

УДК 728.1

**Т.О.Кашенко**

*кандидат архітектури, доцент кафедри  
архітектурного проектування цивільних будівель і  
споруд Київського національного університету  
будівництва і архітектури*

**А.Д.Антонов**

*студент архітектурного факультету Київського  
національного університету будівництва і архітектури*

## **МОДЕЛЮВАННЯ ОБ'ЄМНО – ПРОСТОРОВОЇ СТРУКТУРИ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОЇ ЖИТЛОВОЇ ГРУПИ**

Анотація: в статті розглянуто особливості проектування енергоефективного житла з використанням методів комп'ютерного моделювання. Можливості застосування окремих методів представлено на прикладі проектування житлової групи, розробленої відповідно до умов конкурсу «Ізовер. Мультикомфортний будинок. Житло в холодному кліматі. Астана, Казахстан».

Ключові слова: житлова група, енергоефективне житло, енергоефективність, моделювання.

Аналіз сучасної архітектурної діяльності свідчить, що енергоефективність є одним з найвпливовіших чинників у формуванні архітектурного середовища. Архітектурне проектування на засадах енергоефективності передбачає загальну концептуальну налаштованість сфери архітектурної діяльності, що включає наявність наукових методик (необхідність їх впровадження), спеціалістів (модернізація архітектурної освіти), технічної бази (створення ефективних матеріалів, конструкцій, розробка технологій), інформаційної бази (формування орієнтованих баз даних, програмного забезпечення).

Виходячи з загальних концептуальних положень енергоефективності архітектурного середовища на етапі формулювання задачі проектування енергоефективного об'єкту, визначаються основні цільові ознаки, розрахункові параметри, які безпосередньо пов'язані з основними архітектурними характеристиками майбутнього об'єкту. Етап передпроектного аналізу включає науковий аналіз природно – кліматичних умов території, її енергетичного потенціалу, резервів енергозбереження, а також вимог щодо енергетичної забезпеченості населення. Етап архітектурного проектування енергоефективного об'єкту реалізується на основі орієнтованої моно - методики або в полі-методик, що передбачають застосування різнопланових

способів досягнення енергетичної ефективності. Функціонально-планувальні, об'ємно-просторові, конструктивні та технологічні характеристики об'єкта, що проектується, комплексно відбиваються на його енергоефективності. В процесі проектування, зокрема на ранніх стадіях, важливим є варіантне проектування з проведенням моніторингу показника енергоефективності, що може здійснюватись за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення.

З'ясування кількісної залежності між параметрами форми та енергоефективності будинку дає можливість прогнозувати вплив на енергоефективність будинку, встановлювати оптимальні розміри та розташування елементів будинку, тим самим визначаючи форму рішення енергоефективного будинку для подальшої розробки і уточнення архітектурно - планувального рішення. Оптимізація будівлі за ознакою енергоефективності є багатопраметричним розрахунком, який потребує врахування великої кількості вихідних параметрів та їх взаємовпливу. Можливість коректного аналізу енергоефективних будівель, оцінки їх енергоефективності та порівняння варіантів проектних рішень надають сучасні комп'ютерні програми розрахунку та моделювання. Вже достаньо довго використовуються програми PHYSIBEL TRISCO [6], Flixo [7], спеціалізацією яких є енергетичні, теплофізичні розрахунки; ArchiPHYSIK [8], де, крім зазначених даних, можна отримати розрахунок енергетичного паспорту; TRNSYS [9] - розрахунки багатокомпонентної системи, в тому числі енергопостачання від альтернативних джерел енергії; ENERGY 10 [10]- розрахунок енергетичного балансу; EnergyPlus – оптимізація використання ресурсів (енергії та води) в будівлі. На ранніх стадіях проектування доцільним є використання програмного продукту RETScreen [11], який дає можливість отримати оцінку енергетичної та економічної ефективності проекту.

При проектуванні «пасивних» будинків використовується програмний продукт PHPP – Passive House Planning Package розроблений Інститутом пасивного будівництва [12] (Passive house institute, Дармштадт, Німеччина). Програма найбільш повно враховує вихідні дані проектування – кліматичні умови, характер оточення, геометричні, конструктивні, теплофізичні параметри будівлі, енергетичний баланс, інженерні системи освітлення, вентиляції, тепло- та водопостачання та ін.

При проектуванні енергоефективних будівель важливим є наявність програмних продуктів, які надають можливість порівняти проектні альтернативи, оперативно провести оцінку архітектурного об'єкту - комплексну або за окремими компонентами, моделювання енерго- та ресурсного балансу, освітленості, затінення, сонцезахисту, вентиляції, визначення акустичних, теплофізичних параметрів, оптимізації геометричних параметрів будівлі,

проведення енергетичного аналізу, а також і аналізу екологічного впливу будівлі на довкілля. Переважна частина цих задач вирішується програмним забезпеченням Green Building Studio, Graphisoft EcoDesigner, Autodesk Ecotect та Weather tools, Vasari, Flow Design.

Розширенню загального інформаційного поля досліджень енергоефективної архітектури сприяють створення баз даних в окремих галузях проєтування. Так, програмний продукт Meteororm [13] охоплює світову базу метеорологічних даних, що протягом 25 років накопичує, перевіряє, оновлює та розширює каталоги метеорологічних даних, які включають понад 30 параметрів для використання їх при розрахунках, проєктуванні енергоефективних об'єктів.

Також постійно розвиваються бази даних енергоефективних конструкцій та матеріалів, як наприклад, база конструктивних рішень Ізовер, яка пропонує архітекторам біля 150 будівельно-конструктивних вузлів без теплових мостів сертифікованих Інститутом пасивного будинку [14, 15].

#### **Основні положення конкурсу «Ізовер. Мультикомфортний будинок»**

Щорічний конкурс «ISOVER Multi Comfort House Students Contest» пропонує до вирішення складні містобудівні та планувальні завдання з формуванням архітектурного середовища на засадах енергоефективності, екологічності та комфорту. Задекларована концепція мультикомфортної будівлі поєднує принципи проєктування пасивних будинків та заходи забезпечення комфорту з акустики, освітлення, якості повітря, а також пожежної безпеки та екологічності.

За період проведення конкурсу задача проєктування енергоефективного житлового середовища неодноразово пропонувалась студентам: «Regeneration and community development in Trent Basin, Nottingham, UK, 2012», «Vision& Reality – Gluckstein Quarter in Mannheim, Germany, 2013» та ін., в кожному з яких, крім базових вимог до енергоефективності та комфортності, увага приділялась соціальним економічним, аспектам та дослідженню прогностичних тенденцій формування житлового середовища з позицій реалістичних сценаріїв реалізації прогресивних ідей.

Завдання конкурсу 2015 року було сформовано за ініціативи муніципалітету м.Астани- столиці Казахстану - міста, що динамічно розвивається та має амбітні цілі щодостворення сучасного високотехнологічного середовища, поєднання національних традицій та ультра-сучасних підходів при формуванні міської структури та забудови з залученням відомих архітекторів, ідей молодих архітекторів з різних країн, впровадження інновацій, наукових винаходів, високих технологій в перспективні проєкти.

Своєрідним орієнтиром в цьому процесі є заплановане на 2017 рік міжнародна виставка Expo Astana 2017 Future Energy (Енергія майбутнього), де

провідною темою є енергія як рушійний фактор соціально – екологічної системи. Представлення різних аспектів цієї теми - енергозабезпеченість, енергетична безпека, альтернативні джерела енергії, енергоефективність та екологічність, економічність та соціальна прийнятність сучасних енергоефективних технологій – являє собою реалізацію системного підходу до формування стратегії реалізації цілісного енергоефективного середовища.

В руслі цієї інноваційної концепції об'єктом конкурсного завдання став житловий квартал, що має бути забудованим після завершення всевітньої виставки «Astana EXPO-2017». В житловому комплексі, що проектується мають бути втілені підходи «зеленого» будівництва, енергоефективної та екологічної архітектури з досягненням стандарту Мультикомфортного будинку Сен-Гобен, що розраховується програмою Multy-Comfort House Designer.

При оцінці якості проектних рішень встановлено розподіл вагомості складових оцінки: «Архітектура» - 50%; «Технічні критерії»: 20%, «Деталі та вузли конструкцій» - 20%, «Використання продукції (ISOVER, CertainTeed MAG, Izosam) - 10%, що підкреслює важливість системного проектування, інтегрованих архітектурно-просторових та конструктивно – інженерних рішень. Домінуючою частиною конкурсних балів є оцінка архітектурного рішення.

### **Концепція та об'ємно – просторова структура**

Для ефективного рішення проектної задачі необхідно було визначити стратегію розробки проекту та етапи послідовного досягнення оптимального архітектурного рішення за етапами: передпроектний аналіз, уточнення постановки задачі, містобудівна концепція кварталу, об'ємно–просторова концепція кварталу та окремих будівель в його складі, моделювання та аналіз проектних варіантів за допомогою комп'ютерних програм, оцінка та порівняння варіантів, детальна розробка обраного варіанту, уточнення конструктивних та інженерних рішень та розрахунок енергоефективності будівлі. В цілому принциповим було виявлення в архітектурі будівель житлового комплексу особливостей формоутворення енергоефективних будівель в умовах різкоконтинентального клімату.

Синтезу концепції формування житлового середовища на запропонованих конкурсних умовах передувало ознайомлення з національно-культурними традиціями, еволюцією архітектури Казахстану, історією створення сучасної столиці та стратегії її розвитку. Більш повному розумінню ситуації сприяла можливість відвідання міста в період проектування.

Власне передпроектний аналіз включав ретельне вивчення ділянки проектування, характеру забудови, рельєфу, природно - кліматичних умов. Особливу увагу було приділено вивченню кліматичних та гідрогеологічних

умов м.Астани, що значною мірою вплинуло на формування просторової структури житлового комплексу.

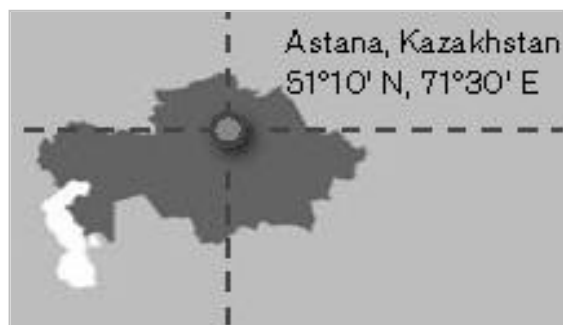


Рис. 1. Географічне положення м.Астана



Рис. 2. Ділянка проектування

Кліматичні умови Астани відносяться до різко континентальних, з абсолютним температурним мінімумом  $-52^{\circ}\text{C}$ , абсолютним температурним максимумом  $+42^{\circ}\text{C}$ . Тривалість опалювального сезону становить близько 216-229 днів, середня температура в опалювальний сезон:  $-8.4^{\circ}\text{C}$ , розрахункова температура найхолодніших п'яти днів:  $-36^{\circ}\text{C}$ . Також в Астані спостерігається складний вітровий режим, кількість вітряних днів досягає 280-300 днів, в зимові місяці переважають південно-західні вітри, влітку – північно-східні.

Для отримання кліматичних даних було використано програмне забезпечення Meteororm, на основі якого було розраховано та сформовано початкову базу даних. Далі ця база конвертувалась за допомогою програм сім'ї Autodesk, Autodesk Ecotect & Weather tools, де дані візуалізуються і видаються у вигляді графіків та таблиць, що дозволяє проаналізувати кліматичні параметри (рис. 3, 4, 5).

Після аналізу даних були визначені основні напрямки задачі проектування, такі як захист забудови від холодних південно-західних зимових вітрів, забезпечення максимального використання сонячної енергії в зимовий період, забезпечення комфортного мікроклімату в забудові в літній період – аерація території та сонцезахист в будівлях.

На основі опрацювання вихідних даних передпроектного аналізу умов ділянки проектування було сформовано функціонально-планувальну структуру кварталу, що включає житлові будинки, офісну будівлю, паркінг, об'єкти інфраструктури – магазини, підприємства побутового обслуговування, дитячий садок. На ділянці сформовані пішохідні транзити, що проходять в вітрозахисній зоні, також створено атріумний громадський простір, який має комунікаційну та рекреаційну функцію (рис.6). Поверховість забудови визначена умовами конкурсу – 6-8 поверхів, заглиблення в ґрунт обмежується гідрогеологічними умовами – високий рівень ґрунтових вод, глибина промерзання ґрунту – 2,05 м.

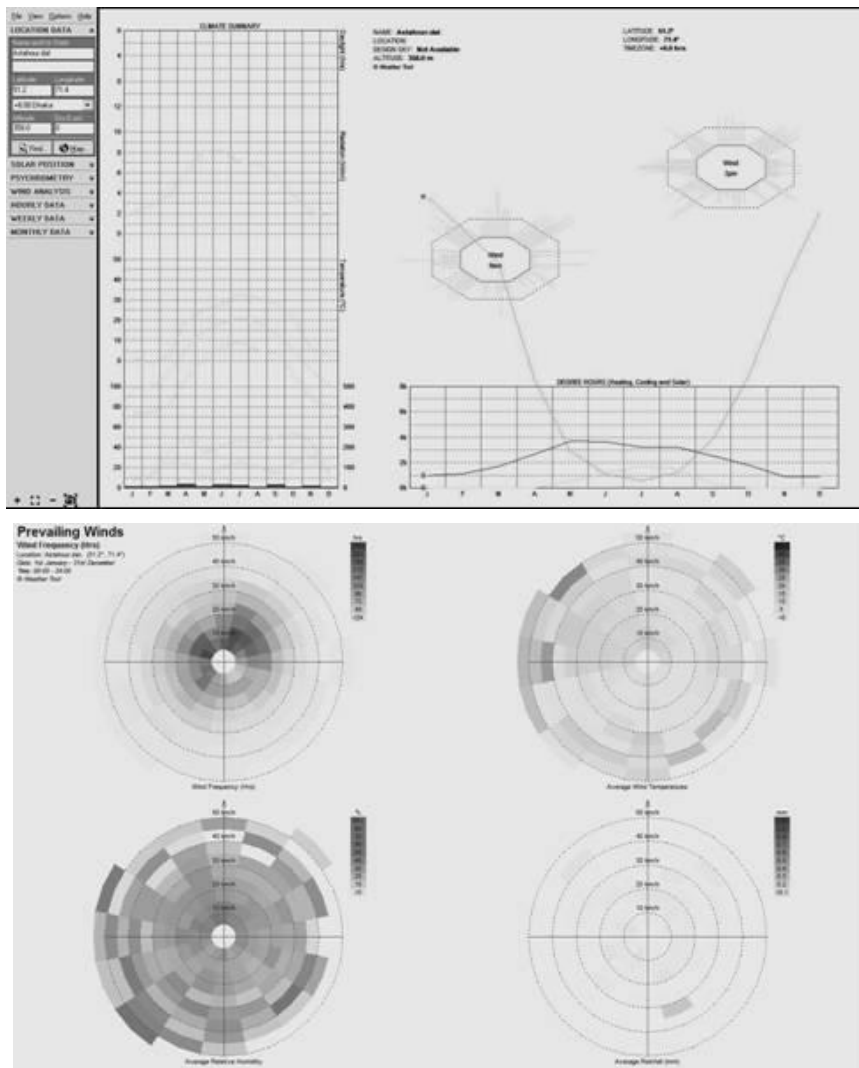
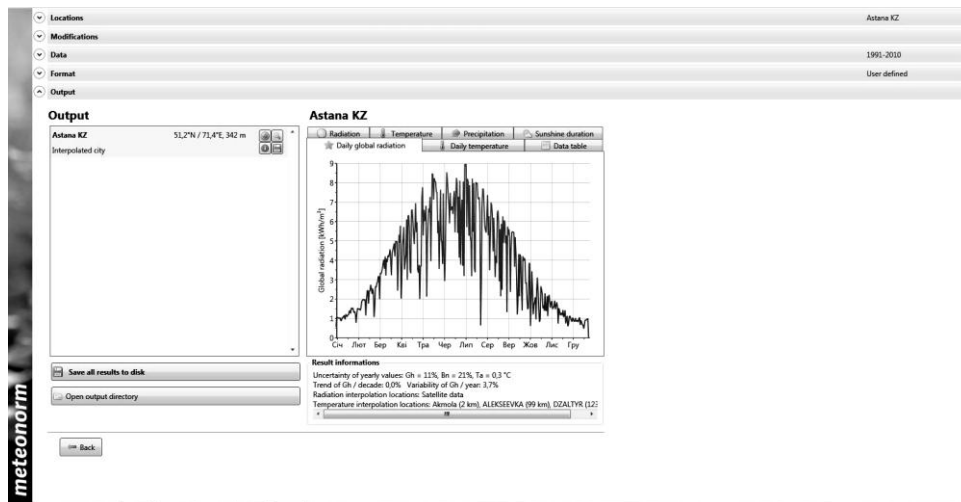


Рис. 3. Аналіз кліматичних даних

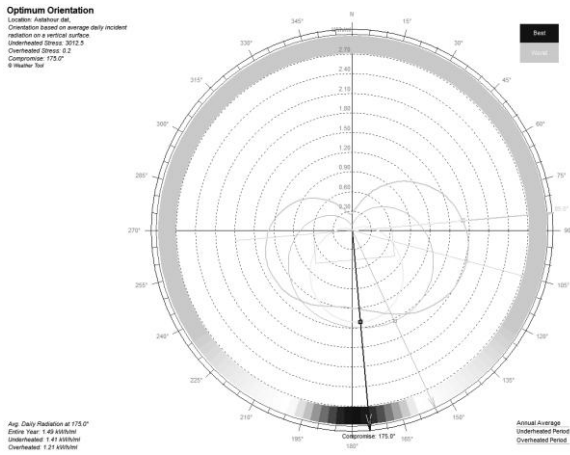


Рис.4.Визначення оптимальної орієнтації будівлі

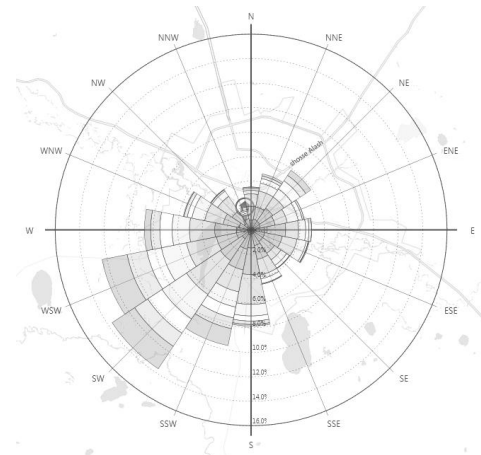


Рис 5. Зведена річна роза вітрів

На початковій стадії варіантного проектування було проаналізовано замкнену, напівзамкнену периметральну та рядову забудову. Найкращі річні показники мікроклімату в забудові виявлено в напівзамкненій структурі забудови, що забезпечує захист з південно–західного боку від холодних вітрів в літній період сприяє необхідній аерації території (рис. 7,8). Поруч з моделюваннямаеродинамічних якостей передбачено аналіз надходження сонячної радіації на поверхні будівель. Початкова вихідна модель спочатку досліджувалась в Autodesk Vasari, де було комплексно визначено максимально доцільні аеродинамічні форми будівель та оптимальне планування відносно сонячної радіації (рис 9).

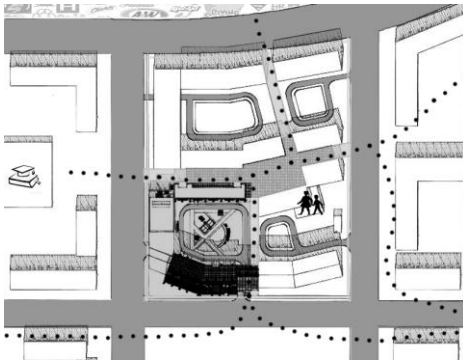


Рис. 6. Функціональне зонування кварталу

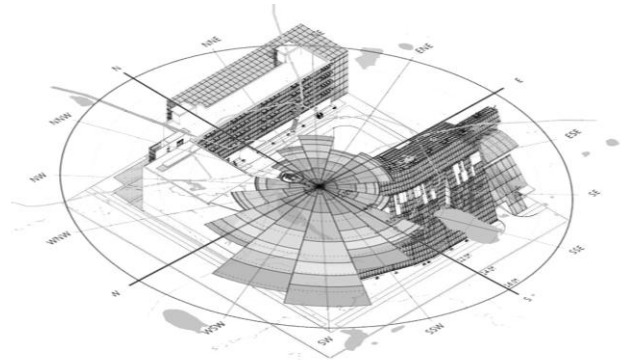


Рис. 7. Моделювання вихідного варіанту житлової групи

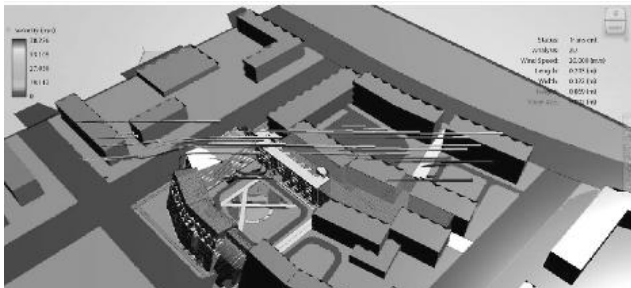
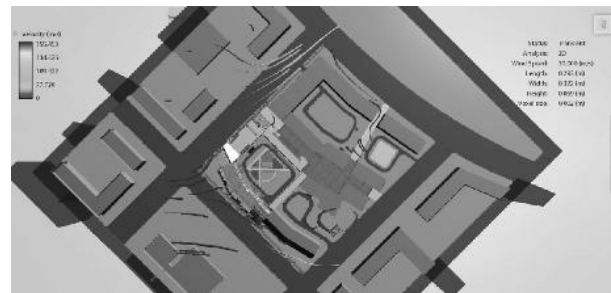
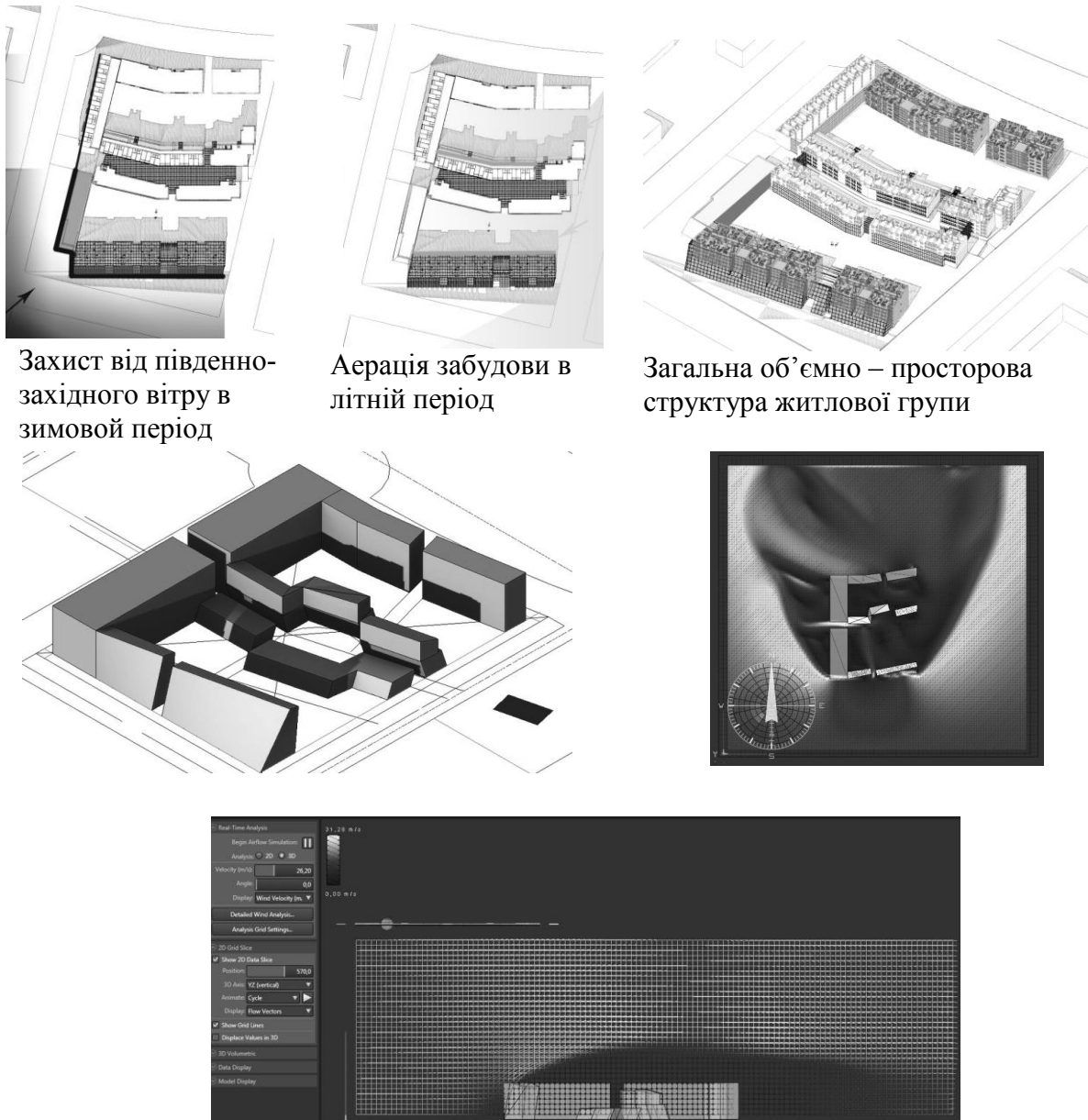


