ТЕХНОСФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

В.А. Горев, Е.Ю. Челекова

ВЗРЫВОУСТОЙЧИВОСТЬ ЗДАНИЙ

Учебно-методическое пособие

ISBN 978-5-7264-3065-2

© ФГБОУ ВО «НИУ МГСУ», 2022

Москва
Издательство МИСИ – МГСУ
2022

УДК 699
ББК 38.5
Г68

Рецензенты:
кандидат физико-математических наук *В.Г. Сазонов*,
доцент кафедры естественнонаучных и математических дисциплин
Московской государственной академии водного транспорта —
филиала ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова»;
кандидат технических наук *В.В. Смирнов*,
доцент кафедры комплексной безопасности в строительстве НИУ МГСУ

Горев, Вячеслав Александрович.

Г68 Взрывоустойчивость зданий [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / В.А. Горев, Е.Ю. Челекова ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, кафедра комплексной безопасности в строительстве. — Электрон. дан. и прогр. (1,6 Мб). — Москва : Издательство МИСИ – МГСУ, 2022. — URL: http://lib.mgsu.ru. — Загл. с титул. экрана.

ISBN 978-5-7264-3065-2 (сетевое)
ISBN 978-5-7264-3066-9 (локальное)

Учебно-методическое пособие содержит основные рекомендации по выполнению практических работ и курсовой работы по дисциплине «Взрывоустойчивость зданий».

В пособии приведены методические советы по оформлению и выполнению курсовой работы, а также по решению практических занятий. Изложены теоретические сведения по дисциплине «Взрывоустойчивость зданий», приведены примеры выполнения расчетов по тематике практических занятий данной дисциплины.

Для обучающихся по направлению подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность.

Учебное электронное издание

© ФГБОУ ВО «НИУ МГСУ», 2022

Оглавление

Введение 5
ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ 5
Общие требования к выполнению курсовой работы 5
Указания по оформлению текста 5
Оформление формул и математических выражений 6
Оформление таблиц 6
Состав курсовой работы 6
1. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛЕГКОСБРАСЫВАЕМЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ ВНУТРЕННЕМ ВЗРЫВЕ 7
1.1. Понятие о внутреннем взрыве 7
1.2. Способы защиты зданий при внутренних взрывах. Оценка их эффективности 10
1.3. Определение эффективности вскрытия ЛСК 13
1.4. Безынерционные легкосбрасываемые конструкции 15
2. ХАРАКТЕР ПОВЕДЕНИЯ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ ВНУТРЕННЕМ ВЗРЫВЕ 20
2.1. Деформации строительных конструкций 20
2.2. Расчет на несущую способность балочной конструкции с учетом действия инерционных ЛСК 21
3. ПРИМЕРЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛОЩАДИ ОТКРЫТЫХ ПРОЕМОВ И РАСЧЕТА НЕСУЩИХ ИЗГИБАЕМЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ ВНУТРЕННЕМ ВЗРЫВЕ 29
3.1. Основные характеристики, определяющие прочность строительных конструкций 29
3.2. Пример расчета 31
Библиографический список 34
Список рекомендованной литературы 35

Исходные данные для выполнения курсовой работы берутся из варианта задания и справочной литературы. Они должны быть представлены в международной системе единиц (СИ). Наряду с единицами СИ, при необходимости, в скобках указываются другие единицы. Например, «с (мин) или 60 с (10 мин)».

Структура курсовой работы

Курсовая работа должна включать:

– задание на выполнение курсовой работы;
– титульный лист;
– оглавление (содержание);
– введение;
– основную часть;
– заключение (выводы);
– приложения (при необходимости);
– библиографию.

Оглавление должно содержать название разделов, подразделов, глав с указанием номеров страниц в тексте курсовой работы.

Введение должно быть объемом не более половины или одной страницы.

Основная часть курсовой работы должна отражать:

– описание исходных данных;
– описание конструктивной части здания;
– расчеты по определению необходимой площади ЛСК, а также несущей способности конструкций, подверженных воздействию внутреннего взрыва.

В заключении необходимо провести анализ результатов расчетов.

1. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛЕГКОСБРАСЫВАЕМЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ ВНУТРЕННЕМ ВЗРЫВЕ

1.1. Понятие о внутреннем взрыве

Внутренний взрыв представляет собой взрыв в ограниченном пространстве. Характеризуется взрыв тем, что скорость выделения энергии соответствует распространению пламени с видимой скоростью относительно неподвижных продуктов сгорания W, удовлетворяющей условию $W \leq 35$ м/сек, что соответствует квазистационарному режиму. Давление в помещении растет по мере увеличения массы сгоревшего вещества (выделения тепловой энергии). При квазистатическом характере изменения давления оно действует одинаково во всех направлениях (закон Паскаля) — и на боковые ограждения, и на пол, и на верхние (потолочные) перекрытия действует одна и та же величина избыточного давления. То есть взрыв носит не волновой характер. Истечение газов из объема помещения при таком взрыве также носит квазистатический характер.

