

УДК 625.717.001.2 (045)

В. Ю. Гирич, студ.

МЕТОДИКА ПРОЕКТУВАННЯ ТЕРМІНАЛЬНИХ КОМПЛЕКСІВ В АЕРОПОРТУ «БОРИСПІЛЬ» З УРАХУВАННЯМ ЗОВНІШНІХ УДАРНО-ДИНАМІЧНИХ ВПЛИВІВ

НАУ, Інститут міського господарства, e-mail: vicg@bigmir.net

Розроблено загальну процедуру оцінки ризику терористичного акту. Змодельовано зіткнення літака з будівлею. Описано основні механізми руйнування будівлі від ударно-динамічних впливів (падіння, удару літака). Розроблено рекомендації, які можуть бути використані для оцінювання стійкості будівлі в разі удару літака. Подано рекомендації щодо забезпечення стійкості аеровокзального комплексу проти прогресуючого руйнування.

General procedure of assassination risk estimation is developed. Fast-acting collision of aircraft with building is modeled. The basic mechanisms of building destruction at impact-dynamic influences are described (falling, impact of aircraft). Recommendations, which can be used for building stability estimation at the aircraft impact, are developed. Recommendations for air terminal stability provision against progressing destruction are presented.

Вступ

Державний міжнародний аеропорт «Бориспіль», розташований в 29 км на південний схід від міста Києва, – найбільший аеропорт за обсягами авіаперевезень серед 29 цивільних аеропортів України. Сьогодні аеропорт «Бориспіль» обслуговує 57 % авіаційного пасажиропотоку України. Стратегія подальшого розвитку аеропорту спрямована на реалізацію концепції «Провідний міжнародний вузловий аеропорт Центральної і Східної Європи», відповідно до якої необхідно побудувати ряд термінальних комплексів. У найближчих планах закладено будівництво нового терміналу Д пропускною здатністю 2000 пасажирів в умовах пікових навантажень.

Проте після терористичних актів у США 11 вересня 2001 р., що супроводжувались захопленням терористами літаків, їх зіткненням із хмарочосами, вибухом, пожежею, смертю тисяч людей, мільярдними матеріальними збитками, важкими моральними, політичними і економічними наслідками, закривати очі на реалії сьогодення, жити й будувати без урахування цього жорстокого чинника неприпустимо (рисунок).

Поняття тероризму тлумачать по-різному, проте будемо спиратися на визначення, що має правову основу. У кримінальному кодексі України наведено таке визначення: «Тероризм – це здійснення вибуху, підпалу або інших дій, які створюють небезпеку загибелі людей, спричинення значного майнового збитку або настання інших суспільно небезпечних наслідків, якщо ці дії вчинені з метою порушення суспільної безпеки, залякування населення або впливу на ухвалення рішень органами влади, а також загроза здійснення вказаних дій тією же метою». Відомо, що терористи вчать один у одного. Кожен вдалий акт тероризму тиражується ними в нових

місяцях. Щодо цього ефект теракту 11 вересня 2001 р. у США є зразком удалих дій для міжнародного тероризму. В прагненні повторити цей ефект терористи можуть як ціль вибрати термінальні комплекси аеропорту «Бориспіль».



Рис. 1. Зруйнований хмарочос у Нью-Йорку

У зв'язку з цим настала пора фахівцям-будівельникам долучитися до давньої діалектичної боротьби засобів ураження (терористична акція) із засобами захисту (протидія терористичним актам) і розробити методику проектування термінальних комплексів за можливого комбіно-

ваного впливу динамічних навантажень з подальшими пожежами, які виникають в результаті зіткнення літака з будівлею, а також з'ясувати, чи існують прийнятні проектні та конструкційні характеристики будівель, які дозволили б припинити або локалізувати в них процес руйнування.

Аналіз досліджень

Проблема безпеки та економічності будівель і споруд є однією з основних проблем, висунутих на перший план для реалізації концепції розвитку аеропорту «Бориспіль». У середовищі аеропорту, що динамічно розвивається і характеризується зростанням техногенних навантажень на будівельні об'єкти, достовірна інформація про величину ризику будівель і споруд є неодмінною умовою стійкого розвитку аеропорту.

Ці проблеми розв'язують відповідно до теорії ризиків (ризикології), яка почала бурхливо розвиватися у 80-ті роки. У межах цього наукового напрямку ризик розглядається як міра небезпеки, що характеризується можливістю спричинення збитку і його тяжкістю. Під небезпекою розуміють властивість об'єктів і процесів завдавати збитку собі та (або) оточенню. Ризик [6] як імовірнісна величина дозволяє порівнювати наслідки різних явищ і процесів як усередині певної групи явищ, так і між групами різних за генезисом явищ (техногенних, природних, біолого-соціальних).

Концепція ризику розвивається за трьома основними напрямками: розроблення методів оцінювання вірогідності негативних подій, оцінка їх наслідків і визначення прийнятного ризику (нормування ризику). Нормування полягає у встановленні прийнятного рівня безпеки, який найчастіше визначається величиною сумарного індивідуального ризику смерті людини внаслідок дії різних небезпек (техногенних, природних, біолого-соціальних).

Використання в будівництві методики нормування, що ґрунтується на коефіцієнтах надійності, теоретично забезпечує безпеку будівельних конструкцій. Проте досвід експлуатації конструкцій показує, що надійність є необхідною, але не достатньою умовою безпеки.

У загальнотехнічному стандарті надійність визначається як складна властивість системи і її елементів виконувати потрібні функції, зберігаючи свої експлуатаційні показники в заданих межах протягом необхідного часу. Надійність оцінюється такими характеристиками, як безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність і збережаність.

Конструкції будівель і споруд аеропорту першої категорії відповідальності, як показав аналіз науково-дослідної літератури і публікацій на цю тему [1], розраховують з урахуванням таких екстремальних природних впливів, як максимальний розрахунковий землетрус; урагани; екстремальні вітрові, снігові навантаження. Але, крім того, у зв'язку з подіями 11 вересня 2001 р. в Америці необхідно враховувати впливи, які можуть спричинити терористичні акти, а також діяльність людини: проектна аварія – падіння на будівлю літака, повітряна ударна хвиля, яка виникає під час вибуху газопароповітряних сумішей (палива).

Постановка завдання

З метою забезпечення надійності і безпеки функціонування будівель і споруд аеропорту необхідно:

– розробити методику проектування термінальних комплексів на випадок можливих комбінованих впливів динамічних навантажень з подальшими пожежами, які виникають у результаті зіткнення літака з будівлею;

– визначити, чи існують прийнятні проектні та конструкційні характеристики будівель, які дозволили б припинити або локалізувати в них процес руйнування.

Розв'язання завдання

Ця методика, на нашу думку, має складатися з таких розділів:

1. Оцінка ризиків на об'єкти аеропорту
2. Моделювання процесу зіткнення літака із будівлею і прогнозування наслідків зіткнення.
3. Опис механізмів руйнування будівлі.
4. Визначення динамічних навантажень на будівельні конструкції за ударного впливу від літального апарата [2; 4].
5. Оцінювання граничної несучої здатності (стійкості) конструкцій будівлі в разі удару літака.
6. Рекомендації щодо запобігання прогресуючому руйнуванню будівлі під час удару літака.

Оцінювання ризиків

Дослідження ризику терористичного акту (падіння літака) на будівлю аеропорту виконується відповідно до загальних принципів моделювання ризикових ситуацій [6]. При цьому виникають досить складні завдання, що потребують нестандартних рішень.

Загальна процедура оцінки ризиків включає якісний і кількісний аналіз.

На етапі якісного аналізу проводиться дослідження і аналіз ситуації, розробляється модель терористичної загрози, досліджується взаємозв'язок елементів системи.

