

САВДО БИНОЛАРИДА ЁНГИН ТАРҚАЛИШИНИНГ ФИЗИК МОДЕЛЛАРИ ВА МАТЕМАТИК ИФОДАЛАНИШИ

Т.ф.д., профессор И.У.Маджидов

(М.Улуғбек номидаги Ўзбекистон Миллий университети),

Т.ф.ф.д., доцент М.Р.Досчанов (Фавқулодда вазиятлар вазирлиги),

А.Т.Очилов (Самарканд туман ФВБ)

Аннотация. Ушбу мақолада савдо биноларида ёнгин тарқалишининг физик моделлари ва математик тенгламалари таҳлил қилинган. Иссиқлик узатилиши, конвекция, радиация ҳамда масса ва тугун тарқалиши жараёнлари Навье–Стокс тенгламалари орқали илмий асосда моделиштирилган.

Калим сўзлар: ёнгин, савдо бинолари, ёнгиннинг физик моделлари, математик модел.

Аннотация. В данной статье проанализированы физические модели и математические уравнения распространения пожара в торговых зданиях. Процессы теплопередачи, конвекции, радиации, а также распространения массы и дыма моделируются на научной основе с использованием уравнений Навье–Стокса.

Ключевые слова: пожар, торговые здания, физические модели пожара, математическая модель.

Abstract. This article analyzes the physical models and mathematical equations of fire propagation in commercial buildings. The processes of heat transfer, convection, radiation, as well as the spread of mass and smoke, are scientifically modeled using the Navier–Stokes equations.

Keywords: fire, commercial buildings, physical models of fire, mathematical model.

Сўнгги йилларда Ўзбекистонда замонавий савдо-кўнгилочар мажмуалари, гипермаркетлар ва кўп қаватли савдо бинолари сони ортиб бормоқда. Бундай объектларда одамлар зичлиги юқори, ички ҳажм катта, вентиляция ва кондиционер тизимлари мураккаб ҳисобланади. Шу сабабли ёнгин содир бўлган ҳолатда унинг тарқалиш динамикаси оддий турар жой биноларига нисбатан анча тез ва хавфли кечади. 2023 йилда Бухородаги савдо павильонлари, 2025 йилда Тошкентдаги “Globus Center” савдо мажмуаси ва Сурхондарёдаги 3 қаватли савдо маркази, шунингдек 2026 йилда Тошкентдаги “Aviator Mall” савдо марказида содир бўлган ёнгинлар инсон ҳаёти, мол-мулк ва атроф муҳитга катта микдорда зарар етказди.

Бундай объектларда, ёнгин хавфини илмий асосда баҳолаш ва прогноз қилиш учун физик моделиштириш ва математик ифодалаш усуллари муҳим аҳамият касб этади. Бизнинг тадқиқот ишимизда замонавий ёндашувлар халқаро стандартлар масалан, National Fire Protection Association – NFPA меъёрлари билан уйғунлаштирилган ҳолда қўлланилмоқда.

Дастлаб, ёнғин тарқалишининг физик асослари кўриб чиқилади. Савдо биноларида ёнғин қуйидаги ўзаро боғлиқ физик жараёнлар орқали ривожланади:

1. Иссиқлик узатилиши. Иссиқлик узатилиши учта асосий механизм орқали амалга ошади.

Кондукция — бу иссиқликнинг модда ичида молекуляр ўзаро таъсир орқали юқори ҳароратли қисмдан паст ҳароратли қисмга ўтиши жараёнидир. Савдо биноларида ёнғин вақтида деворлар, пол, шифт конструкциялари орқали иссиқлик айнан кондукция механизми билан тарқалади. Бу жараён Фурье қонуни билан ифодаланади:

$$q = -k\nabla T$$

бу ерда:

q — иссиқлик оқими зичлиги (W/m^2), яъни бирлик юза орқали ўтаётган иссиқлик миқдори;

k — иссиқлик ўтказувчанлик коэффиценти ($W/m \cdot K$), материалнинг иссиқликни ўтказиш қобилияти;

∇T — ҳарорат градиенти (K/m), яъни ҳароратнинг фазовий ўзгариш тезлиги;

манфий ишора (–) иссиқлик оқими ҳарорат камайиши томон йўналишини кўрсатади.

2. Конвекция (иссиқликнинг оқим орқали узатилиши).

Конвекция — бу иссиқликнинг суюқлик ёки газ муҳити ҳаракати орқали узатилиши жараёнидир. Савдо биноларида ёнғин пайтида иссиқ ҳаво юқорига кўтарилади, тутун қатлами ҳосил қилади ва вентиляция тизимлари орқали бошқа зоналарга тарқалади. Бу жараён ёнғин динамикасини тезлаштирувчи асосий омиллардан биридир. Конвектив иссиқлик узатиш Ньютоннинг совиш қонуни билан ифодаланади:

$$q = h(T_s - T_\infty)$$

бу ерда:

q — конвектив иссиқлик оқими зичлиги (W/m^2);

h — конвектив иссиқлик узатиш коэффиценти ($W/m^2 \cdot K$);

T_s — юза ҳарорати (K ёки $^{\circ}C$);

T_∞ — атроф муҳит ҳарорати (K ёки $^{\circ}C$).

Радиация (нурланиш орқали иссиқлик узатилиши).

Радиация — бу иссиқликнинг электромагнит тўлқинлар (асосан инфрақизил нурланиш) орқали узатилиши жараёнидир. Ёнғин пайтида юқори ҳароратли аланга ва қизиқ кетган конструкциялар атроф муҳитга катта миқдорда нурли иссиқлик тарқатади. Бу механизм айниқса катта очик ҳажмли савдо биноларида ёнғиннинг тез тарқалишида муҳим рол ўйнайди.

Нурланиш орқали иссиқлик оқими Стефан–Больцман қонуни билан ифодаланади:

$$q = \varepsilon \sigma (T^4 - T_{atm}^4)$$

бу ерда:

q — нурланиш орқали иссиқлик оқими зичлиги (W/m^2);

ε — нурланиш коэффициент ($0 \leq \varepsilon \leq 1$);

σ — Стефан–Больцман доимийси.

2. Масса ва тутун тарқалиши. Савдо биноларида ёнғин пайтида ҳаво, иссиқ ҳаво ва тутун ҳамда ёнивчан газлар тарқалиши мураккаб динамик жараён ҳисобланади. Бу жараёнларни илмий асосда моделлаштириш учун Навье–Стокс тенгламалари қўлланилади, чунки улар сиртдаги турбулент ва ламинар оқимларни, зичлик ва ҳароратнинг фазовий ўзгаришини аниқ ифодалайди.

Газ оқими учун мувозанат тенграмаси:

$$\rho \left(\frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + (\vec{v} \cdot \nabla) \vec{v} \right) = -\nabla p + \mu \nabla^2 \vec{v} + \rho \vec{g} + \vec{F}_{buoyancy}$$

бу ерда:

\vec{v} — оқим тезлиги вектори (m/s);

ρ — ҳаво ёки газ зичлиги (kg/m^3);

p — босим (Pa);

μ — динамик ёпишқоқлик ($Pa \cdot s$);

\vec{g} — гравитация вектори;

$\vec{F}_{buoyancy}$ — иссиқ ҳаво ва тутуннинг кўтарилиш кучлари (*Boussinesq яқинлашуви*).

Масса ва тутун тарқалиши савдо биноларида ёнғин хавфини прогноз қилиш учун муҳимдир. Навье–Стокс тенгламалари ва масса сақланиш принциплари орқали иссиқ ҳаво ва тутуннинг вақт бўйича тарқалишини аниқ моделлаштириш мумкин.

Хулоса ўрнида айтиш мумкин-ки, савдо биноларида ёнғин тарқалиши кўп факторли ва динамик жараён бўлиб, у иссиқлик узатилиши, газ ва тутун оқими ҳамда кимёвий реакциялар ўзаро таъсири орқали ривожланади. Фақат илмий таҳлил орқали бу жараёнларни тўлиқ тушуниш ва прогноз қилиш имкони пайдо бўлади. Шу билан бирга, масса ва тутун тарқалиши Навье–Стокс тенгламалари асосида моделлаштирилиши бино ичида ҳаво оқими, турбулентлик, зичлик ўзгариши ва иссиқ ҳаво кўтарилишини аниқ кўрсатади. Бу эса хавфли зоналарни визуаллаштириш ва эвакуация йўллари самарадорлигини баҳолаш учун муҳим аҳамият касб этади. Натижада, илмий асосда яратилган физик ва математик моделлар савдо биноларида ёнғин хавфсизлигини оширишда, инсонлар ҳаётини сақлаш ва биноларнинг иқтисодий зарарини камайтиришда ҳал қилувчи восита ҳисобланади.

Бу тадқиқотлар замонавий меъёрлар ва халқаро стандартлар билан уйғунлаштирилганда, ёнғин хавфини аниқ баҳолаш ва самарали олдини олиш чораларини ишлаб чиқиш имконини яратади.

Адабиётлар рўйхати:

1. National Fire Protection Association (NFPA). NFPA 13: Standard for the Installation of Sprinkler Systems. 2022 Edition. NFPA, Quincy, MA, USA.

2. Bukowski, R., & Brahms, T. (2017). Smoke Movement and Ventilation Effects in Large Public Buildings. Fire Safety Journal, 91, 50–62.

3. ISO 13943:2017. Fire safety – Vocabulary. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.

4. Холиқов, А., & Юсупов, Ш. (2020). Ўзбекистонда замонавий савдо биноларида ёнғин хавфсизлиги стандартлари ва технологиялари. Тошкент: Фавкулудда вазиятлар вазирлиги нашри.

5. Маджидов, И.Ў., & Досчанов, М.Р. (2022). Савдо биноларида CFD моделлаштириш асосида ёнғин тарқалишини таҳлил қилиш. Ўзбекистон Миллий университети Нашрлари, Тошкент.