Как правило, такого рода взрывы возникают в результате аварий технологического оборудования в зданиях, связанных с добычей, переработкой или хранением продуктов нефтегазовой отрасли.

Характер разрушений в результате действия взрыва свидетельствует о том, что меры по снижению взрывных нагрузок оказываются не эффективными. В первую очередь это относится к мероприятиям по снижению давления взрыва с помощью сброса давления через открывающиеся проемы. До взрыва проемы закрыты предохранительными конструкциями. На начальной стадии взрыва, при низком давлении, связи, удерживающие эти конструкции в системе ограждающих конструкций, разрушаются, и происходит открытие пространства для сброса давления.

Для обеспечения защиты здания от разрушения необходимо, чтобы площадь проемов, перекрытых предохранительными конструкциями, была достаточной и чтобы открытие этой площади было достаточно быстрым.

Первое условие означает, что через полностью открытые проемы сброс давления происходит быстрее, чем его нарастание при максимальной скорости выделения энергии. Скорость сброса давления должна быть достаточной при условиях, которые гарантируют устойчивость защищаемых конструкций. Второе условие предъявляет требования к предохранительным конструкциям и их закреплению и сводится к возможности увеличения площади сброса давления во время начального развития взрыва, так, чтобы обеспечить устойчивость защищаемым конструкциям на этой стадии взрыва. Анализ проблемы внутренних взрывов выполнен с помощью теории подобия, и получены определяющие соотношения в безразмерных комплексах. При этом безразмерные комплексы были одинаковыми для изначально разгерметизированных объемов и для объемов, которые разгерметизировались во время взрыва. Главный результат работ сводится к определению граничных значений безразмерных комплексов, внутри которых находятся все известные к моменту выпуска работ результаты. Позднее были получены результаты, которые не подтверждали выводы. Полученные рассуждения можно объяснить невысокой скоростью турбулентного горения или невыпонением условий квазистационарности взрывов в работах, где прослеживаются волновые эффекты. Взрыв предполагался квазистационарным, а безразмерная скорость горения основана на ламинарном горении.

При аварийных взрывах горение часто турбулизируется из-за присутствия преград. Это положение подтверждается экспериментально и с помощью численного моделирования взрыва в присутствии загроможденного пространства.

Сравнение результатов для взрывов в объемах, которые разгерметизировались после начала взрыва, не приводилось. Но можно с уверенностью утверждать, что в этом случае отклонения могут быть значительными.

Безразмерные комплексы для таких объемов не учитывают величины, от которых с очевидностью зависит давление взрыва на начальной стадии его развития. К этим величинам следует отнести давление разрушения связей, удерживающих предохранительные конструкции; инерционность этих конструкций, от которой зависит скорость ее движения; глубина заделки конструкции в проеме, так как только после смещения предохранительной конструкции на величину глубины заделки в проеме начинается сброс давления. Кроме того, важное значение имеет периметр открытых проемов, так как на начальной стадии открытия проема сброс давления происходит через площадь, определяемую периметром проема и смещением конструкции после выхода из проема.

Влияние момента начала вскрытия и глубина заделки конструкции при этом оказались вне поля зрения авторов. В предлагаемой работе предпринимается попытка предложить безразмерные комплексы, которые позволят описать формирование взрывной нагрузки на стадии начала развития взрыва с учетом сброса давления.

– При квазистационарном взрыве в замкнутом объеме давление непрерывно растет до максимального значения в несколько сот кПа. Например, при взрыве стехиометрической смеси метана эта величина составляет 900 кПа. Типичная величина допускаемого избыточного давления для обеспечения устойчивости промышленных и жилых зданий ~ 5 кПа. Таким образом, с помощью предохранительных конструкций необходимо снизить максимальное давление взрыва более чем в 100 раз. При этом конструкция должна начинать смещение при давлениях 1–2 кПа, в зависимости от ветрового района, вскрытие пространства для истечения должно происходить быстро, чтобы компенсировать рост давления за счет развития очага взрыва. Полное открытие пространства для сброса давления должно обеспечивать условие $\Delta P_m \geq \Delta P_d$, где ΔP_m — давление в объеме при максимальной скорости выделения энергии в процессе взрыва, ΔP_d — допустимое давление взрыва, определяемое из условия предельного равновесия защищаемых конструкций. При рассматриваемых давлениях возможны важные предположения: