МІНІСТЕРСТВО ОСІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ
В.Н.КАРАЗІНА

НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ КОМП'ЮТЕРНОЇ ФІЗИКИ
ТА ЕНЕРГЕТИКИ
КАФЕДРА ТЕПЛОФІЗИКИ, МОЛЕКУЛЯРНОЇ ФІЗИКИ ТА
ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ

Пояснювальна записка

до дипломної роботи

за освітньо-професійним рівнем «магістр»

« Дослідження зміни коефіцієнтів тепловіддачі від зовнішніх впливів на поверхнях огороджувальних конструкціях будинків »

Виконав студент II курсу, групи НФ -62
Подчасова Ганна Олегівна
Спеціальність 105 Прикладна фізика та наноматеріали
Освітня програма : Прикладна фізика енергетичних систем.
Керівник к.н.т., с.н.с. К.Б. Мягкохліб

Рецензент

Харків - 2019 року

Додаток 18

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Харківський національний університет імені В.Н.Каразіна

Факультет фізико-енергетичний
Кафедра теплофізики, молекулярної фізики та енергоефективності
Рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень) магістр
Спеціальність 105 — прикладна фізика та наноматеріали

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ **Ю.М. Мацевитий**
підпис ініціали, прізвище

"____"_____20___року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ (ПРОЕКТ)

Подчасова Ганна Олегівна
(прізвище, ім'я, по батькові студента)

1. Тема роботи Дослідження зміни коефіцієнтів тепловіддачі від зовнішніх впливів, на поверхнях огороджуючих конструкцій будинків

керівник роботи_Мягкохліб Костянтин Борисович, доцент, к.т.н._____
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від "___"_____20__року №___

2. Строк подання студентом роботи_____

3. Перелік питань, які потрібно розробити
Аналіз зовнішніх впливів, а саме вітер, температура зовнішнього повітря, осадки.
Чисельне моделювання натікання повітряного потоку на північний корпус Харківського національного університету ім. В.Н. Каразіна.
Визначення коефіцієнтів тепловіддачі на зовнішніх поверхнях огороджуючих конструкцій північного корпусу Харківського національного університету ім. В.Н. Каразіна

4. План роботи

№ з/п	Назви етапів роботи
1	Аналіз зміни швидкості та напряму повітряного потоку.
2	Аналіз зовнішніх впливів та визначення граничних умов дослідження.
3	Дослідження зміни коефіцієнтів тепловіддачі.
4	Висновки. Оформлення пояснювальної записки та презентації.

5. Дата видачі завдання_____

Студент _____ Подчасова Г.О.

Керівник роботи _____ Мягкохліб К. Б.

Зміст

Вступ 6

Розділ 1 6

1.1 Сучасні методи визначення коефіцієнтів тепловіддачі на зовнішніх поверхнях будівель в залежності від зовнішніх обурюючих впливів 6

1.2 Теоретичний підхід до визначення коефіцієнтів тепловіддачі на зовнішніх поверхнях будівель в залежності від зовнішніх збурюючих впливів 8

Розділ 2 13

2.1 Визначення зовнішніх збурюючих впливів 13

2.2 Теоретичні основи розрахунку коефіцієнта тепловіддачі на зовнішні поверхні будівель в залежності від швидкості і напрямку вітру 24

2.3 Розрахунковий аналіз зміни коефіцієнтів тепловіддачі на зовнішніх огороджувальних конструкціях північного корпусу Харківського Національного Університету імені В.Н. Каразіна 29

Розділ 3 32

3.1 Енергоаудит північного корпусу Харківського Національного Університету імені В.Н. Каразіна 32

3.2 Результат аеродинамічних розрахунків 40

3.3 Визначення коефіцієнтів тепловіддачі на зовнішніх огороджувальних конструкціях північного корпусу Харківського Національного Університету імені В.Н. Каразіна 41

Висновки 45

Список літератури 46

Реферат

Визначення коефіцієнта теплопередачі пов'язано з втратами тепла від огороджувальних конструкції будівель. Розрахунки не враховують теплового розмаїття стінок, або, іншими словами, вони не враховують той факт, що існують місця з різною теплопровідністю. Коефіцієнт теплопередачі насправді вище, тож на макрорівні, якщо брати до уваги масштаби всієї країни, може бути значним. Енергоефективность може бути невірно визначеною через тепловий коефіцієнт. Тому для забезпечення комфортних умов у приміщенні необхідно робити розрахунки.

Abstract

Determination of the heat transfer coefficient is associated with heat losses from the enclosing structures of buildings. The calculations do not take into account the thermal diversity of the walls, or in other words, they do not take into account the fact that there are places with different thermal conductivity. The heat transfer coefficient is actually higher, so at the macro level, if you take the scale of the whole country, it can be significant. Energy efficiency can be misidentified due to the thermal coefficient. Therefore, to ensure comfortable conditions in the room, it is necessary to make calculations.

Вступ

При обтіканні поверхонь будівлі повітряною течією спостерігається його складна структура (області гальмування, відриви, зворотні струми та інше), яка потребує при визначенні граничних умов (в умовах певної турбулентності), уточнення умов теплообміну на його зовнішніх поверхнях на основі аналізу локальних фізичних процесів.

Аналіз дослідження умов обтікання вітряного потоку будівель різної конфігурації показує, що відсутній підхід до визначення коефіцієнтів тепловіддачі на зовнішніх поверхонь огороджувальних конструкцій будівель пов'язаний зі структурою течії в локальних областях, гальмування потоку та формування градієнтної течії, внаслідок чого умови формування теплопередачі суттєво відрізняється від прийнятих у розрахунках тепловитрат будівель.

Метою даної роботи є аналіз структури течії та натікання потоку повітря для визначення коефіцієнтів тепловіддачі на зовнішніх поверхонь будівель.

Для досягнення даної мети:

- аналіз зовнішніх збурюючих впливів: опади, швидкість та напрям вітру, температура зовнішнього повітря;
- чисельні досліди натікання потоку повітря на зовнішні огороджувальні конструкції північного корпусу Харківського Національного Університету імені В.Н. Каразіна;
- визначення коефіцієнтів тепловіддачі на зовнішніх поверхонь північного корпусу Харківського Національного Університету імені В.Н. Каразіна.

Об'єктом є дослідження теплового режиму приміщення північного корпусу Харківського Національного Університету імені В.Н. Каразіна.

Предметом дослідження є умови теплообміну при натіканні потоку повітря на зовнішніх огороджувальних конструкцій північного корпусу Харківського Національного Університету імені В.Н. Каразіна.

Методом дослідження : розрахунково–чисельний метод досліджень.

Наукова новизна: встановлений кореляційний зв’язок коефіцієнтів тепловіддачі на огороджувальних конструкціях північного корпусу Харківського Національного Університету імені В.Н. Каразіна.

Практичне значення отриманих результатів: отримані результати дозволяють розробити методику забезпечення комфортних умов північного корпусу Харківського Національного Університету імені В.Н. Каразіна.

Структура дипломної роботи. Робота складається з 3 розділів, які включають в себе:

- Розділ 1
    1. Сучасні методи визначення коефіцієнтів тепловіддачі на зовнішніх поверхнях будівель в залежності від зовнішніх обурюючих впливів
    2. Теоретичний підхід до визначення коефіцієнтів тепловіддачі на зовнішніх поверхнях будівель в залежності від зовнішніх збурюючих впливів
- Розділ 2
    1. Визначення зовнішніх збурюючих впливів
    2. Теоретичні основи розрахунку коефіцієнта тепловіддачі на зовнішні поверхні будівель в залежності від швидкості і напрямку вітру
- Розділ 3
    1. Енергоаудит північного корпусу Харківського Національного Університету імені В.Н. Каразіна
    2. Результат аеродинамічних розрахунків
    3. Визначення коефіцієнтів тепловіддачі на зовнішніх огороджувальних конструкціях північного корпусу Харківського Національного Університету імені В.Н. Каразіна

Розділ 1

1.1 Сучасні методи визначення коефіцієнтів тепловіддачі на зовнішніх поверхнях будівель в залежності від зовнішніх обурюючих впливів

Для розрахунку річного споживання енергії необхідна точна оцінка теплового коефіцієнта стінок. Теплові властивості будівлі безпосередньо впливають на річне споживання енергії. Теплопровідність стінки залежить від теплопровідності кожного шару цієї стінки, і тому тепловий опір всієї стінки може бути змодельований способом, аналогічним опору резисторів в моделях потоку електричного струму. Тому для оцінки реальних тепловтрат через зовнішню оболонку будівлі необхідні вимірювання.

Енергоаудит дуже важливий з точки зору енергозбереження в будівлях. Тому важливо вміти оцінювати коефіцієнт теплопередачі огороджувальних конструкцій будівель. Ґрунтуючись на вимірюванні теплового потоку через стіну.

При використанні стандартних методів вимірювання в зимовий період повинно проводитися протягом двотижневого періоду часу.

Одним з методів вимірювання температури - тепловізор. Зображення будівлі відображає тепловий стан в даний момент часу, але воно не відображає змін у часі. Також помітно, що будівля практично ніколи не знаходиться в стані теплової рівноваги, що може призвести до неправильної розрахунків будівлі в результаті застосування стандартних методів. Особливо це помітно при створенні великих моделей. У таких випадках значна частина оперативної пам'яті повинна бути задіяна для забезпечення правильної роботи відповідних програм. Можна застосувати нейронні мережі, теорії фракталів або методів збурень в різних галузях техніки. Штучні нейронні мережі були застосовані у тому числі для вирішення проблеми зворотного теплопровідності, з припущенням функціональної залежності теплопровідності від температури, і для прогнозування ефективної теплопровідності в пористих матеріалах. Методи збурень застосовуються практично у всіх галузях науки, в тому числі і в техніці.

Методи збурень також використовуються для аналізу стійкості динамічних систем. Всі методи, вимагають тривалих вимірювань і дуже часто втручаються в приватне життя людей. Отже, такі вимірювання в реальних умовах у багатьох випадках можуть виявитися неможливим для здійснення. Така швидка діагностика може бути застосована для оцінки тепловтрат через огороджувальні конструкції будівель в реальних умовах, коли вимір за допомогою тепловізора недоцільно.

Застосування наближених аналітичних методів, що охоплюють методи збурень, може бути визнано корисним для рішення задач теплового транспортування. Основні положення традиційної теорії збурень вимагають, щоб модель була перетворена в безрозмірну форму таким чином, щоб можна було визначити параметри і змінні, які впливають на поведінку системи.

1.2 Теоретичний підхід до визначення коефіцієнтів тепловіддачі на зовнішніх поверхнях будівель в залежності від зовнішніх збурюючих впливів

Потік теплової енергії рухається через стіни при певній різниці температур на внутрішній та зовнішній поверхонь будинків. Також температура теплового потоку може змінюватись через постійні зміни температур внутрішнього та зовнішнього повітря у часі. Нестаціонарними умовами називають теплопередачу через зміни у часі. А стаціонарною називають теплопередачу через те, що коливання температур не здійснюється, а потік теплової енергії залишається постійним у часі.

Якщо розглядати реальні ситуації, то теплопередача майже завжди є нестаціонарною. Розрахунки у нестаціонарних умовах можуть бути досить складними, тож вони використовуються як можна рідше. Але стаціонарні умови більш допустимі у практичних розрахунках теплопередачі. Середні данні температури приймаються у температурі будівлі за певний період часу, але для зовнішніх даних завжди мають на увазі певних кліматичні умови місцевості та огороджувальну конструкцію.

Завдяки стаціонарній задачі теплопередачі розрахунки значно спрощуються. У стаціонарних умовах необхідно визначити витрати тепла будівлі, розподілом температур на огороджувальних конструкціях.

Тепло передається через стінку сторону більш високих температур, наприклад зимою – в сторону зовнішнього повітря. Усього три етапи теплопередачі:

- сприйняття тепла у внутрішній частині приміщення через повітря у приміщенні
- передача тепла через багатошарову стінку
- віддача теплової енергії від стіни до навколишнього повітря.

Саме три типу передачі енергії до навколишнього середовища приймають участь – це теплопровідність, конвекція та випромінювання.

Теплопровідність – передача тепла, при якій пружними хвилями кінетична енергія передається послідовно у тверді та рідкі тіла, а через дифузію атомів чи молекул вона передається у гази.

Конвекцією називають переносом рухами маси речовини теплової енергії. Конвекцію можна побачити середовищі рідин та газів.

Випромінювання – електромагнітні хвилі, які можуть переносити енергію між поверхнями, які взаємно випромінюються та мають температуру вище абсолютного нуля. У газоподібному середовищі відбувається випромінювання. Зниження температур супроводжується на поверхні та на товщині під час процесу передачі тепла через стінку. На рис 1.1 зображено процес розподілу температур на межі багатошарової стінки

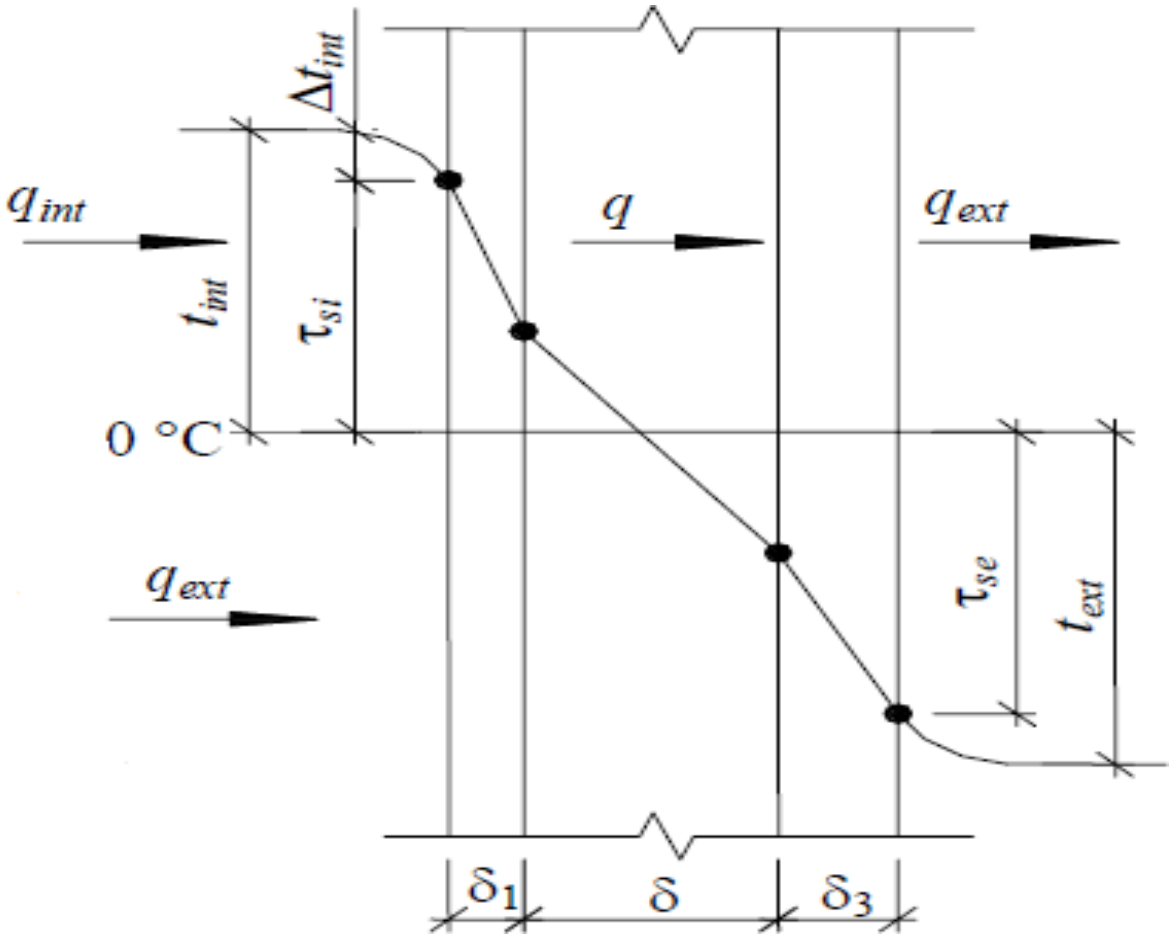


Рис 1.1 - Передача тепла та розподіл температур у багатошаровій стіні при стаціонарному режимі теплопередачі

На початку передача тепла відбувається через конвекцію від повітря в приміщенні до зовнішнього огородження та від внутрішніх огороджень

приміщення через випромінювання. Через приближення до поверхні стіни відбувається зниження температури повітря до температури поверхні. Вся дія обумовлена теплообміном у внутрішньої поверхні огородження, та залежить від коефіцієнта тепловіддачі внутрішньої поверхні[3].

Формулі теплового потоку, який відбувається на одиниці площі конструкції визначається:

$$q_{int} = \alpha(t_{int} - \tau_{si}) \tag{1.1}$$

Наступним кроком було те, що завдяки теплопровідності через товщину цегляної стіни, яка не мала повітряних прошарків, відбувається передача тепла. Через коефіцієнт теплопровідності кладки та товщини конструкції відбувається зміна температур у товщині стінки. Формула для теплового потоку:

$$q = \frac{\alpha}{\lambda}(T_{si} - T_{se}) \tag{1.2}$$

Віддача тепла на поверхнях стіни та визначається коефіцієнтами, які залежать від умов теплообмінну та випромінювання, тож:

$$\alpha_i = \alpha_{ik} + \alpha_{iл} \tag{1.3}$$

$$\alpha_e = \alpha_{ек} + \alpha_{ел} \tag{1.4}$$

α_{ik} , $\alpha_{iл}\alpha_{ек}$, $\alpha_{ел}$ – коефіцієнти тепловіддачі конвекцією та випромінюванням відповідно на внутрішніх та зовнішніх стінах.

Коефіцієнт тепловіддачі залежить від швидкості потоку тепла, виду течії і т. д. Це досить складна величина, тому її неможна визначити загальною формулою. Звичайно її находять експериментально.

Змішування теплого та холодного повітря порівняно рівномірне розподілення температури повітря за висотою, що дозволяє дотримуватися одного значення температури при розрахунку теплообміну на усіх поверхонь. Винятком є приміщення з великою кількістю теплового надлишку або струмовою подачею повітря, при якій має місце нерівномірне розподілення повітря за висотою або за планом приміщення. За результатом різних аеродинамічних умов у приміщенні можуть бути різні форми конвективного теплообміну.

У багатьох варіантах обмін теплого повітря з нагрітих або охолоджених поверхонь відбувається у режимі природної конвекції, у якої рух частин зовнішнього середовища обумовлено різницею температур та неоднаковою щільністю середовища.

На зовнішніх поверхнях огороджувальних конструкцій конвективний теплообмін в більшій мірі пов'язаний з вимушеним рухом повітря, тому для визначення коефіцієнта потрібно знати розрахункову швидкість вітру для зимових умов[5]. Найчастіше цей коефіцієнт знаходять за формулою:

$$\alpha_к^з = 7,34\vartheta^{0,656} + 3,78e^{-1,91\vartheta} \qquad (1.4)$$

Де V- швидкість вітру, е = 2,718 – основа логарифму. Для розрахунку швидкості вітру для зими приймається середня швидкість вітру із усіх румбів за січень , повторюваність яких 16% та більше. Тож відповідно до формули перший член обчислює змушену конвекцію , а інший – природну. Видно, що при вітру другий член практично наближується до нулю, та теплообмін відбувається за рахунок змушеної конвекції.

Коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні огороджувальної конструкції $\alpha_к$ ккал /$м^2$ год·°С слід визначати через таблицею 1.1.

Таблиця 1.1 - Коефіцієнти тепловіддачі зовнішньої поверхні огороджувальної конструкції $\alpha_к$

Знаходження зовнішніх поверхонь огороджувальних конструкцій	$\alpha_к$ ккал /$м^2$ год·°С	
	Зимовий час	Літній час
1	2	3
Поверхні, які стикаються безпосередньо з зовнішнім повітрям:		
а) зовнішні стіни	20	$5+10\sqrt{v}$
б) покриття	20	7,5+2,2v
2. Поверхні, які не доторкуються з зовнішнім повітрям		
а) горище	10	10
б) підвали	5	5
в) вентильовані повітряних прошарків	15	15

Швидкість вітру:

а) для зимових умов-швидкість, рівну максимальній швидкості з середніх швидкостей вітру по румбам за січень, повторюваність яких становить 16% і більше;

б) для літніх умов - мінімальну з середніх швидкостей вітру по румбам за липень, повторюваність яких складає 16% і більше, але не менше 1 м/сек.

Розділ 2

2.1 Визначення зовнішніх збурюючих впливів

Якщо детально розглядати клімат у м. Харкові, то переважає більш континентальней клімат. Середня температура у зику приблизно -3^{0}С. Якщо брати температуру середню за рік ,то у січні – це +6,9°С, а у липні – +20,3 (Рис 2.1).

У середньому опадів 513 мм саме у червні та липні. У самому місті та приміському середовищі клімат більш м'який , ніж на півночі.

Оскільки Харків знаходиться на 5 пагорбах і має перепад висот між верхній і нижній точці понад 115 метрів, тож переважає холодний вітер північно-східного напрямку. Середнім показником швидкості вітру за рік – 4 м/с.(Рис 2)

Таблиця 2.1 - Середня швидкість вітру

1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**Рік**
4,3	4,5	4,6	4,2	3,7	3,5	3,3	3,2	3,5	3,8	4,1	4,3	3,9

За опадами вологим місяцем є липень (67 мм), а із серпня до січня від 35 до 45 мм.

У місті Харкові відсутні природні тенденцій з підвищенням середньої розрахованої температури зовнішнього повітря опалювального періоду. Але при цьому спостерігається відхил у сторону підвищення фактичних середньомісячних температур повітря у перехідний період опалювальних сезонів, що призводять до помітного використання палива на початку та в кінці сезонів. Реальним виходом становить перехід на кількісне регулювання опалювальним навантаженням.

Для того щоб розуміти, як саме потрібно заперечити будівлю теплом необхідно мати прогноз зміни вітру на певному проміжку часу.

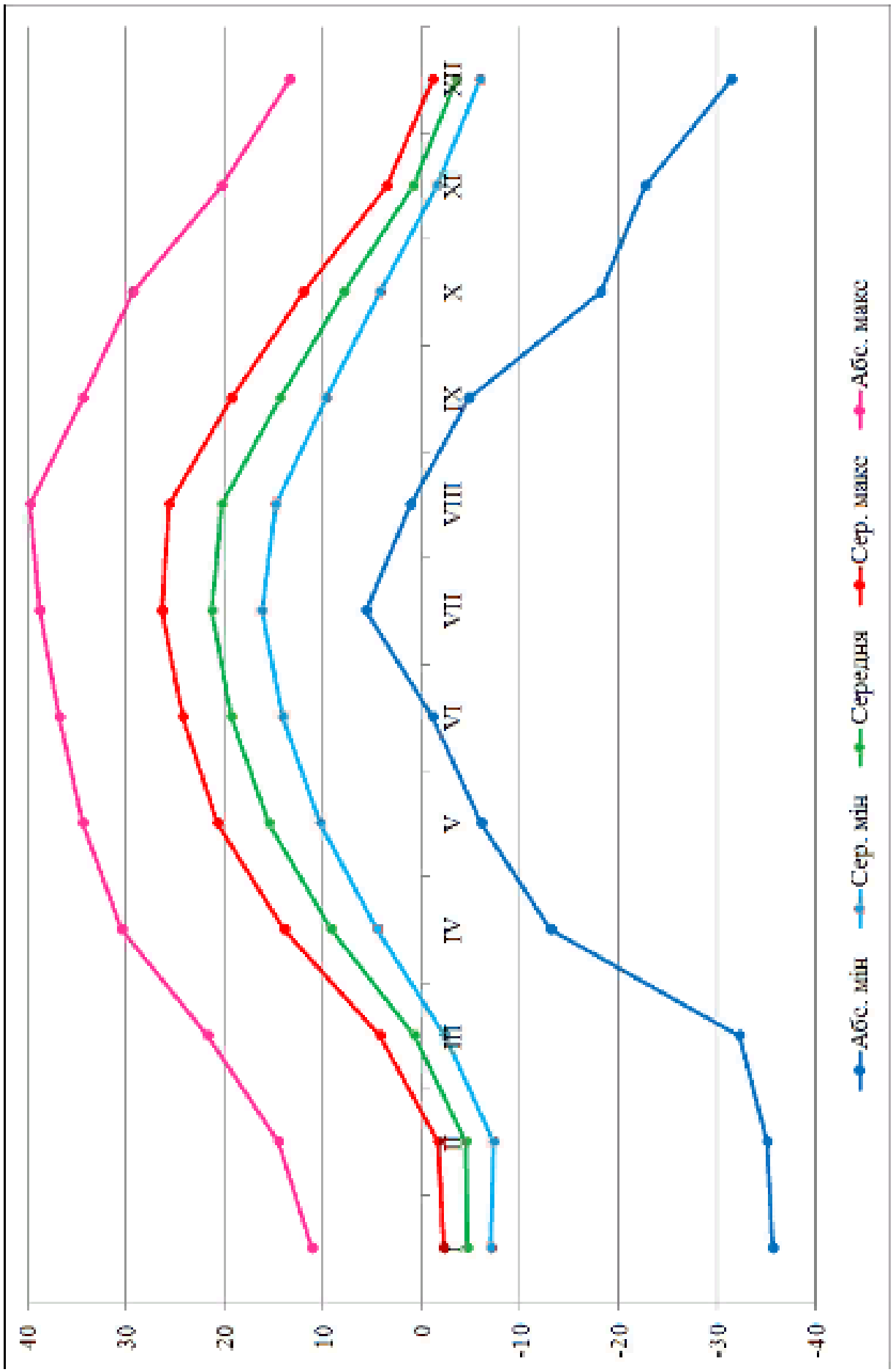


Рис 2.1 - Температура повітря

Таблиця 2.2 - Величина опадів помісячно

Напрям	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
Пн.	7	8	8	9	12	13	18	17	13	11	7	8	11
Пн.Сх.	9	9	11	11	12	11	14	13	12	9	9	8	11
Сх.	15	20	25	24	19	16	14	16	15	16	18	16	18
Пд.Сх.	11	14	15	16	14	10	8	9	13	14	17	16	13
Пд.	12	11	10	11	10	9	6	5	8	10	13	13	10
Пд.Зх.	16	14	11	10	9	9	7	7	10	12	13	14	11
Зх.	20	15	13	11	13	16	16	15	16	17	14	16	15
Пн.Зх.	10	9	7	8	11	16	17	18	13	11	9	9	11
Штиль	8	7	7	9	14	13	14	15	13	10	8	7	10

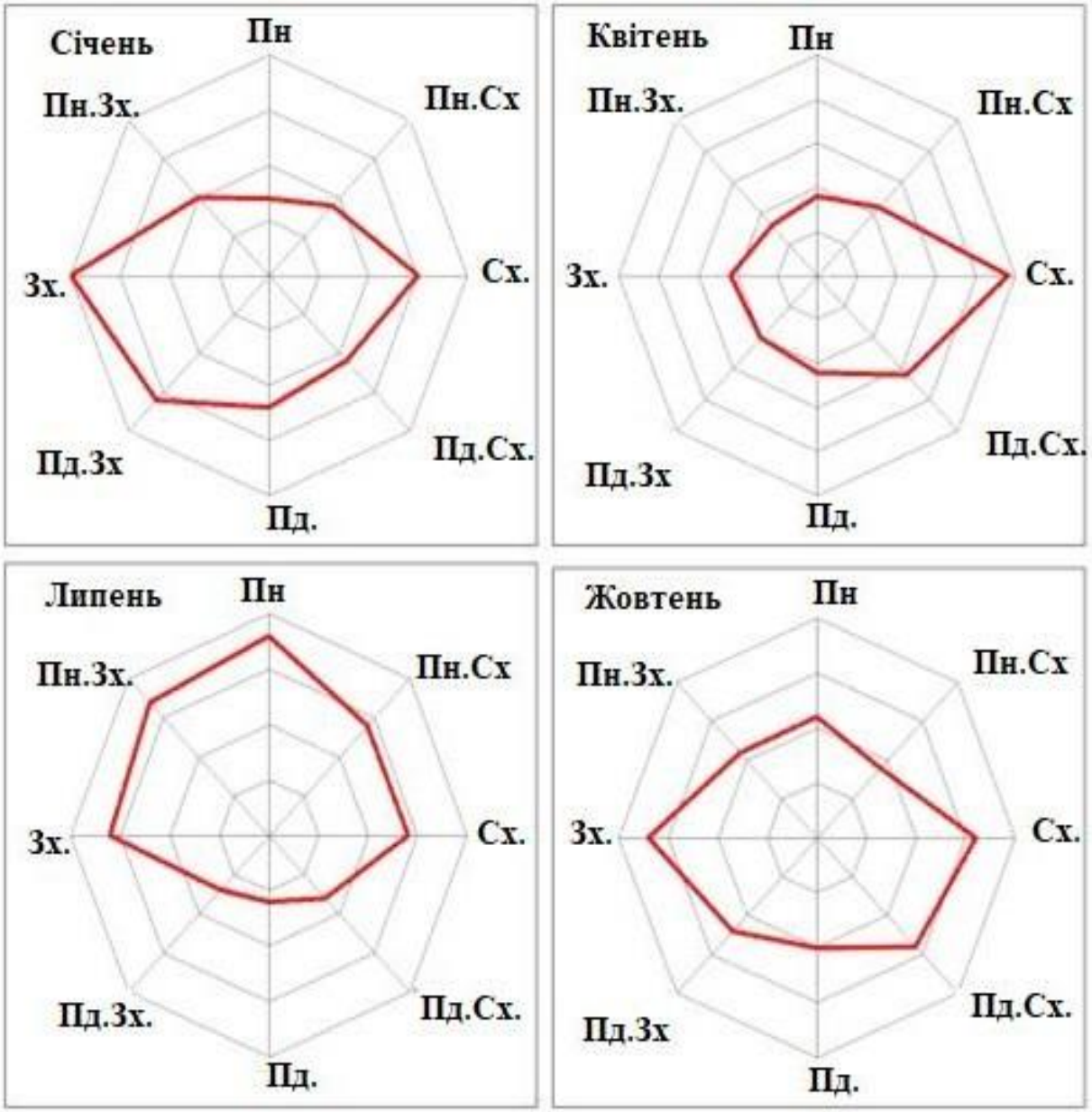


Рис 2.2 - Роза вітрів в середньому за рік

Вітер є визначальним фактором при зміні, як погоди, так і пори року. Кліматична зима у місті 120 днів (з кінця листопада до другої половини березня), а середнім максимумом нижче нуля з початку грудня до початку березня, тобто звичайна м’яка з періодичними відлигами та похолоданням. Кліматична тривалість зими може змінюватись , до аномальної теплої зими 2006 та 2007 році його довжина була більше чим у два рани менше середньостатистичної.

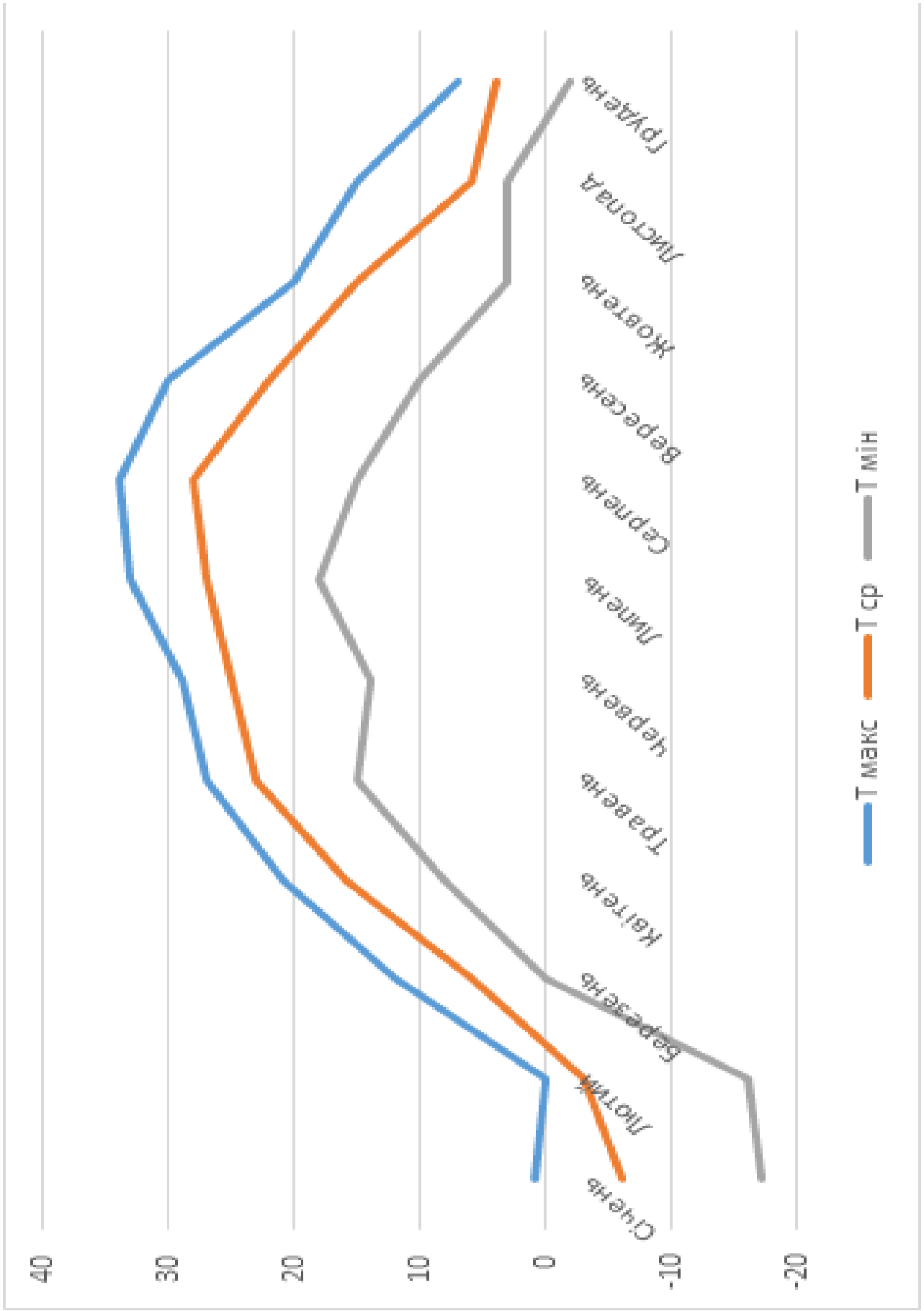


Рис 2.3 - Графік температури 2017 року

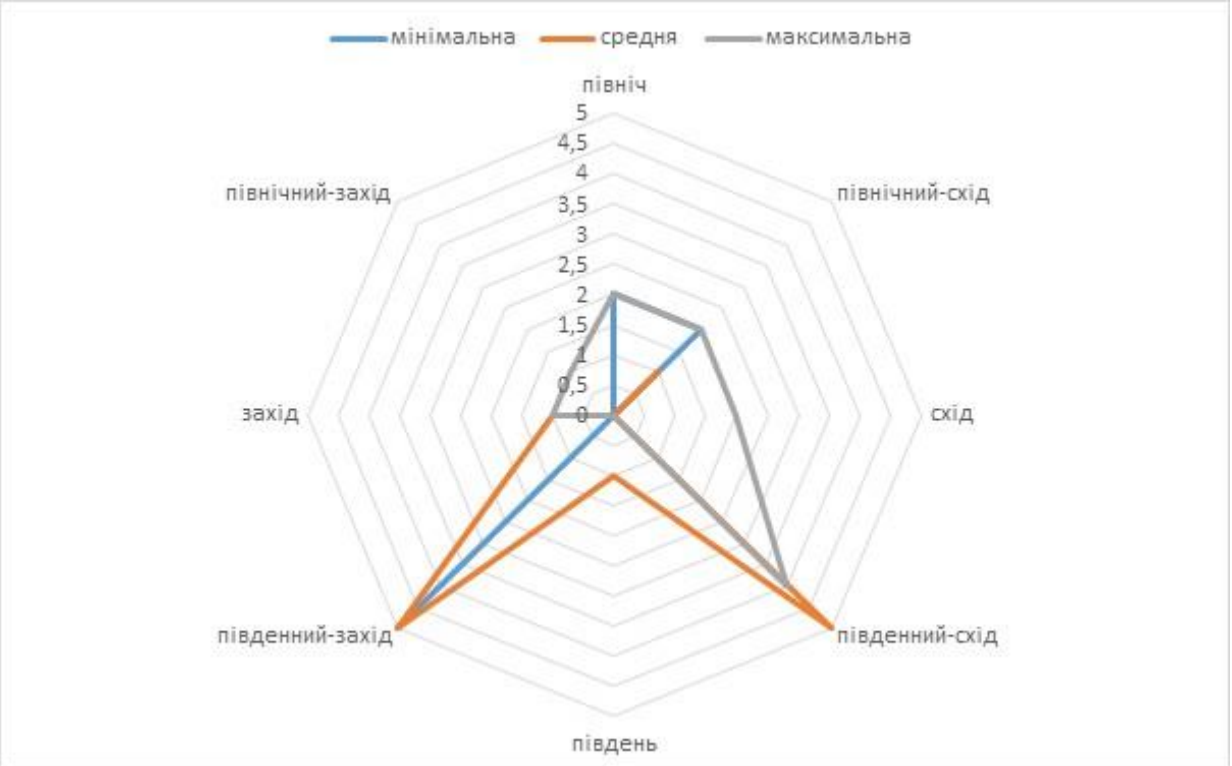


Рис 2.4 Роза вітрів за рік за 2017 рік

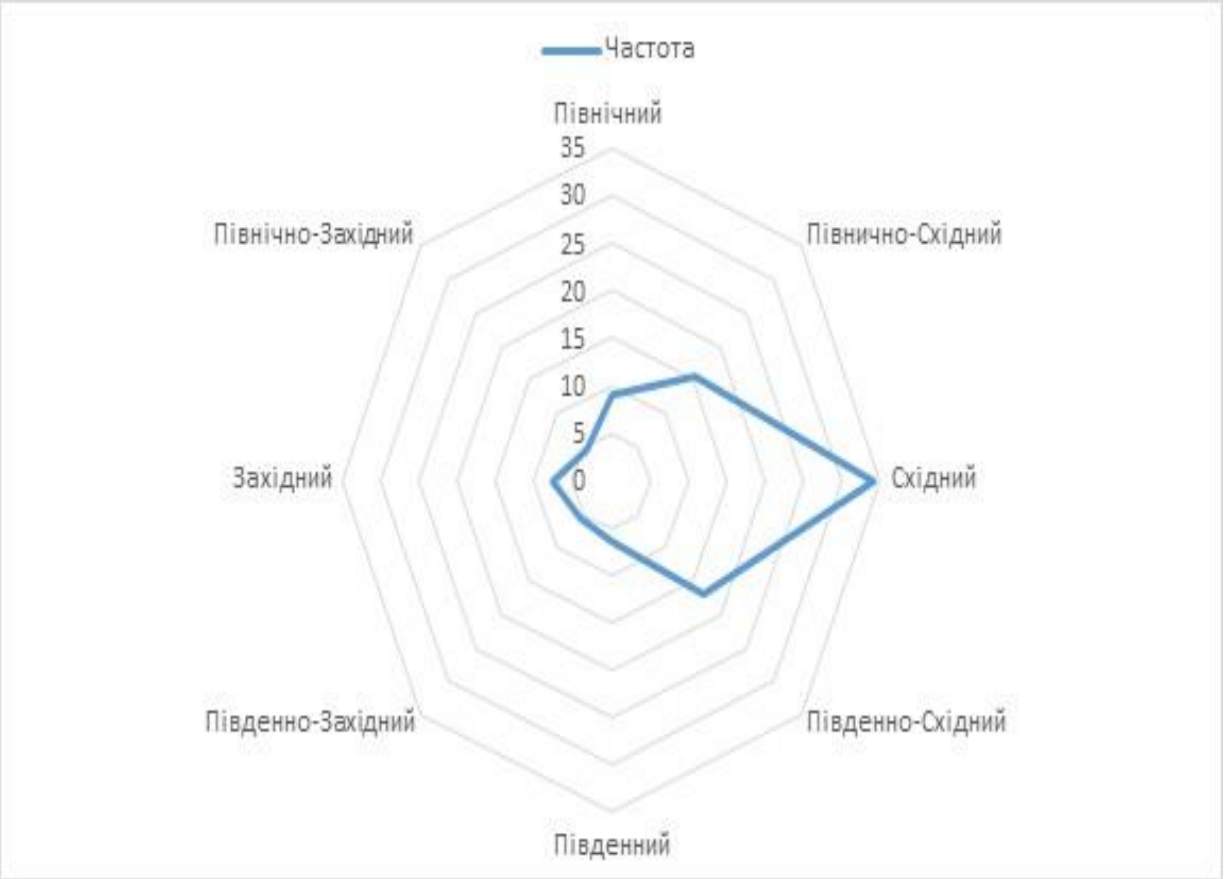


Рис 2.5 Роза вітрів за рік за 2018 рік

На основі аналізу зовнішніх обурень протягом сезону опалення в м. Харків 2017-2018 рік визначаються довжину часового інтервалу проміжку цих змін на 3,6,12 та 24 години.

Як подія може прийнята зміна швидкості вітру $v \geq 3\ м/с$, згідно з відхиленням швидкості або напрямку вітру.

Ймовірність появи події $P(v \geq 3\frac{м}{с})$ визначається в інтервалах різної тривалості відповідно умов:

$$P(\Delta v_н) = N_{\Delta v_н}/\mathrm{N} \qquad (2.1)$$

$N_{\Delta v_н}$ - число подій, що відповідають відхиленню швидкості вітру $\Delta v_н$ більше 3 $м/с$; N-загальне число подій.

Для визначення ймовірності появи події $v \geq 3 м/с$ на різних інтервалах часу були вибрані холодні місяці у році м. Харкова, для яких характерні максимальні перепади швидкості вітру . В табл. 2.1 імовірність появи події $v \geq 3 м/с$ у інтервалі часу 3 години позначилося як $P_3(\Delta v_н)$, 6 часов – $P_6(\Delta v_н)$, 12 часов – $P_{12}(v^0_н - v^{12}_н)$, $P'_{12}(v^{12}_н - v^{24}_н)$, и 24 часа – $P_{24}(v^{12}_н - v^{12}_н)$, $P'_{24}(v^{24}_н - v^{24}_н)$ у таблиці 2.1

Із таблиці 2.1 видно, що найбільшу ймовірність появи події $v \geq 3\ м/с$ спостерігається в часовому інтервалі $P_{24}(v^{12}_н - v^{12}_н)$. Ймовірність $P_6(\Delta v_н)$, є меншою серед інших показників. Найбільший рівень коливання швидкості вітру спостерігається при зміні дня і ночі, що свідчить про доцільність прийняття в якості основного – часовий інтервал 12 годин.

Таблиця 2.1. - Ймовірність появи події $v \geq 3\ м/с$ у інтервалі протягом 3, 6, 12 годин та 24 години

Місяці опалення	Рік	$P_3(\Delta v_н)$	$P_6(\Delta v_н)$	$P_{12}(\Delta v_н)$	$P'_{12}(\Delta v_н)$	$P_{24}(\Delta v_н)$	$P'_{24}(\Delta v_н)$
Січень	2017	1	1	1	1	0,88	0,88
	2018	0	0	0	0,4	0,55	0
Лютий	2017	0,5	0,66	0,8	1	1	0,55
	2018	1	0,66	0,4	0,8	1	1
Грудень	2017	1	1	1	1	1	1
	2018	1	1	1	1	1	1

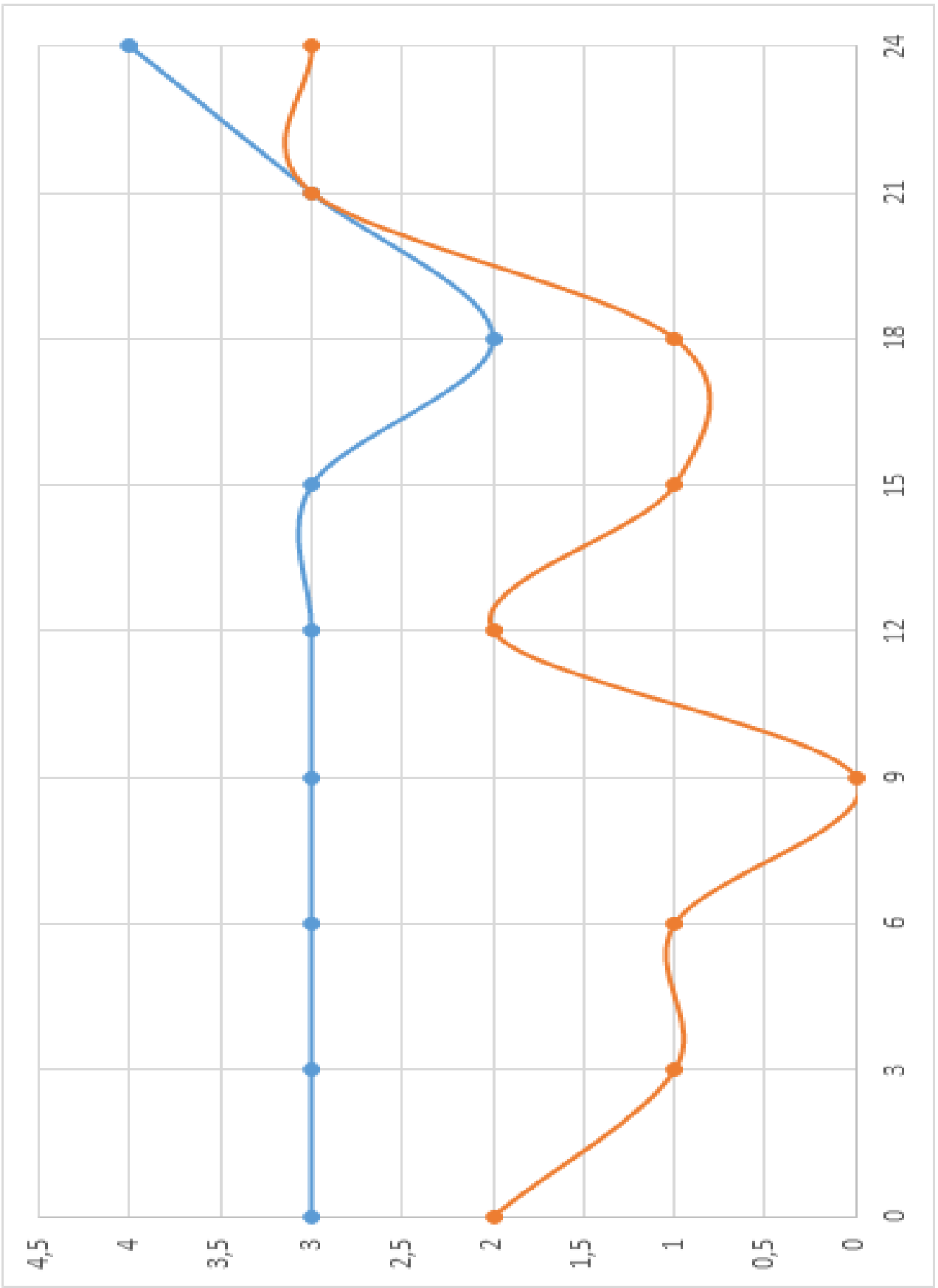


Рис 2.7 - Показники зміни швидкості вітру протягом дня у січні в м. Харків (Синій-2017,Червоний - 2018)

Таблиця 2.2 - Кількість подій N_2 при $v \geq 3 м/с$ протягом періоду опалення у часовому проміжку 12 годин

Місяць, інтервал у днях	2017-2018 рік	
	σ_{12}	σ'_{12}
Жовтень 15-30	9	11
Листопад 1-30	24	24
Грудень 1-31	27	27
Січень 1-31	28	27
лютий 1-28 1-29	25	23
Березень1-31	26	27

Для знаходження дисперсії зміни швидкості вітру протягом 12 годин σ $v^0 - v^{12}$ σ $_{12}(\ _н\ \ _н)$, $_{12}$ $(v^{12} - v^{24}\ _н\ \ _н)$, було визначено певну кількість подій при $v \geq 3\frac{м}{с}$ протягом періоду опалення 2017-2018 року.

Зміна швидкості вітру $(v_н^0 - v_н^{12})$,$(v_н^{12} - v_н^{24})$ в інтервалі 12 годин характеризується математичним очікуванням M, M' та дисперсією σ_0, σ'_0 кількість ймовірності що відбуваються при $v \geq 2\frac{м}{с}$ протягом 2017-2018 року.

Таблиця 2.3 - Математичне очікування та дисперсія подій протягом опалювального періоду за часовий інтервал 12 годин

	2017-2018			
Місяць року	M	σ_0	M′	σ'_0
Жовтень	12	14,4	12	14,4
Листопад	13	16,9	12	14,4
Грудень	16	25,6	12	14,4
Січень	16	25,6	17	28,7
Лютий	11	12,1	14	19,6
Березнь	12	14,4	17	28,7

2.2 Теоретичні основи розрахунку коефіцієнта тепловіддачі на зовнішні поверхні будівель в залежності від швидкості і напрямку вітру

Для визначення коефіцієнта тепловіддачі на зовнішній поверхні будівлі було обрано північний корпус Харківського Національного Університету імені Василя Назаровича Каразіна на рис 2.8. Він є один із будівель університету. За розташуванням він знаходиться на центральній площі міста Харкова. Основним матеріалом для будівництва університету була цегла. Відповідно до проекту північний корпус Національного Університету має центральну дванадцяти поверхову вежу, у якій металевий каркас. Бічні стіни виконані цеглиною та мають вісім поверхів.[2]

Коли будівлю обтікає повітряний потік, це все буде виглядати наступним чином: при натіканні на будівлю вітер зупиняється, тим самим створює додатний тиск. При такому тиску повітряний потік, який обтікає будівлю зверху та з різних боків, прискорюється. Розділення потоку за вертикаллю діє приблизно на відмітці 2/3 висоти будівлі, із вітряного боку якого, утворюється зона негативного тиску (розрідження повітря). Саме тут формуються малі повітряні вихорі, рух повітря несе в собі турбулентний характер на рис 2.10.



Рис 2.8 –Північний корпус Харківського Національного Університету імені В.Н. Каразіна

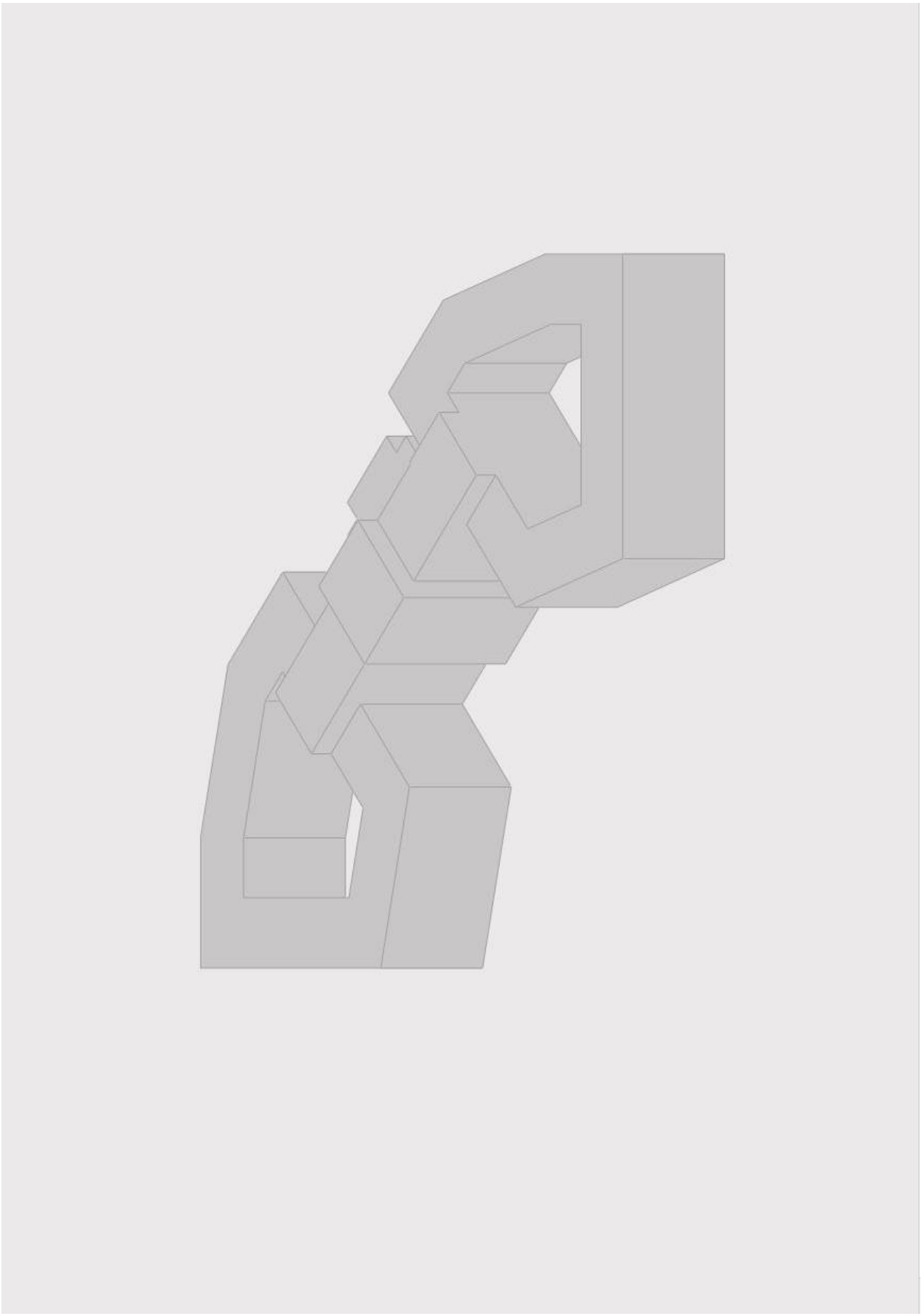


Рис 2.9 – Модель північного корпусу Харківського Національного Університету імені В.Н.Каразіна

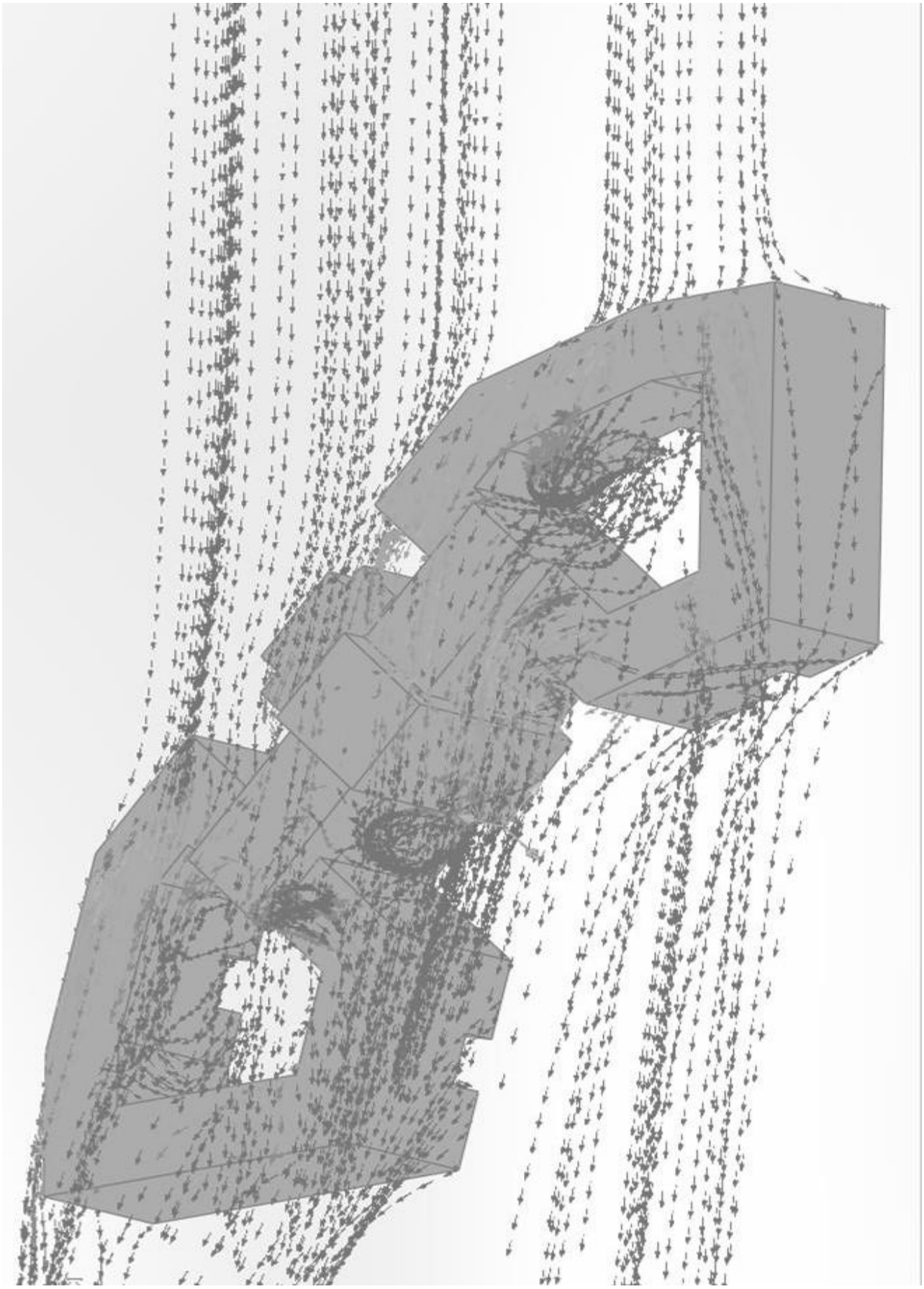


Рис 2.10 – Турбулентний потік вітру на зовнішніх огороджувальних конструкціях Харківського Національного Університету імені В.Н.Каразіна

Турбулентність виникає там, де високий потік відривається від перешкод (зона відриву), тобто не тільки на завітреній сторони, але і по кутам, та у даху. Чім вище будівля, тим більше об'ємні повітряні маси її обтікають і тим, внаслідок чого, вище швидкість обтікаючого потоку. Розмір цих зон залежить від розміру будівлі.

Пориви вітру є непостійними та дуже небезпечними за своїми впливами величинами. Небезпека поривів вітру полягає у можливості збігу їх частот (частоти турбулентних пульсацій) з резонансною частотою коливань конструкції будівлі, що може призвести до руйнування. Такий вітер може щось зруйнувати або завдати велику шкоду високому дереву.

Розрахунку показують, що при інтенсивності турбулентності (її значенню для типових міських умов стає 0,3-1,4), дорівнює 0,33 турбулентні потоки вітру, маючого середню швидкість 3 м/с, за своєю взаємодією виявляється еквівалентним вітру, який дує на відкритому просторі з постійною швидкістю 6 м/с ,тобто в два рази більш сильніший.

Якщо швидкість вітру, вимірювалась на відкритому просторі, то умови щільності міських будівель зміна швидкості вітру за висотою, в залежності від типу місцевості може бути визначений формулою:

$$U(h) = U_0(\frac{h}{H_0})^n \qquad (2.2)$$

тож U_0 - швидкість вітру на висоті, H_0 – висота флюгера метеостанцій, n – показник ступеню, який залежить від типу місцевості, для якого розраховується швидкість U(h); h – задана висота.

При розрахунку зміни швидкості вітру висота флюгеру метеостанції приймається рівною H_0=10 м, n=0,33, підставимо значення

$$U(h) = U_0(\frac{h}{10})^{0.33} \qquad (2.3)$$

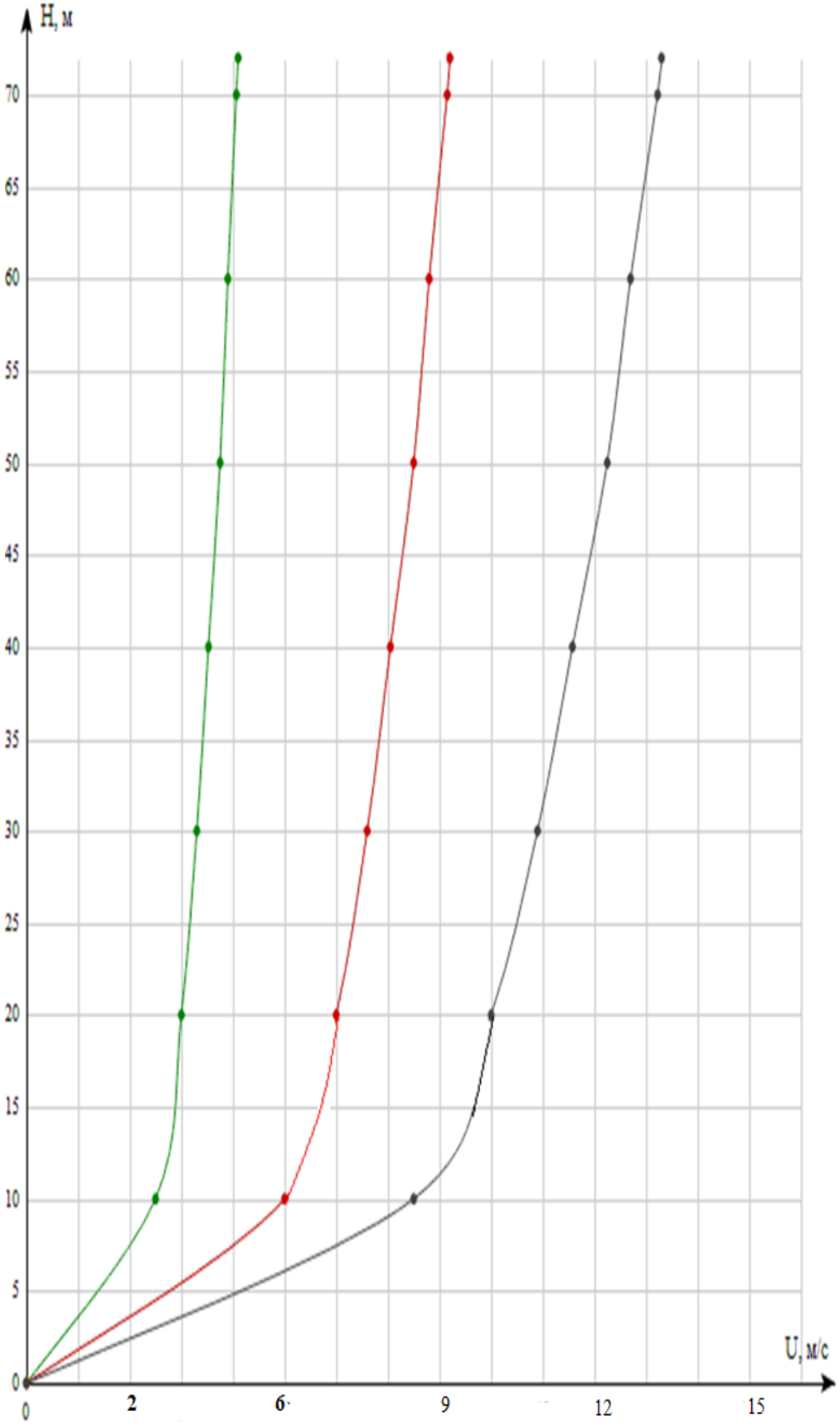


Рис 2.11 - Зміна швидкості вітру за вистою для U_0 дорівнює 3 м/с, 6 м/с та 9 м/с

2.3 Розрахунковий аналіз зміни коефіцієнтів тепловіддачі на зовнішніх огороджувальних конструкціях північного корпусу Харківського Національного Університету імені В.Н. Каразіна

Дослід натікання північного вітру на висотний корпус ХНУ ім. В.Н. Каразіна, показали що його можна розглядати, як імпактний струмінь, натікаючий на плоску поверхню, для якої основним фактором є формування коефіцієнтів тепловіддачі , являє в собі пульсаційну складову швидкості вітру[6].

Давенпорт, маючи дані метеорологічних досліджень, надав пульсаційну складову швидкості U ’ як:

$$U = 0{,}3 \cdot U(h) \tag{2.4}$$

Розподіл коефіцієнтів тепловіддачі в області гальмування на довжині пластини, отримане експериментально, дозволяє визначити його максимальні значення при набігу повітряного потоку на стінку будівлі. На основі проведених дослідах дві області зміни $\alpha_н^{торм}$ в залежності від U'

при $U' \le 6{,}5$ м/с

$$\alpha_{max} = 21\,\rho_в \times U' \tag{2.5}$$

при $U' \ge 6{,}5$ м/с

$$\alpha_н^{торм} = (1356{,}5 + 14{,}2 \times (U' - 6{,}5))\rho_в \tag{2.6}$$

де α_{max} - коефіцієнт тепловіддачі в області гальмування.

Коефіцієнт тепловіддачі в області градієнтної течії , тобто при повороті повітряного потоку , визначається відповідно залежності

$$\alpha_н^{гр} = 0{,}708 \cdot \alpha_{max} = 5{,}066 \cdot U(h) \tag{2.7}$$

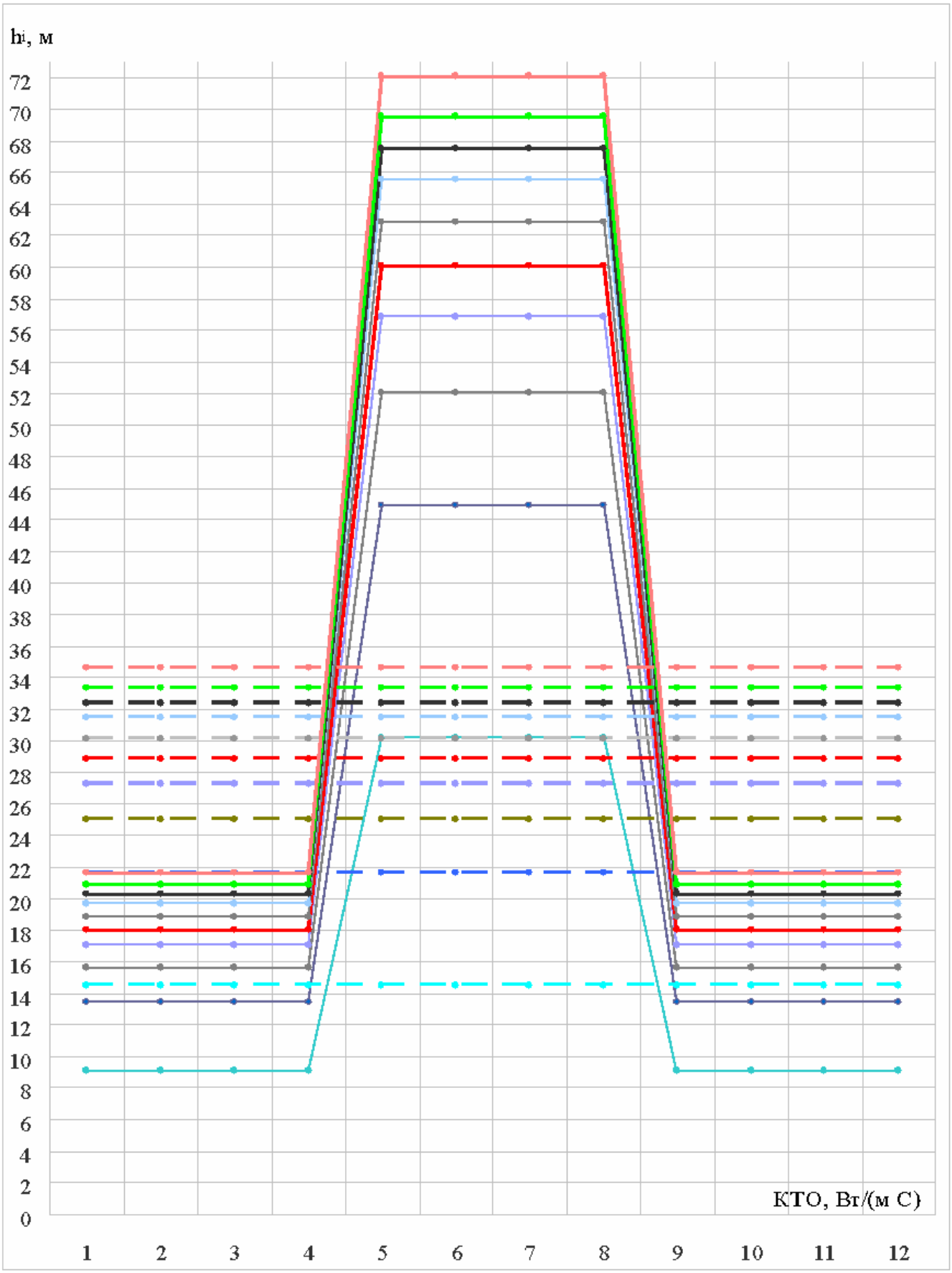


Рис 2.8 - Зміна коефіцієнта тепловіддачі за висотою будівлі при набігу північний вітер для швидкості 5 м/с

З урахуванням зимової температури самої холодної за п’ятиднівки для м. Харкова $t_{н.в.}$= -23 ^{0}С та Р=101000Па,прийнято середнє значення коефіцієнту тепловіддачі:

$$\alpha_{ср} = 0{,}48 \cdot \alpha_{\max} = 14{,}21U(h) \qquad (2.8)$$

а максимальне

$$\alpha_{\max} = 29.61 \bullet U'(h) \qquad (2.9)$$

Розділ 3

3.1 Енергоаудит північного корпусу Харківського Національного Університету імені В.Н. Каразіна

Повітряно – тепловий режим будівлі буде залежить від даних повітряного та гравітаційного тиску, температури повітря назовні та в будівлі. Якщо для малоповерхових будівель ми враховуємо, що вітряний тиск рівномірно діє за висотою на всю будівлю, тож для багатоповерхівки треба враховувати зростання швидкості вітру при розрахунках тепловитрат будівлі. Саме висота будівлі визначає процес обтікання його вітром. При зростанні швидкості вітру за висотою від землі при різних станах атмосфери у холодний період року показує вплив на тепловитрати приміщень будівлі.[1]

Для аналізу впливу зовнішніх умов на періодичний опір огороджувальних елементів необхідно прийняти до базових розрахунків наступне:

1. північний вітер, швидкість U=3,6,9 м/с, температура зовнішнього повітря $t_{зов}$=-23 ^{0}C;
2. східний вітер, швидкість U=6,9 м/с, температура зовнішнього повітря $t_{зов}$= - 23 ^{0}C.

Для визначення місць найбільших тепловитрат необхідно було провести тепловізійну зйомку Завдяки інфрачервоній зйомці тепловізор може «побачити» наскільки нагріте тіло відносно інших тіл. Таку зйомку можна виконати для точного контролю стану будівлі для запобігання витрат енергоресурсів.

Тож тепловізійну зйомку було виконано у жовтні. Температура зовнішньої стіни зовнішнього повітря 9 ^{0}C(Рис 3.1)

Центральна вежа університету, яка виконана із металевого каркасу мала температуру 15 ^{0}C (Рис 3.2). Права сторона північного корпусу з температурою 12,5^{0}C (Рис 3.3, Рис 3.4) У задній частини Каразінського університету температура була найнижчою – понад 7,2 ^{0}C.(Рис 3.5)