На етапі кількісного аналізу з використанням отриманих на першому етапі даних розраховують рівень ризику. Кількісний аналіз проводять зазвичай на базі теорії ймовірності. Результат аналізу має числове вираження, що вказує на ймовірність реалізації події. Отриманий результат порівнюють з нормативним рівнем ризику; якщо він його перевищує, то знайдена величина ризику є проектною ймовірністю і цю подію необхідно враховувати під час проектування будівельних об'єктів. Під час проектування планують заходи щодо зведення отриманих результатів до нормативного рівня.

Значення нормативного ризику ґрунтується на обчисленні частоти, за якої відбуваються ці події. При цьому частоту розраховують на підставі фактичних даних:

$$f(a) = \frac{n(a)}{n},$$

де $f(a)$ – частота виникнення події; $n(a)$ – кількість випадків настання цієї події; n – загальна кількість випадків у статистичній вибірці.

Очевидно, що статистика терористичних актів щодо будівель аеропортів не дозволяє скористатися наведеною вище методикою.

Як основу для встановлення значення нормативного ризику (P_n) можна використати поняття індивідуального ризику. Індивідуальний ризик – це ризик, якому піддається життя людини в разі аварій і стихійних лих. Пороговий критерій для індивідуального ризику, згідно з яким більшість людей суб'єктивно відчують себе в цілковитій безпеці, становить $P_n = 10^{-6}$. Значна частина людей відчуває турботу і тривогу, якщо $P_n = 10^{-5}$. У ряді випадків для атомних електростанцій значення ризику зменшується до $P_n = 10^{-8}$. Таким чином, значення індивідуального ризику може служити психологічним індикатором для людини і взятим за основу для встановлення значення нормативного ризику терористичної небезпеки для термінальних комплексів аеропортів. Рівень нормативного ризику повинні призначати відповідні уповноважені органи.

У більшості європейських країн досить «обережним значенням» вважається величина $P_n = 10^{-8}$ год⁻¹ на одну будівлю, тому його і будемо використовувати як нормативний рівень ризику в подальших дослідженнях.

Моделювання зіткнення літака з будівлею

Удар летючого тіла, типу літака в будівлю характеризується рядом особливостей [3]. Основні з них такі:

1. Динамічний характер впливу, який зумовлений безпосереднім контактом літака і будівлі. Особливу роль відіграє удар по елементах будівлі двигунів літака, які мають вищу порівняно з рештою частин літака густину маси і внаслідок цього мають більшу проникну здатність.

2. Наявність у деяких випадках повторного динамічного впливу, пов'язаного з вибухом утвореної хмари суміші повітря, парів і дрібнодисперсних крапель палива. Наявність (або відсутність вибуху) визначається місцем і характером руйнування паливної системи літака (зовні або всередині будівлі, характером викиду палива з баків і т. ін.).

3. Вплив на елементи будівлі теплових потоків унаслідок пожежі, спричиненої горінням залишків палива літака і горючих матеріалів самої будівлі. Температура може підвищуватися при цьому до значень порядку тисячі градусів [5].

Змоделювавши процес зіткнення літака з будівлею, можна спрогнозувати три основні механізми руйнування, що реалізуються у разі падіння уламків верхньої зруйнованої частини будівлі на нижню, не зруйновану частину:

1) локальний вигин вертикальних колон і утворення в них пластичних шарнірів;

2) зріз поперечних балок, які підтримують міжповерхові перекриття і зв'язують між собою вертикальні несучі колони;

3) розклинювання падаючими уламками зовнішньої оболонки будівлі, що складається з вертикальних колон. Розклинювання призводить до розриву поперечних зв'язків вертикальних колон.

Зріз і відрив поперечних зв'язків – найреалістичніші із двох причин:

– фотографії колапсу башень-близнят у Нью-Йорку показують падаючі куски колон і балок розміром у декілька поєрхів;

– дим і пил бічних викидів через вікна будівлі відповідають падінню міжповерхових бетонних плит, що рухаються подібно поршню всередині оболонки будівлі.

