы [4 - 9] и другую литературу [1 - 3]. В существующих нормативных документах нет конкретной требуемой минимальной площади, занимаемой одним верующим, варьируется 0,33 до 0,17 м²/чел. Также отсутствуют требования к размерам эвакуационных путей и выходам, не учтены особенности состава людского потока, а именно родственные и социальные связи человека, влияние которых может значительно увеличить время эвакуации. Таким образом, вопрос нормирования культовых зданий противопожарными требованиями не до конца проработан и не полностью затрагивает все особенности данных сооружений.

При расчёте необходимо учесть принцип взаимопомощи, при котором люди, не имеющие ограничения по мобильности, будут помогать менее мобильным.

С учётом различных групп мобильности людского потока (рисунок 4), найдём общую площадь потока:

$$F = N_{M1} \cdot f_{M1} + N_{M2} \cdot f_{M2} + N_{M3} \cdot f_{M3} + N_{M4} \cdot f_{M4},$$

где N_{Mi} – число людей i -й группы мобильности ($i=1, \dots, 4$); f_{Mi} – площадь горизонтальной проекции человека i -й группы мобильности.



Рисунок 4

Зная F , найдём плотность людского потока на i -ом участке:

$$D_i = \frac{F}{l_i \cdot \delta_i},$$

где F , l_i , δ_i , –общая площадь людей на i -ом участке, его длина и ширина.

Найдём скорость всего потока:

$$v = w_{M1} \cdot v_{M1} + w_{M2} \cdot v_{M2} + w_{M3} \cdot v_{M3} + w_{M4} \cdot v_{M4} ,$$

Таблица 1

Параметры различных групп мобильности людей

Группы мобильности	Значение параметров	Г	ЛВН	ЛВВ	ПВН	ПВВ
		M1	v_0	100	100	60
	D_0	0,051	0,089	0,067	0,171	0,107
	a_0	0,295	0,400	0,305	0,399	0,399
M2	v_0	30	30	20	45	25
	D_0	0,135	0,139	0,126	0,171	0,146
	a_0	0,335	0,346	0,348	0,438	0,384
M3	v_0	70	20	25	105	55
	D_0	0,102	0,208	0,120	0,122	0,136
	a_0	0,305	0,454	0,347	0,416	0,446
M4	v_0	60			115	40
	D_0	0,135			0,146	0,150
	a_0	0,400			0,424	0,42

Примечание: Г – горизонтальный путь; ЛВН – лестница вниз; ЛВВ – лестница вверх; ПВН – пандус вниз; ПВВ – пандус вверх.
 Расчетные максимальные значения интенсивности движения q_{MAX} через проем: M1 - 19,6 м/мин, M2 - 9,7 м/мин, M3 - 17,6 м/мин, M4 - 16,4 м/мин.

где v_{Mi} , w_{Mi} , – скорость и вес i -й маломобильной группы населения, находятся с учетом таблицы 1 и следующего выражения:

$$v = \begin{cases} v_0 & \text{при } D \leq D_0 \\ v_0 (1 - a_0 \ln D/D_0) & \text{при } D > D_0 \end{cases}$$

где v_0 , a_0 , D_0 – параметры, зависящие от вида пути и группы мобильности:

$$w_{Mi} = N_{Mi} \cdot f_{Mi} / F , \quad i=1, \dots, 4$$

$$w_{M1} + w_{M2} + w_{M3} + w_{M4} = 1$$

Зная суммарную площадь потока, мы можем найти время задержки:

$$\Delta t_i \approx \left[(q_{np} \cdot \delta_c) - (q_i \cdot \delta_i) \right] \cdot (q_i \cdot \delta_i)^{-1},$$

где δ_c – ширина проема или следующего участка, перед которым возникает скопление; q_{np} – предельная интенсивность:

$$q_{\text{пр}} = k_q \cdot q_{\text{max}},$$

где $k_q < 1$ – коэффициент снижения интенсивности.

Найдём максимальные и предельные интенсивности:

$$q_{\text{max}} = w_{M1} \cdot q_{\text{max}1} + w_{M2} \cdot q_{\text{max}2} + w_{M3} \cdot q_{\text{max}3} + w_{M4} \cdot q_{\text{max}4}$$

$$q_{\text{пр}} = w_{M1} \cdot q_{\text{пр}1} + w_{M2} \cdot q_{\text{пр}2} + w_{M3} \cdot q_{\text{пр}3} + w_{M4} \cdot q_{\text{пр}4}$$

Зная теперь все необходимые величины, подставляем их в формулу, для нахождения общего времени эвакуации:

$$t_p = \sum_{i=1}^n l_i \cdot v_i + \Delta t_i$$

Этот подход позволяет грамотно оценить расчетное время эвакуации людей с учётом различных групп мобильности.

Таким образом, нормативная документация, существующая на данный момент, игнорирует особенности процесса эвакуации людей из зданий культового назначения, не учитывает контингент состава людского потока, тем самым методика расчёта времени эвакуации для культовых зданий и сооружений не обеспечивает реальный результат.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Г.Л. Шидловский* Определение расчетного времени эвакуации смешанного потока людей в культовых зданиях и сооружениях. // Научно-аналитический журнал Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России. - 2012. № 2. С. 58-66.
2. *Д.А. Самошин, Н.П. Матвеева* Проблемы безопасной эвакуации людей из культовых зданий православной церкви // Интернет-журнал Технологии техносферной безопасности – 2013. № 6 (52). С. 1-7.
3. *Предтеченский В.М., Милинский А.И.* Проектирование зданий с учетом организации движения людских потоков. М.: Стройиздат, 1979. 375 с.
4. МДС 31-9.2003 Православные храмы. В трех томах. Том 2. Православные храмы и комплексы. Пособие по проектированию и строительству к СП 31-103-99. // АХЦ «Арххрам». М.: ГУП ЦПП, 2003.
5. СП 31-103.99 Здания, сооружения и комплексы православных храмов.
6. НПБ 108-96 Культовые здания. Противопожарные требования.
7. СНИП 21-01-97 Пожарная безопасность зданий и сооружений.
8. МДС 31-9.2003 Православные храмы.
9. ГОСТ 12.1.004-91 Пожарная безопасность. Общие требования.

РАЗВИТИЕ ТЕОРИИ ДВИЖЕНИЯ ЛЮДСКИХ ПОТОКОВ В ЦЕЛЯХ НОРМИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ЭВАКУАЦИИ

Первые исследования, ставшие основой для научно-теоретического изучения движения людских потоков, в нашей стране были проведены Научно-исследовательским институтом архитектуры Всесоюзной академии художеств в начале 30-х г. прошлого века, в результате которых было впервые показано, что скорость передвижения людей V и «пропускная способность потока в минуту» [1, рис. 23] зависят от плотности потока людей D , а также от вида пути, и было введено понятие «элементарного потока», т. е. поток, движущихся в затылок друг другу людей. Ширина такого потока равна 0,5 - 0,6 м (по лестнице [1, с. 17]). Плотность потока рассматривали как линейную величину, измеряя в погонных метрах длины участка, приходящегося на одного человека, передвигающегося в элементарном потоке. Результаты этих исследований были опубликованы профессором С.В. Беляевым [1].

Обширные натурные наблюдения движения потоков людей в зданиях различного назначения, проведенные с 1946 по 1950 гг. в 14-ти крупных городах СССР местными органами пожарной охраны под эгидой ВНИИПО стали следующим шагом в этой области. Данными исследованиями руководил А.И. Милинский [2], в результате которых определили, что плотность потока людей целесообразно измерять, зная количество людей в потоке и площадь, которую они занимают, (чел./м²) или безразмерной величиной (в м²/м²):

$$D = \frac{N}{F}, \text{ чел./м}^2 \text{ или } D = \frac{N \cdot f}{b \cdot l} = \frac{\sum f}{b \cdot l}, \text{ м}^2/\text{м}^2, \quad (1.1)$$

где $\sum f$ – сумма площадей горизонтальных проекций людей в чел./м².

Площадь, занимаемая человеком, представляет собой эллипс (рис. 1), площадь которого определяется, как:

$$f = 0,25 \cdot \pi \cdot a \cdot c \quad (1.2)$$

Благодаря этому мы можем определить плотность, зная возраст человека и тип одежды. Максимальная плотность, которую зафиксировали при проведении натурных наблюдениях, была в пределах 0,92 – 0,93 м²/м².

С.В. Беляевым была установлена зависимость скорости движения потока от его плотности $V=f(D)$. Неустановленным осталось только качественное выражение данной зависимости.

В своей диссертационной работе Милинский А.И. впервые проводит исследования движения потоков людей через дверные проёмы различной ширины, показывая их роль в образовании скоплений и задержек движения людских потоков, что привело к выделению проёмов в отдельный вид пути (рис. 2).

Значительный вклад в исследования закономерностей движения потоков людей внес доктор технических наук профессор МИСИ Предтеченский В.М [3, 4]. Он впервые установил аналитические соотношения между прохождением через смежные участки коммуникационных (эвакуационных) путей и значениями параметров людских потоков (рис. 3):

$$q_n \cdot b_n = q_{n+1} \cdot b_{n+1}, \quad (1.3)$$

где q_n , q_{n+1} – интенсивность движения людского потока на предыдущем и последующем участках, м/мин; b_n , b_{n+1} – ширина предыдущего и последующего участков, м.

Характеристика людского потока впервые введена в теорию людских потоков как параметр интенсивность движения q_n :

$$q_n = V_n \cdot D_n \quad (1.4)$$

Величина q_n не зависит от ширины пути и определяет кинетику процесса движения людского потока [10]. Соотношение (1.3) можно назвать кинематическими зависимостями движения людских потоков, так как оно не зависит от вида зависимости $V=f(D)$.

Были выведены уравнения, которые позволяют описать процессы образования скопления, слияния, переформирования и растекания людских потоков в процессе их движения. Так же был для отображения аналитических соотношений разработан графический способ. На этом основании построен графоаналитический метод расчёта (модель) дви-

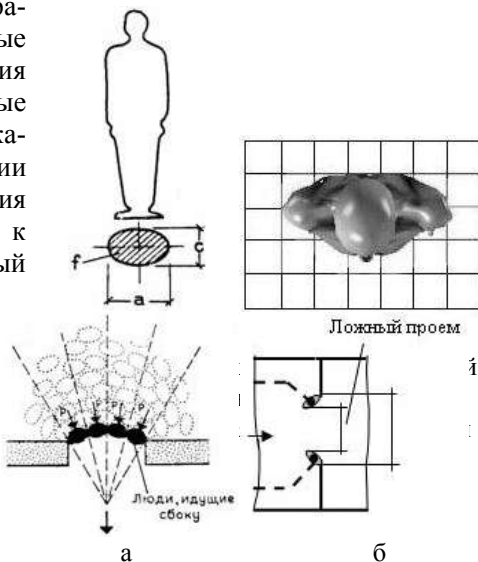


Рис. 2. Движение людского потока через проемы при их недостаточной пропускной способности:
а) схема образования арки,
б) эффект ложного проема

жения людских потоков. И уже в работе [5] впервые предоставлено качественное описание случайной структуры людского потока.

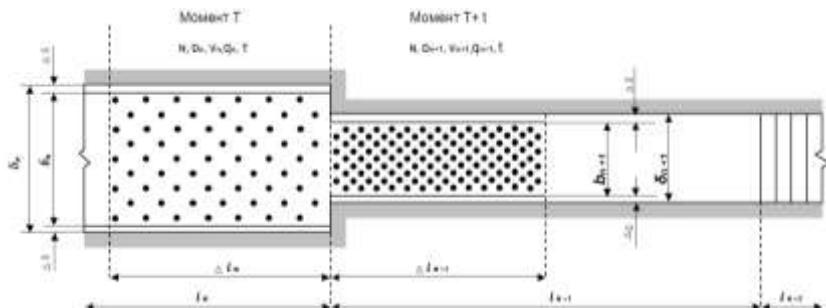


Рис. 3. Движение людского потока через границу смежных участков пути

Для получения общей зависимости $V=f(D)$ и, соответственно, $q=f(D)$, ввели систему коэффициентов, определяющих условия движения (μ), виды пути (m), состав потока (η), которые устанавливаются через деление вновь установленных значений параметров эмпирических зависимостей на средние их значения, полученные по результатам опытов ВНИИПО – МИСИ.

Учениками профессора В.М. Предтеченского последовательно были проведены подробные исследования людских потоков в зданиях различного функционального назначения при их нормальной эксплуатации и в ситуациях, приближающихся к чрезвычайным, в том числе и на городских территориях. Натурные наблюдения и эксперименты, проведённые в этих исследованиях методами кинофотосъёмки, позволили расширить эмпирическую базу теории людских потоков.

Полученные в СССР результаты исследований людских потоков способствовали активизации работы по нормированию параметров эвакуационных путей и выходов в зданиях и сооружениях, основываясь на расчётных методах [6]. Уже тогда для широкого круга специалистов стало очевидно, что принципы, связанные с такими показателями, как «число выходов», «ширина выхода» и т. п., могут быть более четко выражены в терминах «время» и «поведение людей...». Из-за необходимости разработать новые нормы проектирования для эвакуации людей из зданий различного функционального назначения с целью повышения безопасности людей без использования излишних ограничений появилась такая возможность [8]. Для исполнения этого постановления Госстрой СССР предусмотрел введение «гибкого нормирования», основанного на критериях обеспечения безопасной эвакуации людей в за-

всисмости от выполнения основных положений и зависимостей движения людских потоков, обеспечивающих их применение при проектировании.

Такая задача нуждалась в обобщении накопленного эмпирического материала и результатов теоретических исследований, чтобы общий вид зависимости между скоростью и плотностью людских потоков. Но именно эта зависимость и отсутствовала, а вместо теоретически обоснованной зависимости был только набор эмпирических коэффициентов видов пути, состава потоков, условий движения. Эти коэффициенты были установлены по отношению к некоей средней (опять же эмпирической) зависимости, полученная на основании данных, которая составляла только десятую часть от образовавшейся к тому времени статистической базы.

Данная задача решалась по новым принципам формирования модели «людской поток» [8]. Суть первого принципа состояла в том, что движущийся поток людей – это стохастический процесс, зависимости которого описываются случайной функцией скорости от потока, устанавливаемой по результатам натуральных наблюдений с учетом обработки эмпирических данных [9]. Второй принцип – зависимость между параметрами потока людей должна отображать психофизическую связь между ними [10]. Суть третьего принципа – энергетическая обеспеченность устанавливаемой закономерности связи между параметрами потоков людей. Реализация этих подходов дала возможность учесть и математически описать закономерности изменения реакции человека на различные внешние воздействия. [8].

В результате были установлены математические выражения формы общей закономерности изменения скорости от плотности людского потока для смешанного состава потока людей, как элементарной случайной функции:

$$V_{Dj} = V_{oj} [1 - a_j \ln(D_{ij}/D_{oj})] \text{ м/мин.}, \quad (1.6)$$

где V_{Dj} – скорость потока на j -ом виде пути при значении его плотности D , м/мин; V_{oj} – скорость свободного движения потока по j -ому виду пути (при значении его плотности $D \leq D_{oj}$), м/мин; $a_j \cdot \ln(D_{ij}/D_{oj})$ – описание реакции людей в потоке на увеличение его плотности математическим выражением.

Полученные результаты были использованы в серии научно-исследовательских работ, в которых изучались напряжённые ситуации организации движения людских потоков. Они подтвердили высокую достоверность установленных зависимостей, которые легли в основу нормирования параметров движения людских потоков при аварийной эвакуации, а параметры движения и методика определения расчетного

времени эвакуации людей из зданий вошли в главу СНиП II-2-80: Пожарная безопасность зданий и сооружений, далее в ГОСТ 12.1.004-91* «Пожарная безопасность. Общие требования» и в «Методику по определению расчётных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности», утвержденной приказом МЧС России № 382 от 30.06.2009 г.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Предтеченский В.М., Милинский А.И.* Проектирование зданий с учетом организации движения людских потоков: учеб. пособие для вузов – 2-е изд., доп. и перераб. // М.: Стройиздат, 1979. – 375 с
2. *Милинский А.И.* Исследование процесса эвакуации зданий массового назначения: дис. канд. техн. наук: // А.И. Милинский. – М.: 1951. – 178 с.
3. *Предтеченский В.М.* О расчете движения людских потоков в зданиях массового назначения // Известия высших учебных заведений, серия «Строительство и архитектура». – 1958. – № 7.
4. *Предтеченский В.М.* Людские потоки в зданиях // М.: Стройиздат, 1983.
5. *Предтеченский В.М., Милинский А.И.* Проектирование зданий с учетом организации движения людских потоков: учеб. пособие для вузов – 2-е изд., доп. и перераб. // М.: Стройиздат, 1979. – 375 с.
6. *Предтеченский В.М., Холщевников В.В.* Закономерности движения людских потоков и вопросы нормирования коммуникационных путей многоэтажных зданий // 1-й Международный симпозиум – Сб.: Многоэтажные здания. - М.: ЦНИИЭПжилища. – 1972. – С. 63 – 68.
7. Приложение к постановлению Государственного комитета Совета Министров СССР по науке и технике от 14 января 1971 г. – М., 1971.
8. *Холщевников В.В.* Людские потоки в зданиях, сооружения и на территории их комплексов: дис. докт. техн. наук: 05.23.10 // М.: 1983. 442 с.
9. *Холщевников В.В.* Статистика зависимостей между параметрами людских потоков // Исследования по основам архитектурного проектирования. – Томск: Изд-во Томского университета. – 1983.
10. *Холщевников В.В.* Моделирование людских потоков // В.В. Холщевников // Моделирование пожаров и взрывов. – М.: Изд-во Пожнаука. – 2000. – С. 139 – 169.

ПОДСЕКЦИЯ АВТОМАТИЗАЦИЯ МЕТОДОВ РАСЧЕТОВ ДВИЖЕНИЯ ЛЮДСКИХ ПОТОКОВ В ЗДАНИЯХ, СООРУЖЕНИЯХ И ИХ КОМПЛЕКСАХ

*Студентка 3 курса 26 группы ИСА Бибарцева Д.С.,
Студентка 3 курса 26 группы ИСА Лоцманова Ю.Н.
Научный руководитель – доц. канд. арх. Н.В. Данилина*

АНАЛИЗ ПЕШЕХОДНЫХ ПОТОКОВ НА ТЕРРИТОРИИ ТРАНСПОРТНО-ПЕРЕСАДОЧНОГО УЗЛА "ВДНХ"

Одной из задач создания комфортной для проживания среды, является комплексное развитие транспортной инфраструктуры. Важнейшим элементом транспортной инфраструктуры являются транспортно-пересадочные узлы (ТПУ), представляющие собой комплекс зданий и сооружений, обеспечивающий эффективное взаимодействие различных систем пассажирского и личного транспорта, формируя связный каркас агломерации. Главная функциональная цель ТПУ – комфортное и безопасное обслуживание максимального пассажиропотока.

На территории Московской агломерации (по состоянию на 07.04.2017) расположено 304 ТПУ. Более 40% существующих сегодня в городе ТПУ работает с перегрузом, что также создает некомфортные условия для пересадки пассажиров. До 2020 года в Москве планируется сформировать сеть из 273 ТПУ, максимальная плотность людских потоков в основных коммуникационных элементах которых будет составлять не более 2-х пассажиров/м².

Решение задачи проектирования или реорганизации возможно только с позиций системного подхода. Несмотря на то, что основной целью функционирования ТПУ является эффективное, а главное безопасное обслуживание пассажиров, на данный момент анализу людских потоков при проектировании и реорганизации уделяется недостаточное внимание.

Современное программное обеспечение имитационного моделирования позволяет в значительной степени увеличить эффективность проектирования и реорганизации объектов массового притяжения людей, смоделировав уже на этапе эскизного проектирования планируемые или существующие людские потоки.

Как объект для проведения анализа существующих людских потоков был использован ТПУ «ВДНХ», расположенный в Останкинском районе города Москва.

Целью исследования является количественная и качественная оценка существующих пешеходных потоков на территории ТПУ "ВДНХ" с помощью имитационного моделирования. В ходе исследования было выполнено натурное обследование местности и визуальная оценка наиболее критичных точек ТПУ по пятибалльной шкале.

На основе результатов натурного обследования пешеходных потоков в утренний час пик смоделированы пешеходные потоки с использованием демоверсии программного комплекса Oasys MassMotion. Демоверсия программного комплекса Oasys MassMotion предоставляет временному пользователю наиболее полные функциональные возможности, по сравнению с рассмотренными нами программами (AnyLogic и PTV Viswalk).

Данная программа может моделировать людские потоки, а также даёт возможность делать прогноз и минимализировать ошибки при проектировании, помогая градостроителям принимать верные решения на ранней стадии разработки проекта.

Исследуемый ТПУ является одним из крупнейших узлов как районного, так и городского значения. Пассажирооборот станции метрополитена "ВДНХ" составляет около 200 тыс. чел./сут, при этом пешеходы составляют примерно 70% от общего числа. На данный момент ТПУ "ВДНХ" выполняет функции обслуживания жилого района, а также предусматривает пересадку на НГПТ, с пересадкой на СВТ (монорельс). На 2018 год запланирована реорганизация ТПУ "ВДНХ". Данный проект ставит своей целью разгрузить улично-дорожную сеть в Останкинском районе, а также обеспечить беспрепятственное движение пешеходов от станции метро до главного входа ВДНХ по центральной аллее.

На момент проведения анализа ТПУ "ВДНХ" обслуживалось 55 маршрутами НГПТ. Соответственно в часы-пик через транспортно-пересадочный узел проходит огромное количество людей. По результатам исследования эта цифра составляет порядка 4500 пешеходов/час по всей территории транспортного узла.

Натурное обследование территории рассматриваемого объекта показало, что в настоящий момент перед южным вестибюлем метро ВДНХ встречаются сразу несколько потоков людей, идущих от парка и с перехода. Наибольший пешеходный поток сконцентрирован около Северного вестибюля, где встречаются потоки людей, идущих от остановок НГПТ, расположенных с севера и юга от вестибюля, с наземного пеше-

ходного перехода, с внеуличного пешеходного перехода и от парка. Тротуары, прилегающие к проспекту Мира, имеют недостаточную ширину фронта посадки/высадки пассажиров, люди вынуждены выходить на проезжую часть. Кроме того, в районе остановки общественного транспорта пешеходы пересекают дорогу в неподобающем месте, из этого следует, что пешеходный переход расположен в неподходящем месте.

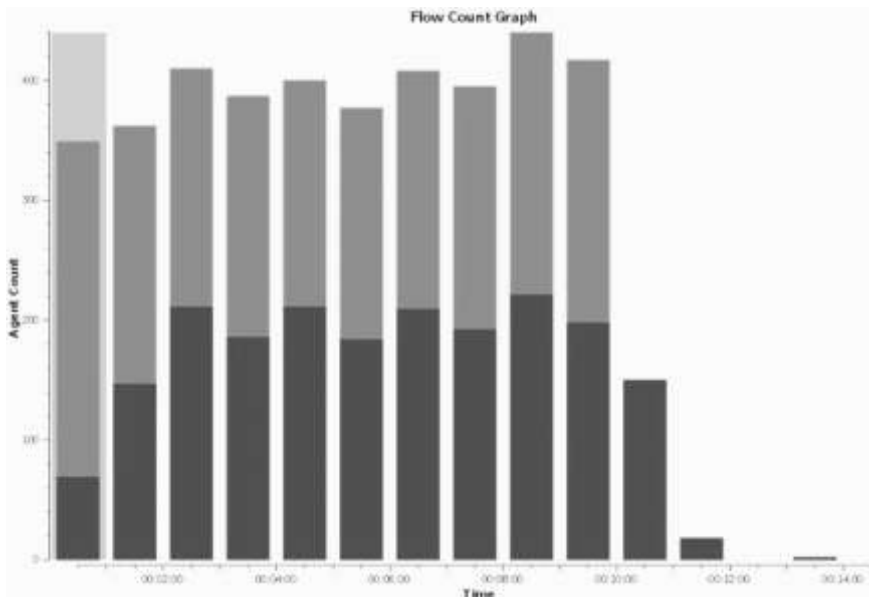


Рис. 1. Диаграмма движения потоков людей

Анализ статистических данных показал, что одним из преобладающих видов ДТП на территории Останкинского района являются ДТП в результате наезда на пешеходов, что подтверждает низкий уровень транспортного обслуживания и организации пешеходных потоков (За 2016 и начало 2017 года произошло 83 ДТП).

Имитационная модель позволит уменьшить степень неопределённости в процессах формирования пешеходных потоков, визуализировать потоки, оценить пропускную способность и среднее время пребывания пешеходов в различных зонах ТПУ, визуализировать статистику в виде карт плотности потоков пешеходов (Рис. 2).

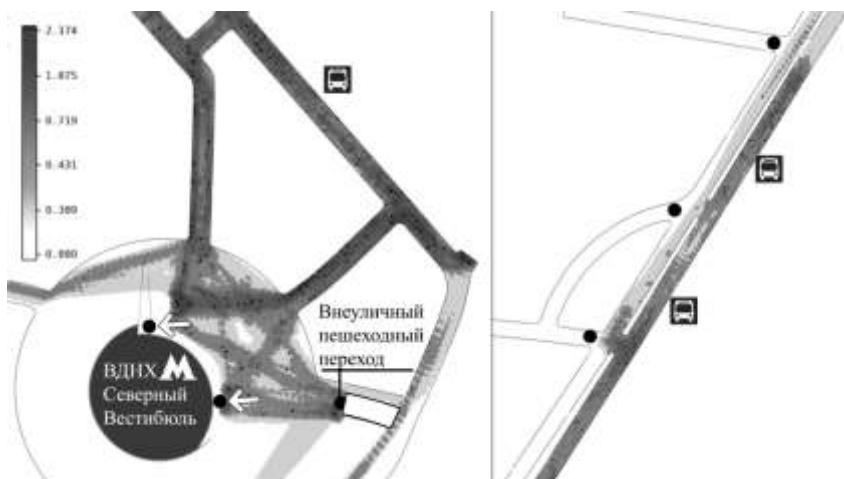


Рис. 2. Карта плотности распределения людских потоков на территории ТПУ "ВДНХ" (пассажиров/м²)

В настоящее время, из-за террористических угроз, именно к ТПУ предъявляются наиболее жесткие требования безопасности движения людей. Имитационное моделирование массовых перемещений людей приобретает всё большую актуальность, позволяя рассматривать различные конфигурации физического пространства и пешеходных зон, поддерживать сбор статистики пешеходных потоков, визуализировать статистику в виде карт плотности потоков пешеходов.

В России уже используются программы для моделирования пешеходных потоков, в проектировании некоторых транспортно-пересадочных узлов МЦК. Программа AnyLogic является аккредитованной на территории РФ. Данный программный комплекс был использован при моделировании пешеходных потоков ТПУ «Черкизово». Схема показала, что рассмотренное планировочное решение ТПУ «Черкизово» полностью справляется с заданной нагрузкой. Однако ожидается, что в условиях увеличения пассажиропотока движение будет затруднено из-за очередей в кассах, так как они расположены на пути основного потока пассажиров – по ходу следования к турникетам.

На данный момент в городе Москва существует огромное количество камер видеонаблюдения, которые уже сейчас могут считать количество людей, проходящих через определённые точки, за единицу времени и получать статистику. Кроме того, возможно в автоматическом режиме составлять карты плотности людского потока для всего города. При приближении плотности потока к пределу пропускной способно-

сти, а также в точках скопления людей, система информирует проектировщиков о существующем проблемном участке. Данный подход является наиболее эффективным, так как подсчитать людские потоки в проблемных местах всего города представляет собой очень затратный по времени и финансам процесс.

Возможность моделировать пешеходные потоки позволяет решать градостроительные задачи повышения качества городской среды, обеспечения комфортности и безопасности движения транспортных и людских потоков, что является залогом устойчивого развития урбанизированных территорий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Власов Д.Н., Данилина Н.В.* Устойчивое развитие транспортных узлов в градостроительном планировании // Промышленное и гражданское строительство. - 2016. № 9. С. 44-49.
2. *Данилина Н.В.* Аспекты устойчивого развития системы транспортного обслуживания урбанизированных территорий, Социально-экономические проблемы и перспективы развития территорий // Сборник научных статей по материалам I Международной научно-практической конференции. - 2016. С. 39-43.
3. *Щербина Е.В., Власов Д.Н.* Развитие системы транспортно-пересадочных узлов Российской Федерации. 2013.
4. The Verification and Validation of MassMotion for Evacuation Modelling, Ove Arup & Partners Ltd. 2015

*Студент 3 курса 13 группы ИСА **Борисов В.А.***

*Студент 3 курса 13 группы ИСА **Муртазин А.Р.***

*Научный руководитель – старший преподаватель **К.О. Ларионова.***

АНАЛИЗ МЕЖДУНАРОДНЫХ ПРОГРАММ ДЛЯ РАСЧЕТОВ ДВИЖЕНИЯ ЛЮДСКИХ ПОТОКОВ В КОНТЕКСТЕ BIM ТЕХНОЛОГИЙ

В настоящее время на всех этапах строительства использование специализированных программных комплексов позволяют упростить процесс проектирования зданий. Современные технологии позволяют провести расчеты большого круга задач пожарной безопасности. В данной области использование компьютерного моделирования является не только актуальным, но и очень важным, так как дает возможность оце-

нить риски, рассмотреть опасные ситуации без ущерба для здоровья и жизни людей. Компьютерное моделирование позволяет оценить и показать влияние различных условий на эвакуацию людей, рассчитать время и пути эвакуации, а также время наступления опасных факторов пожара (ОФП). Важным для путей эвакуации является быстрота эвакуации и беспрепятственность движения. Расчет путей эвакуации требуется для проверки их размеров, так же в программных комплексах можно проводить расчет и для обеспечения нормального уровня комфортности движения в условиях эксплуатации.

Для расчета времени эвакуации необходимо:

1. Определить численность людей находящаяся в зоне расчета.
2. Определить размеры путей эвакуации.
3. Выбрать пути эвакуации, что довольно тяжело из-за человеческого фактора (люди стараются использовать знакомые маршруты, пути по которым они пришли, двигаться к более широким и хорошо заметным выходам).
4. Производится расчет параметров движения и путей эвакуации по формулам из ГОСТ 12.1.004-91*
5. Провести анализ полученных результатов.

Все эти пункты необходимо выполнять как в «ручную» так и программированным методом расчета. Правда в «ручную» подсчет происходит дольше и высока вероятность ошибки.

Существует множество программ для расчета, рассмотрим некоторые из них:

PyroSim представляет собой графический интерфейс для симуляции пожара, который позволяет удобно и быстро анализировать развитие пожара.

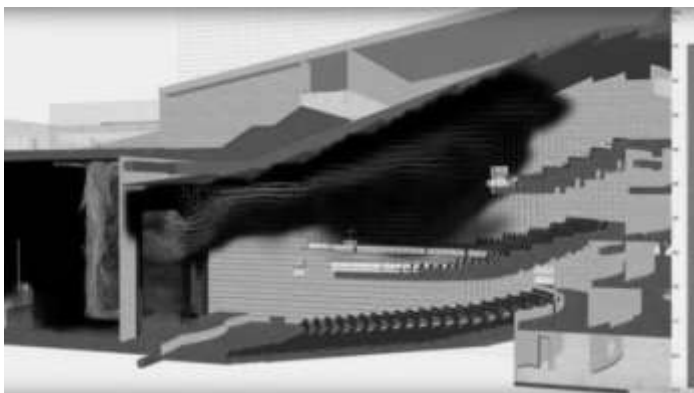


Рисунок 1. Распространение дыма в программе PyroSim.

Программа имеет такие функции как:

- Расчет времени блокирования путей эвакуации;
- Импорт AutoCAD моделей;
- Встроенный запуск параллельных расчетов;
- Визуализация. (рис.1).

В данной программе возможны только расчет ОФП без эвакуации людей.

Pathfinder. Программа для моделирования эвакуации во время чрезвычайных ситуаций с возможностью спасения людей, имеет анимированные модели и модули для просмотра результатов.

Программа имеет следующие возможности:

- Расчет времени эвакуации;
- Моделирование спасения немобильных людей;
- Визуализация плотности людского потока (рис.2);
- Возможность импорта AutoCAD файлов;
- Индивидуальные настройки людей;
- Ограничители потока.

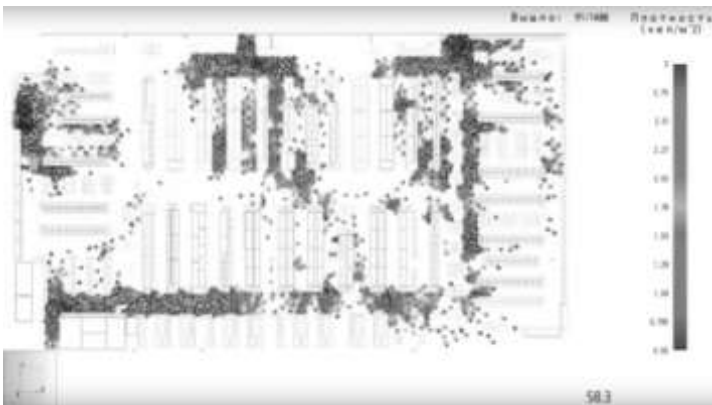


Рисунок 2. Эвакуация людей в программе Pathfinder.

Более подробно мы рассмотрим программу **Сигма ПБ**:

Данная программа была создана в России компанией ООО «3к-эксперт», она имеет импорт Revit файлов, что позволяет отнести программу к области BIM моделирования. Сигма ПБ имеет рекомендательные письма ВНИИПО, МЧС, а значит ей не требуется сертификация и она разрешена для расчетов пожарных рисков и путей эвакуации на этапе проектирования и эксплуатации зданий. Технологии программного комплекса содержат новизну в реализации математического моделирования и эвакуации.

Программа обладает такими функциями:

- Построитель трехмерного каркаса;
- Моделирование и расчет развития пожара;
- Создание различных сценариев эвакуации;
- Определения расчетной величины пожарного риска;
- Расчет людских потоков в любой ситуации;
- 3D визуализация людских потоков, температуры окружающей среды, концентрация угарного и углекислого газа, а так же видимость в дыму на высоте 1.7м от пола (рис.3);

-Выдача статистики по сценарию время эвакуации с этажей и здания, время блокирования путей эвакуации, количество людей подвергшихся воздействию ОФП (превышающие предельно допустимые значения);

- Импорт AD Revit-файлов.

- Учитывать множество факторов расчета (психологический фактор, социально мобильные группы, имеется возможность запретить двери или создать определенный маршрут);

- Снимать показания разных ОФП во всем здании, что позволяет нам получить полную картину пожара;

- автоматизированная процедура формирования отчетов о начальных данных и результатах расчета.

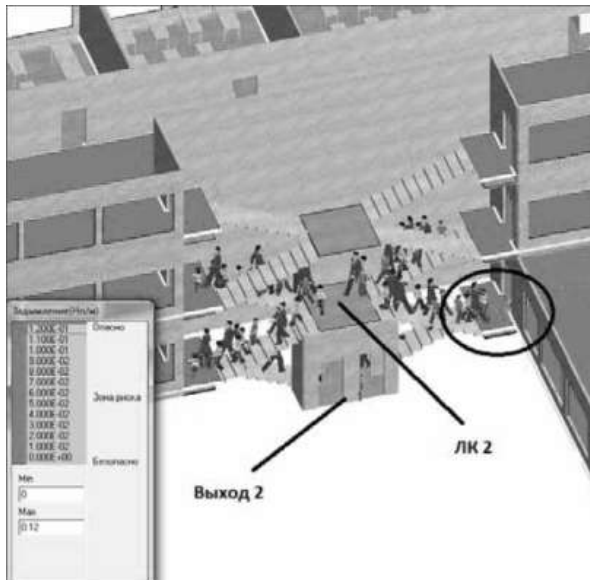


Рисунок 3. Эвакуация людей в программе Сигма ПБ.

В таблице 1 представлены сравнительные характеристики программ рассмотренных выше.

Таблица 1

Программы и их характеристики.

Характеристики		Программный продукт		
		Сигма ПБ	PyroSim+FDS (Ситис- рус.яз.перевод.)	Pathfinder
		ОФП+ Эвакуа- ция	ОФП	Эва куа- ция
Математическая мо- дель эвакуации	Индивидуально по- точная	+	-	+
Математическая мо- дель развития пожара	Полевая	+	+	+
Сложность объекта	Один этаж	+	+	+
	Много этажей	+	+	+
Способ создания кар- каса здания	Импорт AutoCAD- файлов	-	+	+
	Импорт ARevit- файлов	+	-	-
	Собственный гра- фический построи- тель 3D/2D модели объекта	3D	3D	3D
Автоматическое создание контрольных точек		+	-	-
Соответствие действующей «методики»		+	+	+
Визуализация	2D	+	+	+
	3D	+	+	+
Локализация РФ		+	+	+

Плюсами BIM моделирования являются: сокращение сроков проектирования объекта, снижение затрат при реализации проекта, согласо-

ванность всех процессов проектирования, сокращение количества ошибок, выход на новые рынки.

Напомним, что Сигма ПБ имеет импорт Revit файлов, что позволяет отнести программу к области BIM моделирования, значит, все перечисленные выше преимущества относятся и к использованию данной программы.

Очень важным в процессе проектирования является удобство программ по расчету движения людских потоков и пожарного риска.

Расчет путей эвакуации – очень важный процесс проектирования и выполнять такой расчет лучше с помощью BIM моделирования, так как позволит уменьшить вероятность ошибки в расчетах, сэкономит время и деньги при построении модели здания.

БЛИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

2. *Предтеченский В.М., Милинский А.И.* Проектирование зданий с учетом организации движения людских потоков. М.: Стройиздат, 1979. 375 с.
3. ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования
4. Информационное моделирование объектов промышленного и гражданского строительства Autodesk.
5. Руководство пользователя «Сигма ПБ» 2017г.
6. URL: <https://pyrosim.ru/>
7. URL: <http://3ksigma.ru>

*Студентка 4 курса 9 группы ИЭУИС Морозова А.П.,
Студентка 4 курса 9 группы ИЭУИС Фабричных М.Ю.
Научный руководитель – старший преподаватель Медяник М.В.*

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭВАКУАЦИИ ЛЮДЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММЫ PATHFINDER

Людские потоки – пути массового одновременного передвижения людей, которые возникают в том числе и во время эвакуации. Нужно предусмотреть их перемещение по кратчайшим, удобным и безопасным путям.

Для обеспечения безопасности всех групп людей в критической ситуации необходимо ограничение времени движения к выходам или безопасным участкам. К критическим ситуациям, которые возникают с

определенной периодичностью в объектах недвижимости, относят: пожары, землетрясения, аварии технологического оборудования. Все коридоры и проходы в помещениях во время аварийной ситуации становятся путями эвакуации людей.

Именно от путей движения людей зависят характер и время эвакуации. Пути эвакуации должны быть достаточной ширины и иметь нескользкую и ровную поверхность пола, простое очертание, необходимое для хорошей видимости в случае задымления, то есть они должны быть удобны для эвакуации без задержек и несчастных случаев.

В случаях, когда эвакуационные пути не соответствуют этим требованиям, во время эвакуации возникают проблемы разного характера, такие как: давка, задержки в движении, повышается нервное возбуждение людей, которое перерастает в панику и может привести к трагическим последствиям.

Можно привести множество примеров, когда люди погибали не напрямую из-за пожара, а из-за невозможности покинуть здание или сооружение вовремя. Например, 1964 г. в городе Перу на стадионе из-за пожара погибло 350 человек, а в 1971 году в Англии во время футбольного матча погибло 66 и пострадало около 200 человек. Причиной таких крупных катастроф стало нарушение нормального хода процесса движения людей, так как, например, в Англии, в проходе на трибуне образовался плотный людской поток, под напором которого ограждение рухнуло, и люди начали падать под ноги идущему вниз потоку людей.

Из этих примеров следует, что правильная и четкая организация движения людских потоков имеет очень большое значение в качестве одного из мероприятий по обеспечению безопасности.

Pathfinder—это новая, современная программа, которая реализует индивидуально-поточную модель движения людей при эвакуации. В ней содержится графический интерфейс для установки входных данных и запуска расчетов и различные виды инструментов для визуализации полученных результатов.

В Pathfinder можно импортировать файлы изображений и файлы геометрии для упрощения рисования или для автоматического извлечения помещений. Загружать можно различные форматы файлов рисунков, а также DXF, DWG, FDS и PyroSim.

Для возможности движения агентов в программе создается треугольная трехмерная сетка, как вручную, так и автоматически на основе данных из других программ. Агенты не могут двигаться там, где нет навигационной сетки.

Агент – это любой человек, представленный в программе с определенными характеристиками (возраст, пол, скорость движения к выходам) и определенной моделью поведения (передвижение к лифтам, эвакуационным выходам). С помощью заданных параметров каждый человек просчитывает окружающую обстановку и делает выбор в пользу наиболее удобного для него пути до выхода. К примеру, агенту можно задать направление открытия дверей, пренебрегать длиной очереди к лифтам.



Рис. 1. Пример окна 3D-моделей

Программа предоставляет возможность создания различных профилей людей. Характеристики могут быть заданы различными видами распределений, например, нормальным или логонормальным. К примеру, создаются профили, имитирующие женщин и мужчин, впоследствии распределяющиеся между агентами в пропорции 40 и 60%. Подобным образом можно создать и назначить множество всевозможных поведений. Агенты могут двигаться к различным выходам, посещать путевые точки и ожидать определенное время.