Рис. 8. Аналіз аеродинамічних якостей



вихідного варіанту житлової групи



Захист від південно-західного вітру в зимовий період

Аерація забудови в літній період

Загальна об'ємно – просторова структура житлової групи

Рис. 9. Проведення моделювання в Autodesk Vasari

Південно– західний кут кварталу, що найбільшим чином підпадає під вплив холодного вітру, сформовано з будівлі паркінгу та житлової будівлі, в якій передбачено вітрозахисний екран та буферний простір. Кут нахилу поверхні вітрозахисного екрану, що становить  $75^\circ$ , визначено шляхом експериментального моделювання. Переважна орієнтація фасадів будівель відповідає рекомендованому азимуту  $175^\circ$ , що забезпечує максимальне використання сонячного опромінення в зимовий період. В той же час для запобігання перегріву в літній період в будівлях передбачено сонцезахисні пристрої (горизонтальні затінюючі навіси, жалюзі). Після визначення загальної об'ємно – просторої структури житлової групи, плану забудови та форм будівель здійснено перехід до розробки архітектурно-планувального рішення за допомогою AutoCAD 16 (рис.10). В житлових будівлях в проєкті передбачені системи прямого та непрямого сонячного обігріву, що важливо в



зимовий період, а для літнього періоду пропонується влаштування сонцезахисту з стаціонарних та трансформованих елементів. Інженерні системи будівлі включають примусову вентиляцію, збір та розподіл дощової води для технічних потреб, запропоновано розташування на фасадах південної орієнтації та на дахах геліоколекторів.

Фінальним етапом, після уточнення параметрів будівлі, стала перевірка аеродинамічних якостей забудови за допомогою Autodesk Flow Design (рис.11) та розрахунку енергоефективності в програмі Multy-Comfort House Designer v.3.5., що підтвердило досягнення заданої мети, а саме мікрокліматизації території забудови, створення енергоефективної житлової будівлі, організації комфортного житлового середовища в умовах різко континентального клімату.

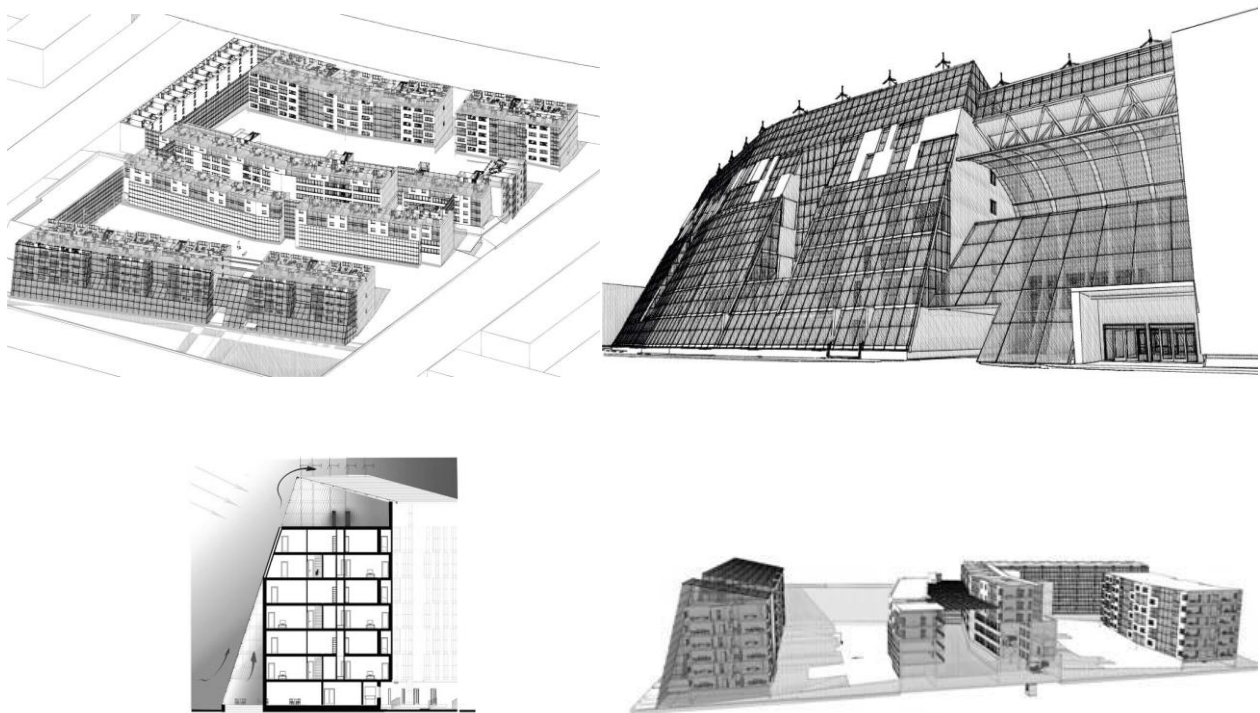


Рис. 10. Проектна пропозиція енергоефективної житлової групи за конкурсною програмою «Ізвер. Мультикомфортний будинок. Житло в холодному кліматі. Астана, Казахстан»