Оцінювання стійкості будівлі під час удару літака

Метод оцінювання стійкості будівель у разі комбінованих особливих впливів (КОВ), типу «удар – вибух – пожежа» (УВП) включає розгляд

двох варіантів розвитку зміни стану будівлі за заданого сценарію комбінованого особливого впливу:

1) будівля вичерпує свою стійкість і буде повністю зруйнована за заданого сценарію, якщо всі характерні групи «базових конструктивних елементів» вичерпують свою стійкість (досягнуть граничного стану через втрату несучої здатності) на якій-небудь з розрахункових стадій «КОВ». Час τ_{ief} , коли це відбудеться, і визначатиме стійкість будівлі D_{ief} для заданого сценарію «КОВ»:

якщо $\tau_{ief} \geq (\tau_{ief,\gamma})$ усіх «базових елементів»,

то $\tau_{ief} = D_{ief,\gamma}^{act}$.

2) будівля збереже певну частку своєї несучої здатності і не буде повністю зруйнованою згідно із заданим сценарієм «КОВ», якщо окремі характерні групи «базових конструктивних елементів» будівлі не вичерпають своєї стійкості (не досягнуть граничного стану через втрату несучої здатності) після розгляду всіх розрахункових стадій «КОВ». У цьому випадку будівля збереже свою цілісність, але отримає той чи інший рівень пошкоджень. Можливість збереження будівлею своєї цілісності відповідно до сценарію «КОВ» визначають з умови:

якщо $\tau_{ief} < (\tau_{ief,\gamma})$ усіх «базових елементів»,

то $\tau_{ief} < D_{ief,\gamma}^{act}$.

Метод можна використовувати для вирішення двох типів завдань:

Завдання першого типу (пряма задача). Оцінка стійкості «базових конструкцій» і будівлі в цілому за різних сценаріїв «КОВ».

Завдання другого типу (обернена задача). Визначення допустимого кількості «базових конструкцій» будівлі, які можуть бути зруйновані або пошкоджені при «КОВ», виходячи із заданої (нормованої) стійкості будівлі. Нормований рівень стійкості будівлі при «КОВ» визначається виходячи з допустимих рівнів ризиків, безпеки людей і збереження будівлі.

Стійкість аеровокзального комплексу проти прогресуючого руйнування слід забезпечувати найекономічнішими засобами:

– раціональним конструктивно-планувальним рішенням будівлі з урахуванням можливості виникнення аварійної ситуації;

– конструктивними заходами забезпечення нерозрізності конструкцій будівлі;

– застосуванням матеріалів, які забезпечують розвиток пластичних деформацій в елементах конструкцій і їх з'єднаннях.

Висновки

1. Розроблено загальну процедуру оцінювання ризику терористичного акту.

2. Змодульовано процес зіткнення літака з будівлею.

3. Описано основні механізми руйнування будівлі під час ударно-динамічних впливів (падіння, удар літака).

4. Розроблено рекомендації, які можуть бути використані для оцінювання стійкості будівлі під час удару літака.

5. Розроблено рекомендації щодо забезпечення стійкості термінальних комплексів проти прогресуючого руйнування.

Отримані результати в разі подальшого доопрацювання будуть використані для зниження тяжкості наслідків і, врешті-решт, зниження людських втрат у випадках важких аварій і потенційних терористичних атак на будівлі та споруди аеропорту.

Література

1. *Забєгаєв А. В., Тамразян А. Г.* Методы расчета и конструирования железобетонных конструкций. – М.: МГСУ, 1996. – 117с.

2. *Шамин В. М.* Расчет сооружений на действие взрывных нагрузок. – М.: Стройиздат, 1989. – 82 с.

3. *Krajcinovic D.* Damage mechanics. North-Holland series in applied mathematics and mechanics. – Amsterdam: Elsevier, 1996.

4. *Попов Н. Н.* Расчет конструкций на динамические и специальные нагрузки. – М.: Стройиздат, 1992. – 319 с.

5. *Зельдовия Я. Б.* Математическая теория горения и взрыва. – М.: Стройиздат, 1980. – 478с.

6. *Аугусти Г, Баратта А, Кошиати Н.* Вероятностные методы в строительном проектировании. – М., 1988. – 215 с.

Стаття надійшла до редакції 12.02.07.