Поведения в Pathfinder представляют собой порядок действий, которые выполняют агенты по время моделирования. Для каждого поведения есть обязательное действие – двигаться к выходу. Это действие всегда выполняется последним. Существует возможность добавления дру-

гих дополнительных действий, которые указывают агенту ожидать заданное время или двигаться к точке назначения, которая не является выходом (например, помещение или путевая точка).

По стандартным настройкам в модели указано поведение «Идти к любому выходу». Такая установка заставляет человека перемещаться из заданного текущей местоположения к любому ближайшему выходу. Также агентам можно указывать места и выходы и время ожидания у данных выходов, другими словами, назначать различные цели. К примеру, люди, находящиеся на нижних этажах воспользуются лестницей, когда как находящиеся на достаточно высоких этажах люди выберут передвижение на лифте.

Pathfinder создает условия для использования лифтов при моделировании эвакуации. Для каждого лифта указывается перечень этажей, на которых агенты будут заходить в лифт и высаживаться из лифта. У агентов существует возможность прийти к ближайшему лифту или этажу посадки и ожидать эвакуации на лифте. У работников из службы спасения существует возможность управления лифтами для попадания на необходимые этажи. Лифт вызывается при появлении большого количества агентов около его двери. Предусмотрена возможность группировки лифтов для их одновременного вызова.

В программе предусмотрена возможность создания натуральных образов людей в помещениях. Можно выбрать стиль одежды, национальность агента, задать ему возраст. Возможно моделирование работников службы спасения. Используя динамический уровень детализации при представлении моделей, Pathfinder оживляет передвижение большого количества людей в текущем времени на классической видекарте.

Для эвакуации немобильных или маломобильных групп людей в программе в первичных данных указываются «клиенты» (агенты, которым необходима помощь для передвижения) и «помощники» (агенты, перемещающие клиентов). Так решается проблема, кто и кому будет помогать при эвакуации в случае пожара или другой чрезвычайной ситуации.

При этом возможны различные варианты проведения эвакуации: помощники могут помочь клиенту только на определенной части пути, на которой возникают трудности (к примеру, спустить человека на кресле-коляске по лестнице) или передать агента второй команде помощников, если так будет практичнее (к примеру, первая команда перемещает немобильного агента к лифту, а вторая встречает уже внизу у лифта), так же возможно полное сопровождение клиента на всем пути эвакуации из здания.

Такая функция программы, как просмотр 3D-результатов очень реалистично демонстрирует процесс спасения людей.

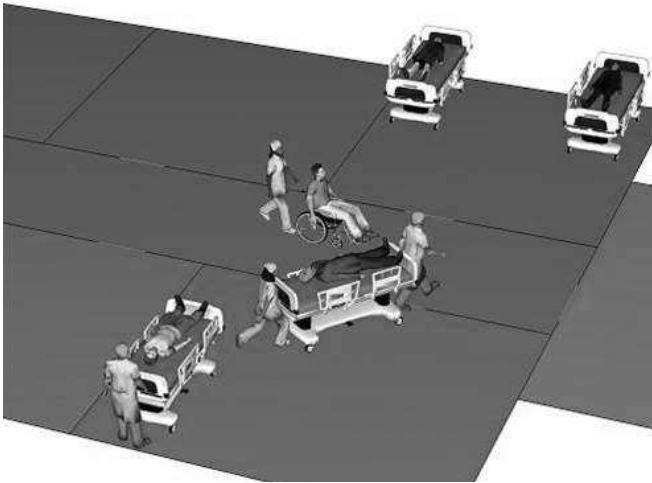


Рис. 2. Моделирование спасения маломобильных людей

Помимо этого, в программе с помощью обычных инструментов можно создавать видеоролики, основанные на результатах моделирования.

Отобразить результаты моделирования эвакуации можно и до, и после окончания расчета. Трехмерное изображение дает возможность пользователю следить за передвижением агентов, перематывать запись в разные стороны, просматривать пути движения и отбирать людей для мониторинга. Данные о наименьшем и наибольшем времени движения к выходу, а также об агентах, которые первым и последним прошли сквозь двери выхода, отражаются в обобщенном файле. Вся подробные результаты отражены в файлах CSV, в т. ч. о передвижении определенных лиц.

Программа FireRisk загружает информацию из Pathfinder и предоставляет необходимые данные для вычисления риска, такие как продолжительность эвакуации, время, когда началась эвакуация и продолжительность существования скоплений[2].

Чтобы просматривать результаты, нужно импортировать в программу расчетные данные в Pyosim по плоскостям – плотность дыма, температуру, дальность видимости и другие факторы, при этом плоскости можно регулировать по своему усмотрению, можно менять шкалу значений и параметры цветового диапазона. После загрузки необходимых

параметров и данных демонстрируется, успеют ли люди совершить эвакуацию до блокады эвакуационных путей опасными факторами пожара.

Благодаря хорошей анимации возможен просмотр результатов эвакуации в настоящем времени. Поля разнообразных параметров движения, так называемые «контуры», используются для того, чтобы понятнее отобразить результаты моделирования.



Рис. 3. Контуры плотности людского потока

Настраивая контуры, можно следить за такими параметрами, как плотность, скорость агентов и загруженность путей эвакуации, возможно применение разноплановых параметров, например поиск наименьших, наибольших, средних значений. Используется индивидуальная настройка программы – цветовая шкала, диапазон значений, сглаживание и другие характеристики.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Предтеченский В.М., Милинский А.И. Проектирование зданий с учетом организации движения людских потоков. М.: Стройиздат, 1979. 375 с.
2. FireCat [Электронный ресурс] URL:<https://pyrosim.ru/raschet-vremeni-ehvakuacii-lyudej> (Дата обращения 31.03.2017).

ПОДСЕКЦИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
ДВИЖЕНИЯ ЛЮДСКИХ ПОТОКОВ В ЗДАНИЯХ, СООРУЖЕНИЯХ
И ИХ КОМПЛЕКСАХ

*Студентка 2 курса 35 группы института ИСА Агрелова Е.А.
Студент 2 курса 35 группы института ИСА Бакуленко А.С.
Научный руководитель – старший преподаватель М.А. Жеребина*

ИССЛЕДОВАНИЕ ЛЮДСКИХ ПОТОКОВ НА ТПУ СО СТАНЦИИ
«ПАРТИЗАНСКАЯ» НА СТАНЦИЮ «ИЗМАЙЛОВО» (МЦК)

Обеспечение правильной организации людских потоков в крупных городах мира - одна из важнейших задач 21 века. В мегаполисах население с каждым годом растёт, к примеру, в Москве за 2016 год население увеличилось на 128 728 человек. Для свободного перемещения людей по городу требуется грамотная организация людских потоков на улице, в общественных местах и на транспорте. Для разгрузки транспорта в центре столицы было принято решение реконструировать московскую кольцевую железную дорогу (МКЖД), используемую ранее только для грузовых перевозок, и организовать на двух главных путях движение пассажирских поездов. А также присоединить будущее московское центральное кольцо (МЦК) к московскому метрополитену.

Запуск московского центрального кольца состоялся 10 сентября 2016 года, что существенно увеличило пропускную способность общественного транспорта столицы. Именно поэтому мы решили рассмотреть организацию людских потоков на одном из транспортно-пересадочных узлов МЦК, со станции метро «Партизанская» на станцию «Измайлово». МЦК помогает сократить время в пути многим жителям нашего города. К примеру, открытие станции «Измайлово» позволило нам добираться до университета не за полтора часа, как это было раньше, а всего за пятьдесят пять минут.

Планируемый пассажиропоток на станции Измайлово (МЦК) в час пик составлял 5 500 человек. Но помимо станций МЦК и метрополитена здесь находится автостанция, на которую приходят пригородные автобусы с таких городов как Ногинск, Орехово-Зуево и Электрогорск. А также торговый центр (ТЦ), расположенный непосредственно в центре узла, и большой гостиничный комплекс. Следовательно, к пассажиропотоку на станции можно прибавить поток людей с автостанции, торгового центра и постояльцев гостиницы.

По первоначальным проектам была задумана полная перепланировка местности вокруг вестибюля станции метро, но не все идеи проектировщиков воплотили в жизнь.

Изначально планировалось построить крытый надземный переход между станциями, включить ТЦ в пространство пешеходного моста, а автостанцию расположить под переходом (рис. 1.). Тем самым людские потоки не пересекались бы.

Позже произошло упрощение проекта. Пешеходный мост со стороны станции метро укоротили. Перепланировке также подверглась и прилегающая территория: была задумана организация пешеходных дорожек от входа в вестибюль метрополитена до начала наземного перехода, а автобусную станцию хотели перенести в сторону, чтобы она не мешала подходу людей к пешеходному мосту (рис. 2.).



Рис. 1. Первый вариант проекта



Рис. 2. Второй вариант проекта

В итоге, было решено не соединять «укороченный» вариант перехода непосредственно с платформой МЦК, а сделать отдельный вестибюль с подходом к станции через улицу. От реконструкции автостанции и прилегающей территории, на данный момент, отказались.

Следовательно, людские потоки смешиваются, тем самым мешают друг другу, и увеличивают время пересадки пассажиров (рис. 3.).

Стоит обратить внимание на систему знаков и указателей (рис. 4.). Несмотря на их наличие, расположены они неудобно, что создает трудности для пассажиров в поиске станций. Часто можно наблюдать людей, которые не могут найти станцию и спрашивают, как пройти у прохожих.



Рис. 3. Конечный проект

При выходе из метро человек расположен спиной к пешеходному мосту. Дальнейшее движение затрудняет торговый центр(за ним не виден сам переход, а также его нужно огибать) и автостанция, частично отгороженная газоном с забором.



Рис. 4. Указатели направления движения

Так нам предлагают двигаться на сегодняшний день. 2 варианта: в первом случае длина пути составляет примерно 476м, а во втором 500м (рис. 5.). Хотим отметить, что в первоначальном варианте приблизительная длина пути составила бы 400м.



Рис. 5. Предложенные варианты пути.

Нами был проведен эксперимент. Методом натурального наблюдения с вливанием наблюдателя в поток. Для серии экспериментов было решено провести измерения времени, необходимого для перехода между станциями. Время измерялось для двух предложенных вариантов пути. Было решено не разделять его в таблице, время по каждому из двух путей примерно одинаково.

Замеры, представленные в таблице, подразделяются на 2 группы, 19:00- вечернее время и 15:00-дневное время.

Таблица 1

Время пересадки.

Время проведения замера	Среднее кол-во людей потока в одном направлении	Полное время пересадки, мин	Время в наземном переходе, мин
19:00	15-50	7:50	3:57
		8:00	4:19
15:00	0-13	7:02	2:50
		7:18	3:09

Хотим отметить, что вечером люди возвращаются с работы, следовательно, пассажиропоток на транспортном узле возрастает: на автостанцию прибывает больше автобусов, сокращается интервал между поездами метро и МЦК. Максимальное количество человек в потоке может достигать величины примерно в 5 раз больше, чем при наших замерах (примерно 250 человек).



Рис. 6.

Рассмотрим надземную часть перехода. В ней также есть объекты, на которые стоит обратить внимание. 4 двери из 12, расположенных в верхней части перехода, заблокированы перилами (рис. 6.). Это существенно увеличивает поток людей, проходящих через оставшиеся дверные проёмы.

Также ширина эскалаторов на переходе составляет 95 см (они уже в сравнение с эскалаторами метрополитена 1.1 м). Из-за этого неудобно проходить или стоять вторым рядом (рис. 7.).

По ГОСТу 33652-2015 «Лифты пассажирские. Технические требования доступности, включая доступность для инвалидов и других маломобильных групп населения» должен быть лифт для обеспечения возможности передвижения людей, относящихся к таким группам. Новая станция и надземный переход соответствуют этим требованиям. Есть и кнопки вызова помощи, и сами лифты достаточно большие (110см*145см). Но если на переходе со станции метро на МЦК они имеются, то на станции «Партизанская» лифты отсутствуют, что делает невозможным пользование данной станцией метрополитена для маломобильных групп населения.



Рис. 7.

В заключение хотим отметить, что как мы и говорили ранее, первоначальный проект был наиболее продуманным с точки зрения организации людских потоков, они бы не пересекались и не мешали движению друг друга. Люди тратили бы меньше времени на пересадку.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

3. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Население_Москвы
4. URL: <http://www.mosmetro.ru/mcc/>
5. URL: <https://stroj.mos.ru/gallery/577>
6. URL: <http://forum.nashtransport.ru/index.php?showtopic=37957>
7. URL: <http://www.m24.ru/articles/115853>

АНАЛИЗ ДВИЖЕНИЯ ЛЮДСКИХ ПОТОКОВ В ШКОЛАХ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ОБЪЕМНО-ПЛАНИРОВОЧНОЕ РЕШЕНИЕ ЗОН РЕКРЕАЦИИ

Формирование объемно-планировочного решения любого здания и/или сооружения, а так же всех коммуникаций (коридоры, лифты, лестничные проходы) и прилегающим к ним территориям, зависят в первую очередь от людских потоков, распределенных на ней.

Людской поток – это функциональный процесс перемещения людей в здании и/или сооружения по кратчайшим и наиболее безопасным путям до точки их тяготения.

В свою очередь, пути движения людских потоков обязаны обеспечить комфортность передвижения как в процессе труда и отдыха, так и в процессе эвакуации при аварийных ситуациях.

Объектом нашего исследования являются школьные людские потоки во время отдыха, то есть во время перемен, продленки, каникул в зоны рекреации (зоны отдыха).

Процесс обучения, как и любой другой процесс последователен и динамичен. Он имеет четкое направление передвижений от начала и конца. Непрерывность этого движения – основной его качественный критерий, так как времени на переменах (основное время передвижений) дается не так много, следовательно, надо обеспечить быстрое прохождение нужного участка для более эффективного времяпрепровождения перемены (успеть дойти до другого класса, сходить в уборную или буфет и другое). Но в то же время он разделен на отдельные составляющие, что дает возможность составления графика движения людей. Это разделение учебного процесса на отдельные части, мы можем характеризовать, как статическую систему, в которой все части процесса взаимосвязаны между собой (пример: рисунок 1)



Рисунок 1. Схема процесса обучения школьников за смену

Что же является графиком движения в школе? Это путь, который преодолевает ученик за время его нахождения в стенах школы, то есть путь, проходимый от его входа в школу до выхода из нее (пример: рисунок 2).