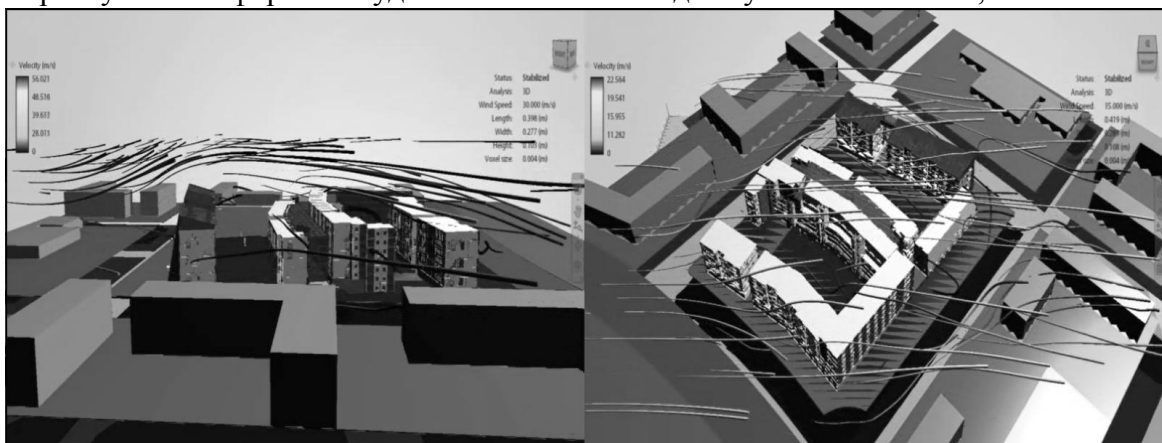


Рис. 11. Аналіз аеродинамічних якостей забудови за допомогою Autodesk Flow Design

## Література

1. Daniels K. The Tecnology of Ecological Building.-Basel, Boston, Berlin: Birkhauser,1997. – 302 p.
2. Hausladen G., M.de Saldanha, Ch. Sager, P. Liedi. Clima design - – Munhen: Callwey, 2004. - 208 p.
3. Bauer M, Mosle P., Schwarz M. Green building. Konzepte fur nachhaltige Architektur. – Munhen: Callwey, 2007. – 206 p.
4. Кащенко Т.О. Передумови формування архітектурного енергоефективного середовища/ Науково - технічний збірник «Сучасні проблеми архітектури та містобудування» - К:КНУБА,2008 – Вип. 19.-с. 132-137.
5. Михайленко А.В. Основи комп'ютерного моделювання для архітекторів. Навчальний посібник. / А.В. Михайленко- К.: КНУБА, 2011. -132 с.
6. Режим доступу <http://www.physibel.be>
7. Режим доступу <http://www.flixo.com>
8. Режим доступу <http://www.archiphysik.com>
9. Режим доступу <http://www.trnsys.com>
- 10.Режим доступу <http://www.energy10.dk>
- 11.Режим доступу <http://www.retscreen.net>
- 12.Режим доступу <http://www.passiv.de>
- 13.Режим доступу <http://meteonorm.com>
14. Режим доступу <http://www.isover-construction.com>
- 15.Режим доступу <http://www.isover-students.com>

## Аннотация

В статье рассмотрены особенности проектирования энергоэффективного жилья с использованием методов компьютерного моделирования. Возможности реализации отдельных методов продемонстрированы на примере проектирования жилой группы, разработанной в соответствии с условиями конкурса «Изовер. Мультикомфортное здание. Жилье в холодном климате. Астана, Казахстан»

Ключевые слова: жилая группа, энергоэффективное жилье, энергоэффективность, моделирование.

## Annotation

At the article it is described specifics of energy residential dwelling buildings desing using methods of computer modeling. Possibilities of methods of computer modeling were presented on the example of dwelling group designed according competition program «Isover. Multy-Comfort House. Residential function in cold climate – Astana, Kazakhstan».

Keywords: dwelling group, energy efficient dwelling buildings, energy efficiency, modeling.