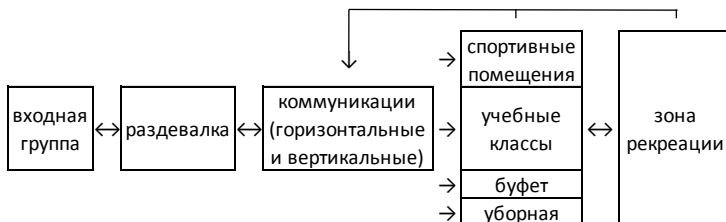


Рисунок 2. График движения школьников за смену

Схема расположения помещений внутри школы – есть отдельные ступени прохождения обучения учеником за смену. То есть размещение функциональных зон в школе диктуется графиком движения учеников, а их взаимоувязка – с целью экономии времени и сил на прохождении пути от начала до конца.

Разработка графика движения и расположения всех функциональных зон с особой тщательностью, могут дать натуральную картину учебного процесса.

Ступени разработки объемно-планировочного решения школы:

1. Схема объемно-планировочного решения (согласно предложенным нормативам СНИП);
2. Построение графика движения людских потоков;
3. Уточнение нормативных планировочных параметров исходя из полученных результатов;
4. Создание архитектурной «оболочки» здания школы, то есть включение учебного процесса с объемную величину (стены, перекрытия и другое).

Так как учебный процесс имеет не одно направление движения, а разные (то есть, разную последовательность движений) и так же, имеют ряд типичных бытовых движений, то можно сказать что, как и другие процессы, учебный процесс – бытовой. Таким образом, можно сказать, что чем детальнее разработан процесс передвижений в школьном пространстве, тем правильнее получается его архитектурное и объемно-планировочное решение. То есть, для каждой школы должен быть разработан индивидуальный проект, в котором будут увязаны графики движения с функциональным зонированием помещений, исходя из направленности школы и ее технической оснащенности.

Разрабатывая планировочное решение современной рекреации в школе, в первую очередь, необходимо было изучить передвижение людских потоков учеников, с помощью натурального исследования.

Первое исследование проводилось в школах Подмосквья. Чтобы понять какой график движения у школьников надо было найти школы, которые будут отличаться своим составом помещений (то есть, похожая численность, но разные планировки, в частности наличие и отсутствие зон рекреаций). Объектами исследований стали 3 школы: школа с зальной зоной рекреации, с коридорной зоной отдыха со световыми карманами и школа с развитой системой зон рекреации.

Оно проводились в течение учебного дня, во время разных по длительности перемен:

- кратковременные – перемены во время уроков;
- длительные – длинная обеденная перемена, перерыв, время до и после уроков.

Месячное исследование дало такие усредненные результаты:

Во время длительного отдыха: 84,3% учащихся идут в зону рекреации, остальные 15,7% располагаются в буфете.

Во время кратковременных же перемен, распределение идет таким образом: 29,7% идут в буфет; 15,4% идут в уборную; 54,9% идут в зону рекреации.

Соответственно, самый большой поток людей направляется во время любых перемен, в зоны отдыха, а именно: в рекреацию коридорного типа (коридор) и зального типа (световые карманы, компьютерные классы, спортивные залы и так далее).

Второе исследование, в виду отсутствия в Подмосквье школ с более-менее правильными зонами рекреации, проводилось в частных школах Англии (Sheffield), в которых зоны рекреации развиты намного лучше (есть отдельные приспособленные помещения для разных типов отдыха, форумы, компьютерные классы, хобби-помещения и другое).

Результаты были такими.

Во время длительного отдыха: 92,4% учащихся идут в зону рекреации, остальные 7,6% располагаются в буфете.

Во время кратковременных же перемен, распределение идет таким образом: 10,2% идут в буфет; 5,3% идут в уборную; 84,5% идут в зону рекреации.

В результате месячных исследований были выявлены следующие параметры:

- функциональные:
 - график движения людских потоков учеников во время перерывов;
 - оптимальная схема расположения помещений в школе, а в частности рекреации, как относительно всей школы, так и относительно других зон рекреации.

- **объемно-планировочные:**

- увлечения ширины коридоров (если они используются как рекреация). Зоны отдыха коридорного типа имеют минимальную ширину 2,8 м – соответственно надо увеличить этот параметр, как минимум на 1 м, для того чтобы уместить в эту зону скамейки, мешая постоянному потоку учеников;

- функциональное зонирование зон рекреации и их расположение относительно друг друга и учебной зоны: размещение лестниц - форумов (на которых можно будет и посидеть и полежать), активных и пассивных зон рекреации (игровых комнат, интерактивных залов, помещений для настольного тенниса), буферных зон (которые помогут шумоизолировать наиболее громкие виды отдыха от тихих) и так далее.

Для того чтобы, процесс передвижений во время кратковременных перемен был удобным и качественным, надо составить схему «оборудования» школы именно для этого времени. Схема оборудования для данного отрезка времени и пространства заключается в преодолении преград, таких как стен, коридоров, парт, стульев и потоков людей. Для того, что обеспечить комфортное движение в разные точки тяготения желательно разделить потоки, то есть функционально разнести их на разные стороны школы.

Потоки в младших школах и старших различаются своими бытовыми движениями, то есть дети бегут хаотично, их движения занимают больше места, чем более спокойный поток старшеклассников. Это еще один индивидуальный параметр, влияющий на ширину коридоров в разных школах или разных частях одной школы.

Самой загруженной частью школы во время перемен являются рекреации коридорного типа, на втором месте, рекреации кратковременно-го отдыха (форумы, световые карманы, игровые помещения, такие как комната с настольным теннисом и другие), которые располагаются вблизи учебных помещений, а потом уже зоны полноценного отдыха (комнаты с гамаками или диванами, интерактивные залы и компьютерные классы) (пример: рисунок 3).



Рисунок 3. Функциональная схема расположения помещений в школе, в зависимости от загруженности

Чем ближе друг к другу будет график движения и схема оборудования школы, тем удобнее и комфортнее будет перемещаться школьникам во время перемен и тем качественнее будет создаваться архитектурное решение школы. Соответственно, для того, чтобы пространство школы было удобным и комфортным во время обучения, надо создать наиболее четкие схемы оборудования и графики движения внутри школьного пространства.

Проанализировав существующие планировки школ, можно выделить 3 основных типа загрузки помещений во время перемен, то есть зон рекреации:

- Сильная загруженность наблюдается у школ с коридорной и зальной зоной рекреации, где нет специальных помещений для отдыха (рисунок 4а);
- Средняя загруженность была у школ с замкнутыми коридорами и у школ с учебными ячейками (рисунок 4б);
- Хорошие результаты дали планировки с зонами рекреации напротив учебных классов, вписанные между ними и по бокам и когда зона отдыха находится в центре учебного блока (рисунок 4в).

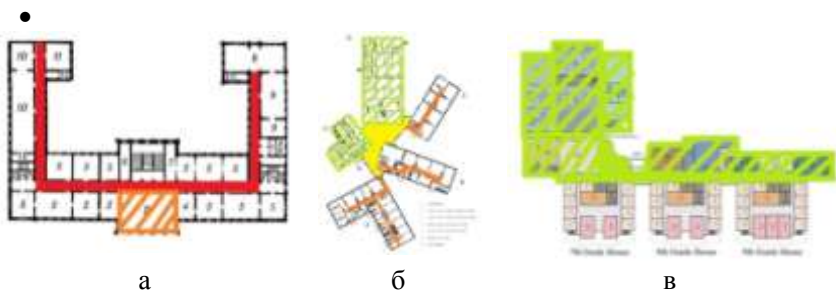


Рисунок 4: Примеры планировок школ с разной степенью загрузки зон рекреации (красный – сильная загруженность, оранжевый – средняя, желтый – нормальная, зеленый – свободно): а – сильная загруженность зон рекреации, б – средняя, в - свободно

Исходя из всего вышесказанного, можно утверждать, что объемно-планировочное решение школы и его функциональное зонирование (в частности расположение зон рекреаций) напрямую зависит от людских потоков, протекающих в ней.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Нормали планировочных элементов общественных зданий [http://snipov.net/database/c_4293866557.html?page=2]

2. *Володина С.Д.* Современная школа. Рекреация 2015г.
3. *М. Я. Гинзбург.* Целевая установка в современной архитектуре // Современная архитектура. 1927. № 1. — С. 4—10. [<http://tehne.com/event/arhivsyachina/arhiv-celevaya-ustanovka-v-sovremennoy-arhitekture-1927#ginzburg>]

*Студент 2 курса 13 группы ИСА Горбачевский В.П.,
Студентка 2 курса 13 группы ИСА Грезева А.С.,
Студент 2 курса 13 группы ИСА Казанцев Г.С.,
Студент 2 курса 13 группы ИСА Каленик А.И.,
Студентка 2 курса 13 группы ИСА Кочергина О.Д.,
Студентка 2 курса 14 группы ИСА Кругликова И.В.,
Студентка 2 курса 13 группы ИСА Попова А.Д.
Научный руководитель – старший преподаватель А.С. Дмитриев*

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ДВИЖЕНИЯ ЛЮДСКИХ ПОТОКОВ В ТРАНСПОРТНО-ПЕРЕСАДОЧНЫХ ПУНКТАХ

В РФ из 146,6 миллионов человек проживают 72% в городах, 23% в поселках и деревнях, 5% в хуторах. С точки зрения статического учета в настоящее время на территории России насчитывается 15 городов-миллионеров. Жизнь такого большого современного города как Москва невозможно представить без массового пассажирского транспорта. В местах пересечений транспортных коммуникаций возникают транспортные узлы, в которых осуществляется пересадка с одного вида транспорта на другой. Одним из видов современного, надежного и быстрого транспорта является метро. Однако вагоны этого средства передвижения часто перегружены. Попытка уменьшить заполнение поездов увеличением частоты их движения привела к перегрузкам линий, к частым сбоям в графике движения. Москва столкнулась с тем, что существующей дорожно-транспортной инфраструктуры для дальнейшего развития города было недостаточно. Возникла необходимость возобновления проекта МЦК.

Цель работы: Определение параметров движения людских потоков в пересадочной зоне транспортно-пересадочных узлов (типа «МЦК - метрополитен», «МЦК - наземный транспорт», «МЦК - станции Ж/Д»). Определение состояния пешеходных коммуникаций для передвижения больших масс людей в пиковый период и их соответствие критерию

удобного и безопасного передвижения пассажиров при наименьших затратах времени и энергии.

Задачи исследования:

- 1) Определить основные центры генерации и тяготения людских потоков
- 2) Определить средние скорости (V) и плотности (D) движения людского потока на пешеходных коммуникациях
- 3) Определить радиусы пешеходной доступности пересадочной зоны и сферы влияния ТПУ
- 4) Выявить временную составляющую в зоне пересадки и распределения людского потока
- 5) Выявить наиболее загруженные и неудобные участки пешеходных коммуникаций

Методы исследования:

- 1) Анализ объемно - планировочных решений путей движения людских потоков в соответствии с размещением объектов генерации и тяготения, объектов транспорта и инфраструктуры
- 2) Мониторинг пересадочного движения путем визуальных наблюдений, путем внедрения наблюдателя в людской поток и фиксации инструментальными средствами параметров людского потока

Результаты исследования позволили разработать функционально-планировочные схемы транспортно-пересадочных узлов с тремя, двумя и одним доминирующим центром генерации и тяготения людских потоков (рис.1).

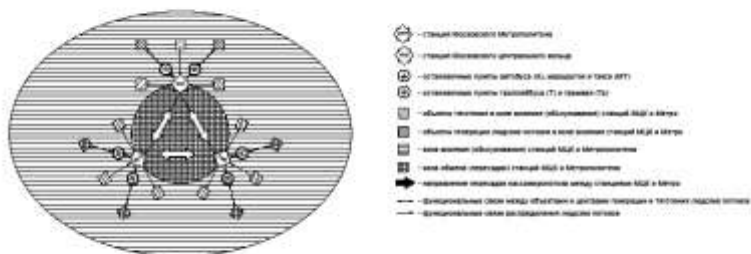


Рис.1. Функционально - планировочная схема ТПУ

В процессе анализа движения людских потоков в транспортно-пересадочных узлах был сформулирован ряд критериев:

- 1) Удобство – комфортность движения с требуемой скоростью (70 м/мин) и плотностью, доступность элементов путей движения, наличие устройств для маломобильных пассажиров.

Согласно СП «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений» дальность пешеходных подходов до ближайшей остановки общественного пассажирского транспорта следует принимать не более 500м, а в МГСН « Нормы и правила проектирования планировки и застройки г.Москвы» в транспортно-пересадочных узлах протяженность пешеходных путей от остановочных пунктов наземного транспорта следует принимать до станций метрополитена не более 100м, до станций Ж/Д не более 150м.

2) Безопасность-отсутствие большого скопления людей, пересечения с транспортом; защита от погодных условий

3) Время передвижения-нормы времени по доступности остановок транспорта, объектов жизнедеятельности; затраты на пересадку и т. д.

Согласно СП «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений» независимо от величины расчетных пассажиропотоков время передвижения на пересадку пассажиров не должно превышать 3 мин без учета времени ожидания транспорта.

4) Минимальные затраты энергии-затраты энергии в кКл на преодоление длины пути, подъема, спуска.

Среднестатистические затраты человека на преодоление участка 100 метров составляют 8,3 кКл, при подъеме по лестнице 6,7 кКл в минуту.

Учеными доказано, что если траектория движения человека до центра тяготения проложена под углом более 30 градусов, то он идет по пути с наименьшими затратами времени и энергии (рис.2).

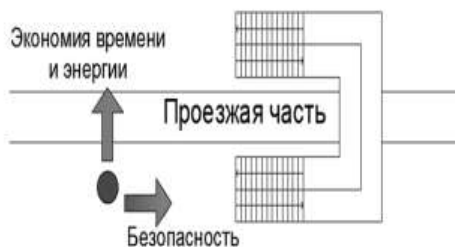


Рис.2. Траектории движения

В процессе исследования были проанализированы 3 типа ТПУ.

Одним из таких узлов является пересадка типа «МЦК - наземный транспорт». Подробно были исследованы станции «Ростокино», «Ботанический сад», «Хорошево».

Путем сравнения полученных данных с вышеуказанными критериями, выявлено, что станции «Хорошево», «Ботанический сад» удовле-

творяют критериям удобного и безопасного передвижения пассажиров при наименьших затратах времени и энергии, а станция «Ростокино» - нет (табл.1).

Таблица 1

Характерные особенности пересадок типа «МЦК - наземный транспорт»

№ п/п	Станция МЦК	Плотность	Время, мин	Скорость, м/мин	Затраты энергии, кКал	Доступность, м
1	Ростокино	0,08>0,07	7>3	77,1	36,75	540>500
2	Ботанический сад	0,01<0,07	2<3	89,2	10,5	179<500
3	Хорошево	0,025<0,07	1<3	83	5,25	83<500

Наиболее значимым для г. Москвы являются пересадочные узлы типа «МЦК - метрополитен». Данный вид пересадки был рассмотрен на примере станций «Кутузовская (МЦК) – Кутузовская» (рис.3) и «Балтийская (МЦК) – Войковская».

Анализируя полученные данные (табл.2), можно сделать вывод о том, что пересадка «Кутузовская (МЦК) – Кутузовская» удовлетворяет критериям удобного и безопасного передвижения, а критерию по времени – нет. Пересадка «Балтийская (МЦК) – Войковская» не соответствует ни одному из критериев движения людских потоков.

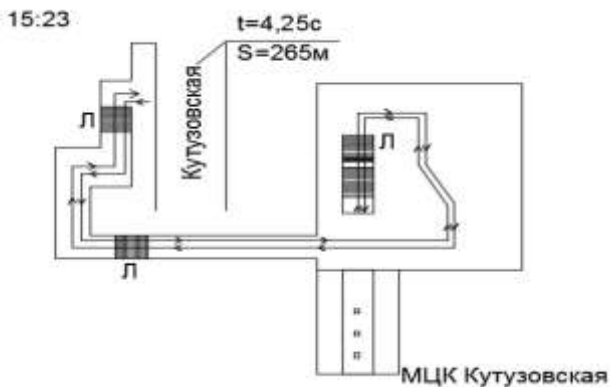


Рис.3. Схема пересадки «Кутузовская (МЦК) – Кутузовская»

Таблица 2

Характерные особенности станций контактных (теплых) и бесконтактных (холодных) пересадок типа «МЦК - метрополитен»

№ п/п	Станция МЦК	Станция метро	Время, мин	Безопасность	Удобство (скорость м/мин)	Доступность (путь, м)	Затраты энергии кКал (для веса 70 кг)
1	Кутузовская	Кутузовская	4,25	+	62,36	265	20,8
2	Балтийская	Войковская	11,83	-	70,99	840	57,9

Следующим рассмотренным транспортно-пересадочным узлом является узел типа «МЦК–железнодорожный транспорт». Данный вид пересадки был рассмотрен на примере станций «Деловой центр (МЦК) – пл. Тестовская» (рис.4) и «Ростокино (МЦК) – пл. Северянин».

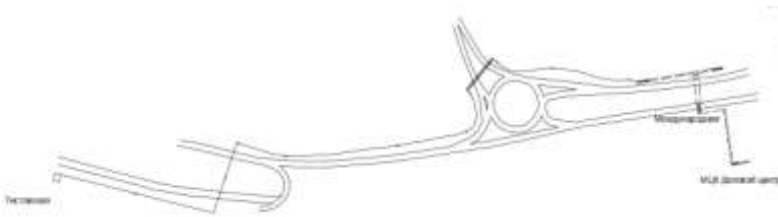


Рис.4.Схема пересадки «Деловой центр (МЦК) – пл. Тестовская»

Таблица 3

Характерные особенности пересадок «МЦК–железнодорожный транспорт»

№ п/п	Станция МЦК	Ж/Д платформа	Удобство (плотность, м ² /м ²)	Время, мин	Удобство (скорость, м/мин)	Доступность (путь, м)	Затраты энергии, кКал (для веса 70 кг)
1	Ростокино	Северянин	0,03	9,31	76,48	712	45,6
2	Деловой центр	Тестовская	0,05	9,08	42,64	950	64,1

После анализа полученных данных были вычислены средние скорости движения и определены плотности движения людского потока (табл.3). Исходя из них видно, что выбранные станции не соответствуют критерию удобства, т.к. расстояние превышает нормы МГСН, и не соответствуют критерию по времени передвижения.

Полученные закономерности процесса движения людских потоков позволяют определить параметры различных видов путей движения, как на отдельных участках, так и по всему пути передвижения. Применение автоматизированных методов расчета позволяет на стадии проектирования получить варианты путей движения пассажиропотоков и выбирать оптимальный маршрут движения. Результаты данной работы могут быть использованы для совершенствования и дальнейшей разработки нормативных положений в отношении путей движения людских потоков в ПТУ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Предтеченский В.М., Милинский А.И.* Проектирование зданий с учетом организации движения людских потоков. М.: Стройиздат, 1979. 375 с.
2. *Буга П. Г., Шелков Ю. Д.* Организация пешеходного движения в городах. М.: Высшая школа, 1980.
3. *Дмитриев А. С., Евстигнеев В. Д.* Проблемы проектирования транспортно-пересадочных узлов с учетом организации движения людских потоков. // Промышленное и гражданское строительство. 2016. №4.

Студентка 4 курса 9 группы ИЭУИС Дятлова К.С.

Студентка 4 курса 9 группы ИЭУИС Гришина Н.А.

Научный руководитель – старший преподаватель Медяник М.В.

ПРОБЛЕМЫ ЭВАКУАЦИИ МАЛОМОБИЛЬНЫХ ГРУПП НАСЕЛЕНИЯ

При возникновении критической ситуации во время пожара, важно иметь возможность обеспечения собственной безопасности для любого человека, в том числе и для маломобильного. Люди с ограниченными возможностями – одни из самых уязвимых групп лиц при чрезвычайных ситуациях.

Согласно СНИП 35-01-2001 к маломобильным группам населения (МГН) относят людей, испытывающих затруднения при самостоятельном передвижении, получении услуги, необходимой информации или при ориентировании в пространстве, т.е. люди с заболеваниями слуха, зрения, нарушением равновесия и т.д. Так же к МГН относят инвалидов, людей с временными нарушениями здоровья, людей старших возрастов, беременных женщин и людей с детскими колясками. Исходя из определения МГН, в современных домах живут достаточно много людей, относящихся к этой группе, в основном это люди старших возрастов и беременные.

В настоящее время известны следующие способы эвакуации людей из зданий, предполагающие использование: устройств спасательных рукавных, канатно-спусковых устройств, навесных спасательных лестниц, спасательных трапов, пневматических спасательных матов, натяжных спасательных полотен и прочее.

Но все ли эти способы подходят для маломобильных групп граждан? Ответ на данный вопрос очевиден – нет. При эвакуации стандартными методами спасения люди с ограниченными возможностями могут получить дополнительные травмы. С учетом этого имеет смысл рассмотреть альтернативные методы эвакуации маломобильных граждан с целью повышения их безопасности. Рассмотрим самые эффективные из них.

Мобильные возможности или качества людей в человеческих потоках во время эвакуации при пожаре в здании или сооружении можно разделить на 4 основных группы:

1. Группа мобильности М1.
 - Люди, не имеющие ограничений по мобильности, в том числе с дефектами слуха.
 - Показатель средней площади горизонтальной проекции людей ($f, м^2$) – 0.1.
2. Группа мобильности М2.
 - Немощные люди, мобильность которых снижена из-за старения организма (инвалиды по старости); инвалиды на протезах; инвалиды с недостатками зрения, пользующиеся белой тростью; люди с психическими отклонениями.
 - Показатель средней площади горизонтальной проекции людей ($f, м^2$) – 0.2.
3. Группа мобильности М3.
 - Инвалиды, использующие при движении дополнительные опоры (костыли, палки).
 - Показатель средней площади горизонтальной проекции людей ($f, м^2$) – 0.3.

4. Группа мобильности М4.

- Инвалиды, передвигающиеся на креслах-колясках, приводимых в движение вручную.
- Показатель средней площади горизонтальной проекции людей ($f, \text{м}^2$) – 0.96.

Нас интересуют группы мобильности М2 и М3 и М4, рассмотрим графики зависимости скорости движения от плотности потока для данной группы.

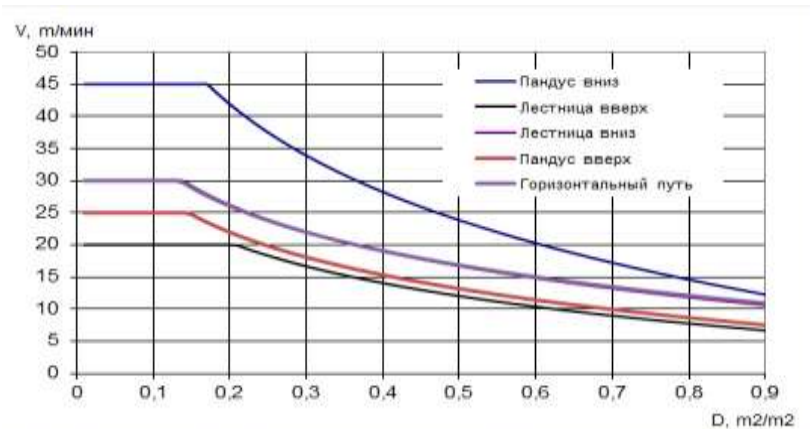


Рис. 1. Зависимость скорости движения от плотности потока для группы мобильности М2

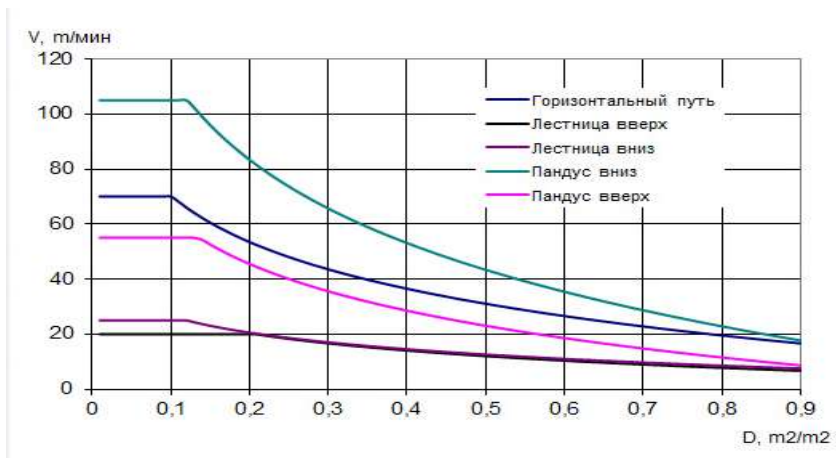


Рис. 2. Зависимость скорости движения от плотности потока для группы мобильности М3

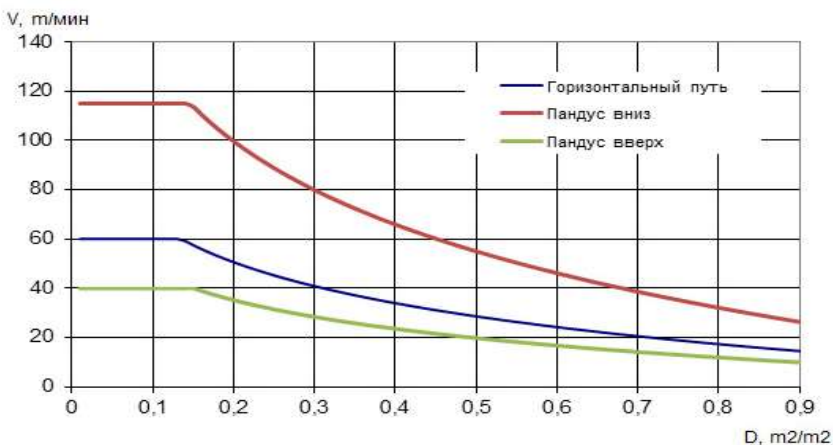


Рис. 3. Зависимость скорости движения от плотности потока для группы мобильности М4

Из графиков, представленных выше, видно, что скорость передвижения данных групп по лестницам и пандусам достаточно мала.

В условиях чрезвычайных ситуаций, зачастую, лифты отключают. Но как быть людям с ограниченными возможностями, особенно из групп мобильности М3 и М4? Или людям преклонного возраста? Беря в счет все эти группы мобильности (от М2 до М4) мы можем отметить, что количество людей с теми или иными ограничениями в зависимости от типов зданий распределяются в разных пропорциях. Например, в зданиях и учреждениях общественного характера, таких как школы, торговые центры, выставочные залы и пр., заполняемость маломобильными гражданами составляет менее 5% от общего количества людей. В поликлиниках и больницах число маломобильных граждан растет, процентное соотношение МГН к общему количеству людей уже доходит до 15%. Но существуют и специализированные учреждения, такие как дома престарелых, концертные залы для инвалидов, где половину людского потока составляют лица с ограниченными возможностями.

Так же существует категория людей, которые не имеют возможности передвигаться самостоятельно. Эта группа указана как немобильная. Эвакуировать их можно на носилках, но не всегда это представляется возможным, так как зачастую не хватает персонала (на одного немобильного человека должно приходиться как минимум 2 человека из

персонала). Даже если персонала достаточно, не всегда физические силы позволяют эвакуировать всех людей.

Для решения проблемы спасения маломобильных групп населения М2, М3 и М4, а так же немобильной группы населения, создан эвакуационный стул.

Эвакуационный стул – приспособление, с помощью которого возможно эвакуировать маломобильные и немобильные группы населения по горизонтальному пути, а так же по лестнице. Данное устройство при испытаниях показало, что оно удобно для использования при эвакуации, не зависимо от комплекции эвакуируемого человека и его помощника.

Конструкция стула имеет особенность, которая заключается в том, что вес находящегося на нем представителя МГН распределяется не на отдельные элементы стула, а на всю его площадь соприкосновения с полом. Специальное устройство в виде натяжного ремня установлено на роликах позволяет легко и безопасно спустить человека вниз по лестнице, а движение стула по горизонтальной поверхности обеспечивает складная подножка с маленькими колесами, которую можно разложить одним движением ноги.

Испытания показали, что люди, впервые пользующиеся стулом, смогли провести эвакуацию по лестнице вниз со скоростью свыше 40 м/мин (и такой способ эвакуации показал себя самым эффективным, по сравнению, например, с выносом на носилках). Эвакуационный стул можно складывать, при этом он приобретает маленькие размеры. Поэтому его можно поставить или закрепить практически в любом удобном месте.

Использование эвакуационных стульев во всем мире уже давно признано необходимым и целесообразным. В нашей стране только недавно были завершены разработка и испытания эвакуационного стула.

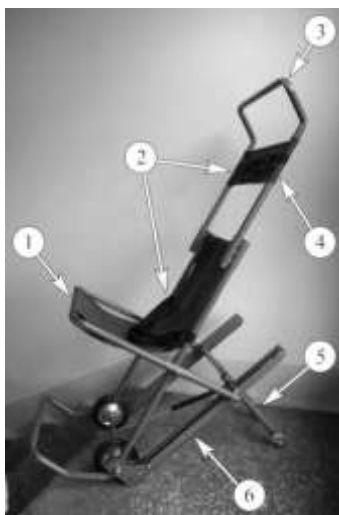


Рис. 4. Эвакуационный стул:
1 – сиденье; 2 – ремни безопасности;
3 – верхняя рама; 4 – подголовник;
5 – задняя опорная стойка; 6 – полозья

В заключении хотелось бы отметить, что современном мире большую роль играет безопасность людей разных категорий мобильности, начиная от людей без ограничений и заканчивая инвалидами на колясках. Ведутся исследования, ставятся эксперименты, но, к сожалению, технологии остаются только на стадиях разработки. В чем причина этого? Причиной является то недостаточность нормативной базы, которая бы ввела обязательные требования к повышению безопасности. Пока не будут введены изменения в нормативные документы, застройщики не будут тратить дополнительные средства на дополнительные элементы. Поэтому такое простое не только в использовании, но и в разработке, а так же экономичное средство эвакуации маломобильных граждан, как эвакуационный стул, должен быть в каждом доме, ведь это поможет избежать человеческих жертв.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Холщевников В.В., Самошин Д.А.* Натурные наблюдения людских потоков: Учеб.пособие для вузов. // М.: Академия ГПС МЧС России, 2009. — 191 с.
2. Fireevacuation [Электронный ресурс] URL: <http://www.fireevacuation.ru/evac-chair.php> (Дата обращения 31.03.2017).

*Студентка 2 курса 35 группы ИСА Егорова Н.В.,
Студент 2 курса 35 группы ИСА Румянцев С.И.
Научный руководитель - старший преподаватель М.А. Жеребина*

ИССЛЕДОВАНИЕ ЛЮДСКИХ ПОТОКОВ ПРИ ЭВАКУАЦИИ ИЗ АДМИНИСТРАТИВНОГО ЗДАНИЯ НИУ МГСУ

Профессор Беляев С.В. был первым, кто задался вопросом «людских потоков». Он выявил взаимосвязь плотности и скорости людского потока. Беляев С.В. предложил схему «элементарных потоков» - один ряд людей, выходящих в последовательном порядке [1,3].

Также он предложил постоянные минимальные скорости движения по различным путям эвакуации. Эти зависимости и модели были представлены в издании 1938г. «Эвакуация зданий массового назначения».

Профессор Предтеченский В.М. руководил многими исследованиями движения людей в разных зданиях и сооружениях. Для каждого исследования были выявлены взаимосвязи между плотностью и скоростью потока. Эти данные, а также данные, полученные другими авто-

рами, показывают, что при росте плотности потока идет уменьшение скорости потока [2].

Людским потоком называются люди, которые идут в одном направлении. Характеристики потока: D - плотность потока; V - скорость движения; q - интенсивностью движения; Q - пропускная способность участка пути.

Величина, связывающая плотность потока, скорость движения и ширину пути, называется пропускной способностью. Это количество людей, проходящих через путь, за единицу времени:

$$Q = D \cdot V \cdot \delta \text{ м}^2/\text{мин}$$

Интенсивностью движения называется произведение скорости движения потока и его плотности [2].

$$q = D \cdot V \text{ м}/\text{мин}$$

Как правило, люди, идущие в потоке распределяются по длине и ширине случайно и неравномерно. В первой и последней частях, не так много людей, которые двигаются быстрее или медленнее, чем основная масса людей в потоке. Дистанция меж людьми во время движения постоянно меняется, вследствие чего возникают некоторые уплотнения, которые периодически исчезают и появляются снова. Данные значения переменны во времени.

Целью работы является получить данные о времени движения людей по коридорам и по лестницам с разной скоростью.

Было поставлено ряд задач: проверить доступность эвакуационных путей и выходов; наличие пожарных лифтов; определить время эвакуации людей, находящихся в административном здании НИУ МГСУ (рис. 1.).

Продолжительность эвакуации людей из помещений и зданий ведется по расчету времени движения одного или нескольких потоков людей через эвакуационные выходы от более удаленных мест нахождения людей (ГОСТ 12.1.004-91*). Самыми первыми участками являются дальние комнаты этажа.

Административный корпус НИУ МГСУ относится к зданиям с массовым пребыванием людей, а также к высотным зданиям, так как его высота составляет около 90м. Изучение людских потоков в



Рис. 1.

данных сооружениях нам необходимо для того, чтобы обеспечения наиболее быструю и беспрепятственную эвакуацию людей из здания.

На данный момент, администрация МГСУ оборудована 2 незадымляемыми лестничными клетками для обеспечения движения людей между этажами. Обратим внимание на то, что из 2 имеющихся лестничных клеток, в режиме свободного посещения работает только одна. Вторая опечатана и предназначена только для эвакуации. Также здание оборудовано одним пожарным лифтом для перевозки пожарных подразделений и 4-мя стационарными лифтами (рис. 2.), которые в случае пожара опускаются на нижний этаж и эвакуация с их помощью невозможна.



Рис. 2.

В повседневном режиме основная масса людей передвигается при помощи стационарных лифтов, не используя лестниц. Таким образом, в данной работе мы рассматриваем вариант использования лестниц только при эвакуации. Каждый этаж в среднем насчитывает около 25 человек.

После осмотра эвакуационных путей, мы можем описать несколько особенностей конструкции, которые увеличивают время эвакуации и усложняют поведение потока на лестничных клетках. К ним мы относим: 1) Сужение дверного проёма эвакуационного выхода. Происходит это за счет установленных двустворчатых дверей, за которыми следует одинарная дверь (рис. 3. а). 2) Так как здание имеет высоту более 20 м., то система пожарной безопасности для лестничных клеток требует её незадымляемости, естественного освещения и уровневых разделений через несколько этажей. В нашем случае с установкой противопожарных дверей на 8-ом и 16-ом этажах (рис. 3. б). 3) Не надо забывать и о возможности выхода через основной вход в административное здание, но данный способ эвакуации очень неудобен, так как открытие дверей происходит не по требованиям пожарной безопасности (рис.3. в). Также имеется возможность эвакуировать людей через корпус младших кур-

сов, который соединен с административным зданием переходом на 2-ом этаже.



а
б
в
Рис. 3.

Идеальный вариант потока - попарно стоящие на каждой ступеньке люди, которые при спуске замедляются на 1-ом, 8-ом и на 16-ом этаже, образуя колонну в одного человека для прохода через дверные проёмы, расположенные на этих уровнях.

Рассматривая данную систему, мы можем задать постоянную скорость, которая равна скорости выхода людей из здания. Кроме того, такая система имеет максимально удобный показатель плотности потока. Сам же поток ограничен только количеством участников, определяющих длину всего потока.

Таким образом, мы можем говорить о простой зависимости времени от количества людей, находящихся в потоке. Однако данная система ограничена притоком людей из вне. Либо же, при эвакуации все люди с нижних этажей успели выйти на лестничную клетку.

Рассматривая реальную систему, можно предположить, что основная плотность потока сместится на 1-ый - 4-ый этажи. Спуск с верхних этажей здания не будет затруднён за счёт отсутствия сужения или препятствий на пути в виде дверей и дверных проёмов. Плотность на верхних этажах будет нестабильна, так как она зависит от скорости спуска людей. Выявлять зависимость скорости от шага не имеет смысла на лестницах, так как высота ступенек одинакова.

Нами были проведены замеры по времени спуска людей из административного здания МГСУ с разным количеством людей. Данные эксперимента представлены в таблице 1.

Расчет времени эвакуации.

Группа 3-5 человек		
Эвакуационный этаж	Тип замера	Время эвакуации (мин.)
2→1	Спокойный темп	0:54
8→1		2:16
22→1		5:53
2→1	Ускоренный темп	0:29
8→1		1:26
22→1		3:28
Группа 7-10 человек		
Эвакуационный этаж	Тип замера	Время эвакуации (мин.)
2→1	Спокойный темп	1:05
8→1		2:35
22→1		6:10
2→1	Ускоренный темп	0:35
8→1		1:57
22→1		3:49

В ходе исследования было сделано предположение, что при учёте различной скорости спуска, длины шага, психофизического состояния человека, плотность потока увеличивается на 1-ом, 8-ом и 16-ом этажах. Связано это с размещением на них дополнительных дверей. Кроме того, частичное уплотнение потока происходит на каждом этаже в связи с перемещением людей из помещений этажа на лестничные клетки. Можно также выделить незначительные огрехи, которые могут усугубить ситуацию при экстренной эвакуации, угол лестниц на 1-ом и 2-ом этажах отличается от остальных, что может частично спровоцировать падение. Небольшим огрехом можно посчитать отсутствие перил с 8-го по 16-ый этаж, что связано с наличием стены, для укрепления конструкции лестничного отсека.

Так же нами была создана модель (рис. 4.) в программе Sweet Home 3d, на которой показан лестничный узел 1-го, 2-го, 8-го и типового этажей.

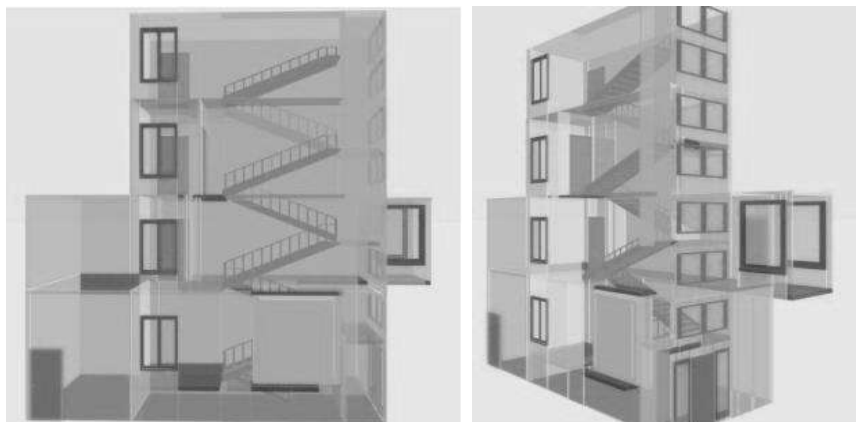


Рис. 4.

При спуске с высоких этажей часть людей устает. Если брать это во внимание, то в ходе эвакуации могут образовываться разрывы потока, вследствие чего, время эвакуации значительно увеличивается. Этот фактор влияет и на перемешивание потока.

Исследование людских потоков важная задача для жизни человека.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Беляев С.В.* Эвакуация зданий массового назначения. М.: Всесоюзная академия архитектуры, 1938
2. *Предтеченский В.М.* О расчете движения людских потоков в зданиях массового назначения // Архитектурно-строительное образование и научные основы проектирования. М.: Стройиздат, 1983
3. *Эллисон В.А.* Пожарная профилактика. М.: 1931.

Студент 3 курса 9 группы ИСА Клыков И.А.

Студент 3 курса 13 группы ИСА Казарян Г.А.

Научный руководитель – старший преподаватель К.О. Ларионова

ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИЖЕНИЙ ЛЮДСКИХ ПОТОКОВ НА АЭРОВОКЗАЛАХ, НА ПРИМЕРЕ ШЕРЕМЕТЬЕВО

Шереметьево – крупнейший в России аэропорт по объемам пассажирских и грузовых перевозок. В 2016 году общее количество перевезенных пассажиров достигло 34 миллионов 30 тысяч пассажиров, что

составляет 47% от всех пассажироперевозок Московского авиационного узла, в который помимо Шереметьево входят так же аэропорты: Внуково, Домодедово и Жуковский.

В аэропорту Шереметьево на данный момент действуют три пассажирских терминала: F,D и E, объединенных между собой в Южный терминальный комплекс. Строительство нового здания терминала В началось в 2014 году и сейчас находится на стадии возведения конструкций. В 2017 году на реконструкцию закрылся терминал С, в котором проводятся работы по подготовке интеграции со строящимся терминалом В.

Наибольший интерес для нас представляет терминал D, поскольку большая часть пассажиропотока аэропорта Шереметьево (71%) проходит именно здесь. Терминал эксплуатируется непрерывно и представляет собой интересный объект для исследования людских потоков. В процессе исследования нами были использованы методы видеосъемки и вливания в поток.

Метод натуральных наблюдений движения людских потоков при помощи видеосъемки имеет ряд преимуществ, поскольку пригоден для отслеживания основных характеристик потока: формы, плотности, скорости и т.д.

При анализе видеосъемки, из потока выбирается «заметный» человек, движение которого можно проследить до конца исследуемого участка пути, после чего фиксируется время движения «заметного» человека.

В своем исследовании мы ограничились определением времени движения людских потоков по основным маршрутам, поэтому, когда проводить видеосъемку не представлялось возможным, мы прибегали к, равносильному, в нашем случае, методу вливания в поток. Суть этого метода заключается в том, что наблюдатель сам внедряется в поток людей и засекает время движения в нем до конца исследуемого участка пути.

Мы выделили 6 основных маршрутов, по которым перемещаются потоки людей (Рис 1).

После проведения исследования мы проанализировали результаты (Таблица 1) и выявили ощутимую разницу между измерениями времени пути по некоторым маршрутам.

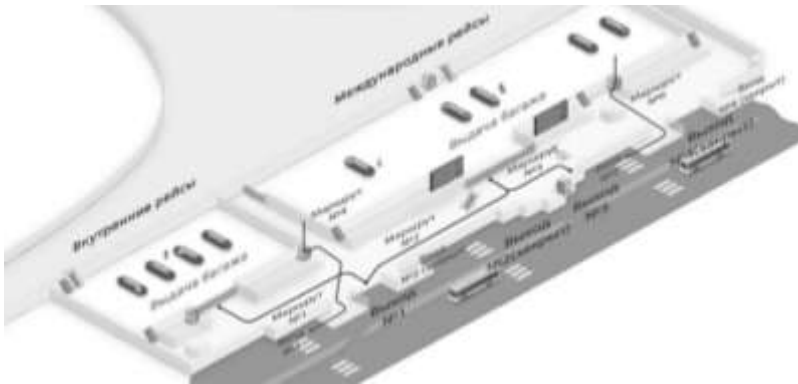


Рис.1. Основные маршруты движения людских потоков на схеме первого этажа терминала D

Таблица 1
Результаты измерений времени движения людских потоков по основным маршрутам

Номер маршрута	Время движения				
	1	0:35	0:32	0:28	0:36
2	1:30	1:12	1:09	1:10	1:16
3	0:40	0:43	0:46	0:43	0:47
4	2:30	2:50	2:52	1:20	1:56
5	1:20	1:32	1:25	1:36	1:33
6	4:12	2:03	3:36	2:50	2:22

Например, разница между наибольшим и наименьшим временем движения потока по маршруту 4 составляет 1:30. Обнаружив места наибольшего замедления потоков, мы нанесли их на схему (Рис.2), и приступили к подробному рассмотрению причин их возникновения.

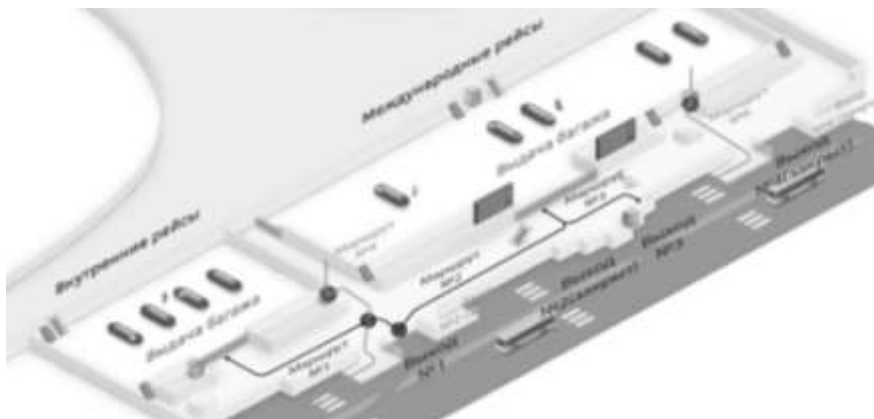


Рис.2. Локализация очагов затруднения движения потоков на схеме первого этажа терминала D

Маршруты 4 и 6 похожи, поскольку осуществляют вертикальную связь между этажами аэропорта с помощью лифтов. В обоих случаях результат измерения сильно зависел от времени ожидания лифта.

В самом неблагоприятном случае ожидание займет у вас минуту. Кроме того при увеличении плотности потока указанные лифты не справляются с таким количеством пассажиров и к лифтам выстраивается очередь. Несмотря на то что лифт рассчитан на подъем 26 человек, в действительности, людей перемещается намного меньше, по причине того что большая часть пассажиров имеет с собой объемные сумки.

Еще одной проблемой маршрута 4 является его пересечения с маршрутом 1. Поток перемещающийся по маршруту 1, как правило плотнее, поэтому, людям приходится пропускать колонну прибывших пассажиров и время пути несколько увеличивается.

Главной, на наш взгляд, проблемой транспортных потоков терминала D является перегруженность выхода №1. Сюда стекаются самые плотные потоки, движущиеся по маршрутам 1 и 2, в связи с этим у самого выхода образуется столпотворение, которое так же влияет на движение потока 4.

Проанализировав проблемы потоков терминала D, мы разработали более рациональный план их распределения (Рис.3).

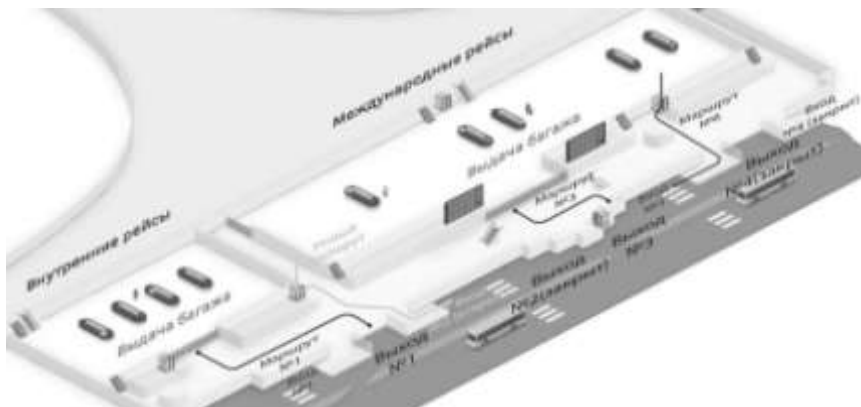


Рис.3. Предлагаемое решение проблем организации людских потоков терминала D

Первое что необходимо сделать, это перенаправить поток, движущийся по маршруту 2, на маршрут 3. Единственная причина, по которой перераспределение не происходит естественным образом, заключается в том, что отсутствует прямая видимость выхода №3.

В данный момент отсутствует даже указатель в сторону выхода №3 (Рис.4). Данные эксперимента показывают, что маршрут 3 обеспечивает проход пассажиров из зоны прибытия международных рейсов к выходу из аэропорта в среднем на полминуты быстрее, но главное, что это позволит частично снять нагрузку с выхода №1. Поэтому в первую очередь необходимо установить яркий знак, указывающий местонахождения выхода №3.

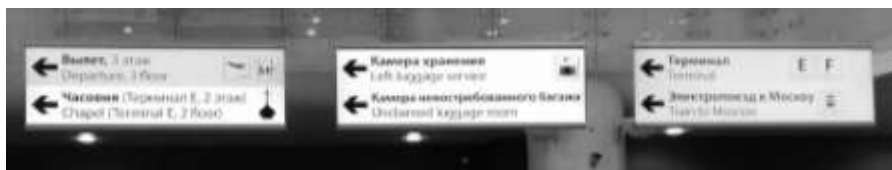


Рис.4. Информационное табло, расположенное на выходе из зоны прибытия международных рейсов.

Далее необходимо открыть вход №2, который является более удобным для пассажиров, прибывших в аэропорт на общественном транспорте. После этого вход №1 можно закрыть. Направив поток идущий с улицы таким образом, мы избежим нежелательных пересечений маршрутов движения. Эти меры позволят решить проблему транспортных

потоков не привлекая к работе дополнительный персонал и не увеличивая расходы.

Более сложная, с технической точки зрения, проблема перегруженных лифтов со временем будет решена вводом в эксплуатацию неработающих сейчас терминалов В и С, которые снимут часть нагрузки и терминал D вернется в обычный для себя режим работы.

В процессе выполнения исследовательской работы мы познакомились с документами, устанавливающими правила для проектирования аэропортов. Согласно принятым методам оценки пропускной способности терминал D спроектирован с расчётом на 12 миллионов пассажиров в год. При этом максимальное отклонение потребной пропускной способности не должно превышать 10% от проектной. Реальное отклонение составляет 77%. При этом аэропорт Шереметьево никогда не давал серьёзных сбоев в работе, при том что половина его входов и выходов остаются закрытыми. За 35 лет, с момента составления этих норм, архитектура и техника шагнули далеко вперед, новое время формирует новые требования к аэропортам, а значит необходимы новые методы оценки потенциалов проектируемых аэропортов, которые будут учитывать все их функциональные особенности и особенности поведения людских поток внутри них.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Предтеченский В.М., Милинский А.И.* Проектирование зданий с учетом организации движения людских потоков. М.: Стройиздат, 1979. 375с.
2. *Холщевников В.В., Самошин Д.А., Исаевич И.И.* Натурные наблюдения людских потоков М.: Академия ГПС МЧС России, 2009. 189 с.
3. URL: <http://www.svo.aero/about>
4. Руководство по проектированию аэровокзалов аэропортов. М.: 1982.

ОГЛАВЛЕНИЕ

СЕКЦИЯ СВЕТОПРОЗРАЧНЫЕ НЕСУЩИЕ КОНСТРУКЦИИ.	4
ПОДСЕКЦИЯ ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ И АРХИТЕКТУРНАЯ ВЫРАЗИТЕЛЬНОСТЬ НЕСУЩИХ СВЕТОПРОЗРАЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ.	4
<i>Веселова А.Д., Найденова Д.Ю.</i> История развития и выразительность светопрозрачных конструкций на примере аэропортов.	4
<i>Касымов Ж.В.</i> История развития и архитектурная выразительность несущих светопрозрачных конструкций в высотных зданиях.	8
<i>Ожогин В.П.</i> Стекло как несущий элемент.	13
<i>Янова Р.Ю., Тимина А.И.</i> Внедрение несущих светопрозрачных кон- струкций на примере здания театра оперы и филармонии "Подляска", Польша.	17
ПОДСЕКЦИЯ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА СВЕТОПРОЗРАЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ И ИХ ОСОБЕННОСТИ.	22
<i>Лебедева А.В.</i> Методы оценки светопрозрачных покрытий и фонарей от различных воздействий.	22
<i>Лебедева А.В.</i> Обзор Экспериментальных исследований огнестойко- сти светопрозрачных конструкций.	26
<i>Путинцев Н.Е.</i> Обзор экспериментальных исследований гибридных стеклянно-деревянных балок.	30
ПОДСЕКЦИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НЕСУЩИХ СВЕТОПРОЗРАЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ В РФ И МИРОВОЙ ПРАКТИКЕ.	36
<i>Демьяненко М.А., Краснов И.Д.</i> Несущие конструкции из стекла. проблемы конструирования узлов сопряжений.	36
<i>Смирнов Г.А., Березин А.С.</i> Анализ исследований бетона litracon (light transmitting concrete) в строительстве.	42

СЕКЦИЯ ЛЮДСКИЕ ПОТОКИ	47
ПОДСЕКЦИЯ ТЕОРИЯ И МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ДВИЖЕНИЯ ЛЮДСКИХ ПОТОКОВ В ЗДАНИЯХ, СООРУЖЕНИЯХ И ИХ КОМПЛЕКСАХ.	47
<i>Барцевич Д.А.</i> Повышение эргономичности высотных зданий путём оптимизации движения людских потоков.	47
<i>Воробьёв Е. В.</i> Методика расчета людских потоков в административных зданиях.	51
<i>Куприянова Ю.А.</i> Натурные наблюдения движения людских потоков в зданиях и сооружениях различного функционального назначения.	57
<i>Муртазин А.Р., Борисов В.А.</i> Теория и особенности методики расчета движение людских потоков в православных храмах.	62
<i>Пантелова Х.М.</i> Развитие теории движения людских потоков в целях нормирования процесса эвакуации.	67
ПОДСЕКЦИЯ АВТОМАТИЗАЦИЯ МЕТОДОВ РАСЧЕТОВ ДВИЖЕНИЯ ЛЮДСКИХ ПОТОКОВ В ЗДАНИЯХ, СООРУЖЕНИЯХ И ИХ КОМПЛЕКСАХ.	72
<i>Бибарцева Д.С., Лоцманова Ю.Н.</i> Анализ пешеходных потоков на территории транспортно-пересадочного узла "ВДНХ".	72
<i>Борисов В.А., Муртазин А.Р.</i> Анализ международных программ для расчетов движения людских потоков в контексте BIM технологий.	76
<i>Морозова А.П., Фабричных М.Ю.</i> Моделирование эвакуации людей с использованием программы Pathfinder.	81
ПОДСЕКЦИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ ЛЮДСКИХ ПОТОКОВ В ЗДАНИЯХ, СООРУЖЕНИЯХ И ИХ КОМПЛЕКСАХ.	87
<i>Агрелова Е.А., Бакуленко А.С.</i> Исследование людских потоков на ТПУ со станции «Партизанская» на станцию «Измайлово» (МЦК).	87
<i>Володина С.Д.</i> Анализ движения людских потоков в школах и его влияние на объемно-планировочное решение зон рекреации.	92

<i>Горбачевский В.П., Грезева А.С., Казанцев Г.С., Каленик А.И., Кочергина О.Д., Кругликова И.В., Попова А.Д.</i> Исследование процессов движения людских потоков в транспортно-пересадочных пунктах.	97
<i>Дятлова К.С., Гришина Н.А.</i> Проблемы эвакуации маломобильных групп населения.	102
<i>Егорова Н.В., Румянцев С.И.</i> Исследование людских потоков при эвакуации из административного здания НИУ МГСУ.	107
<i>Клыков И.А., Казарян Г.А.</i> Исследование движений людских потоков на аэровокзалах, на примере Шереметьево.	112