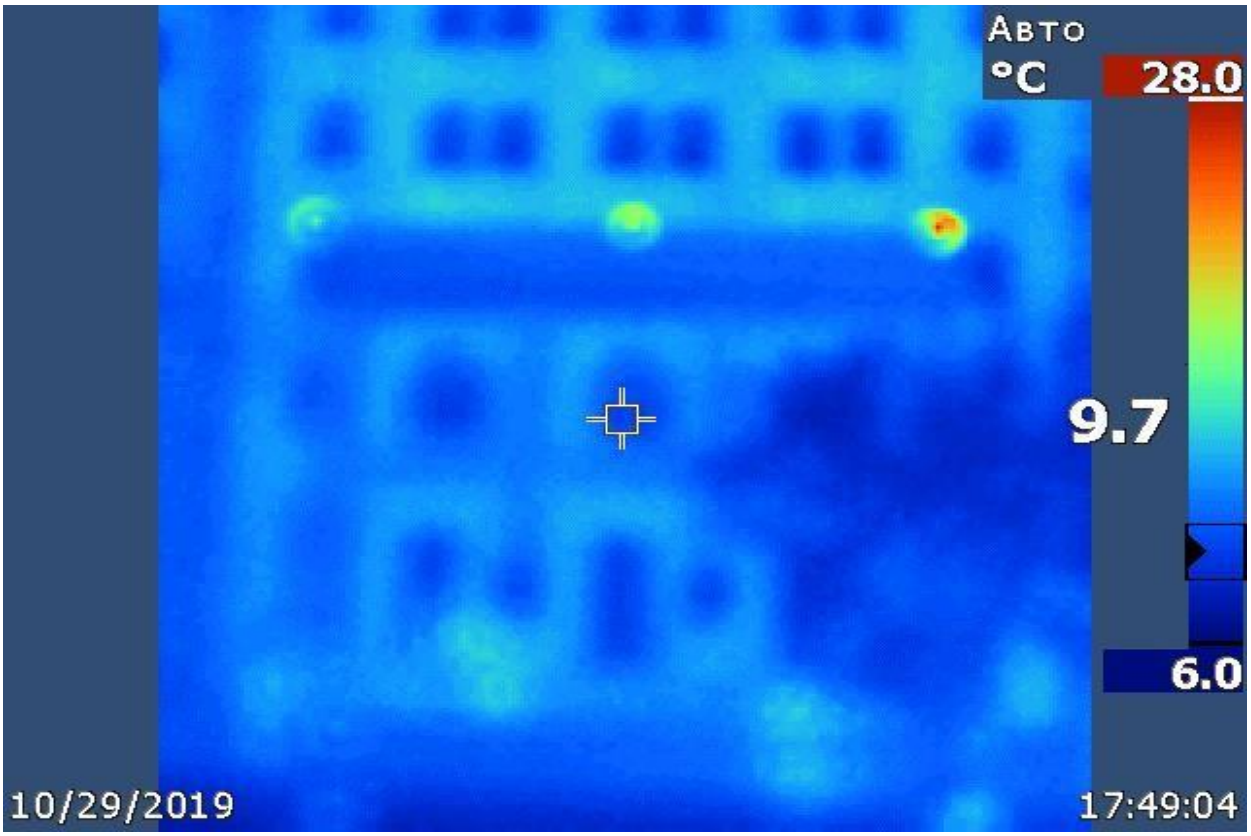


Рис 3.1 - Тепловізійна зйомка входу до північно корпусу

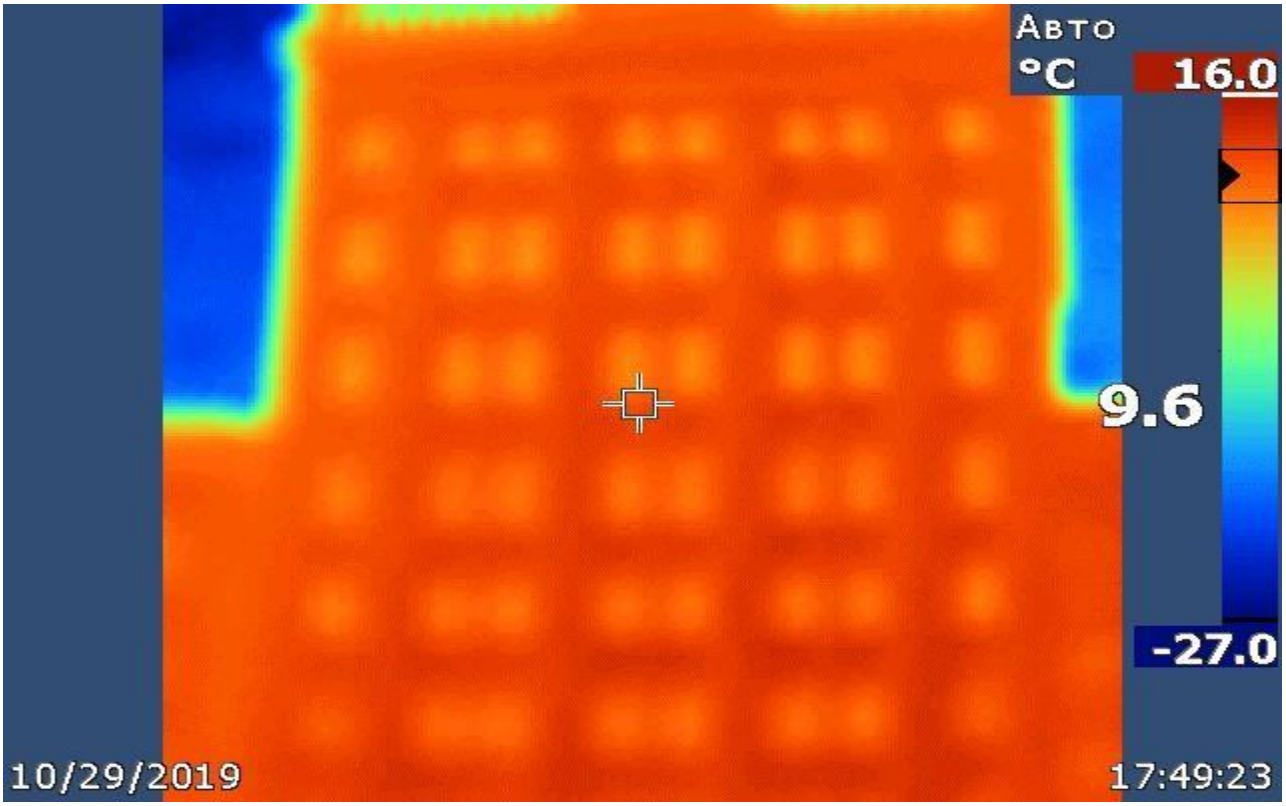


Рис 3.2 - Центральна вежа університету

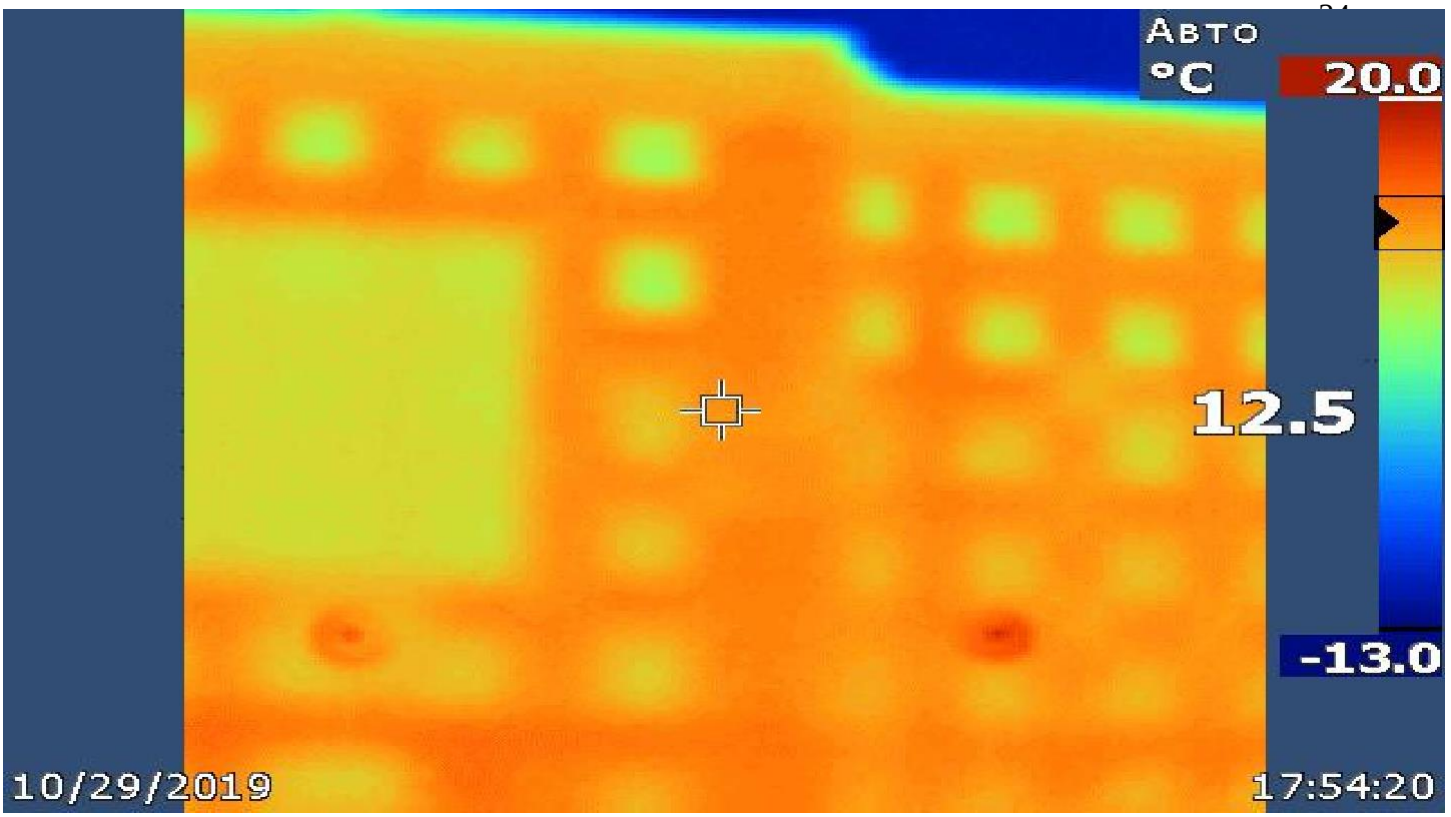


Рис 3.3 - Сторона правого крила північного корпусу

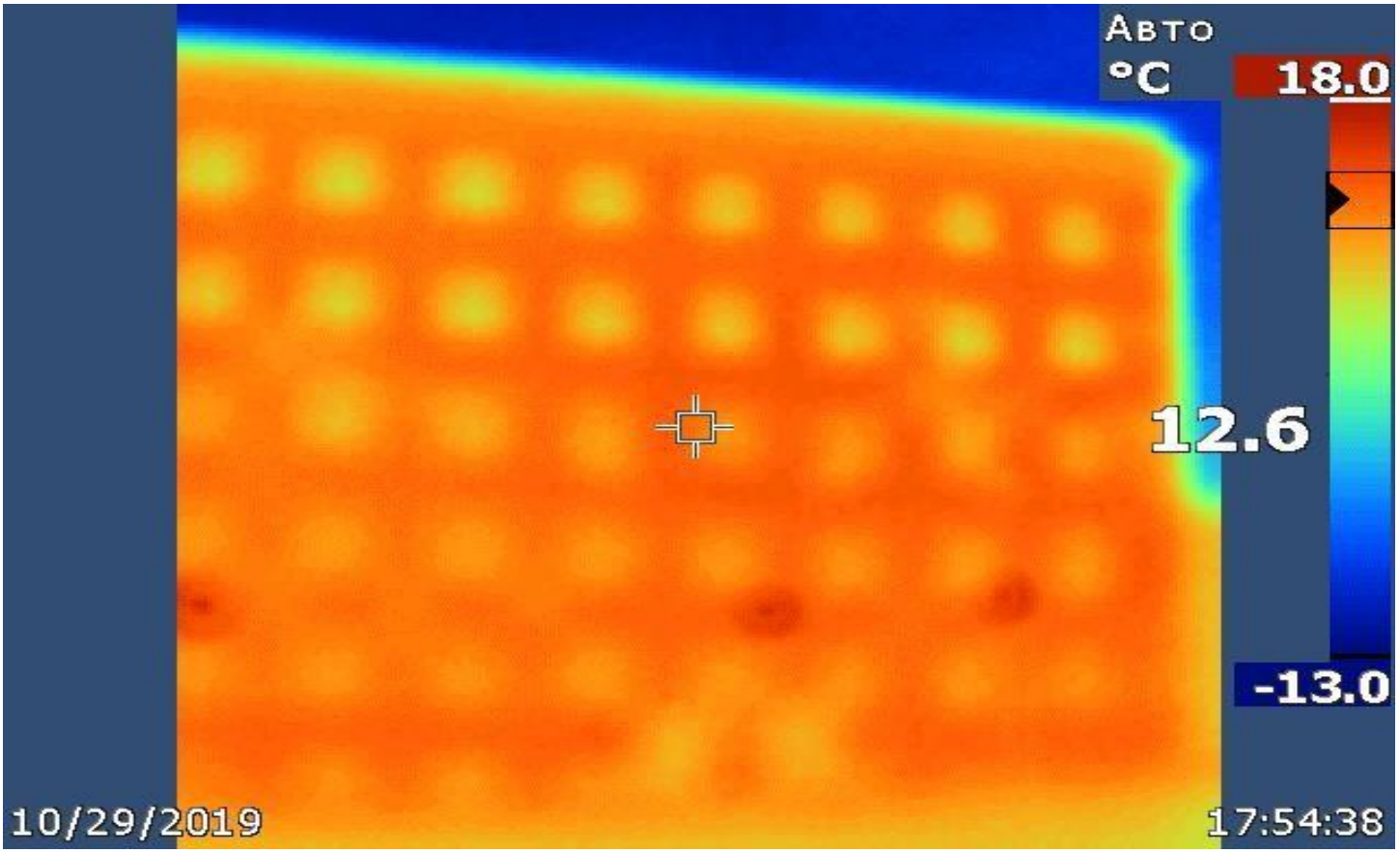


Рис 3.4 - Сторона правого крила північного корпусу

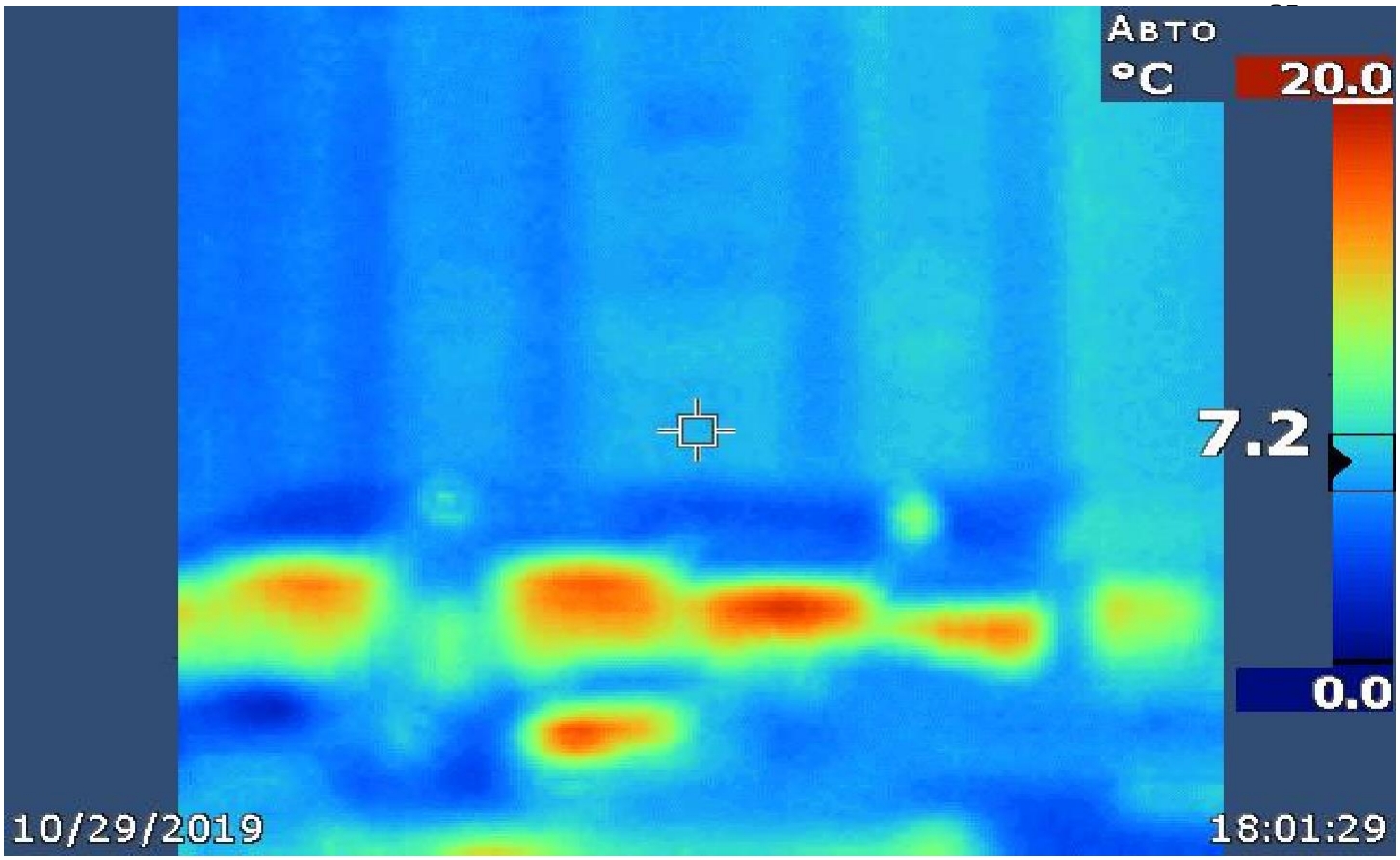


Рис 3.5 - Задня частина північного корпусу

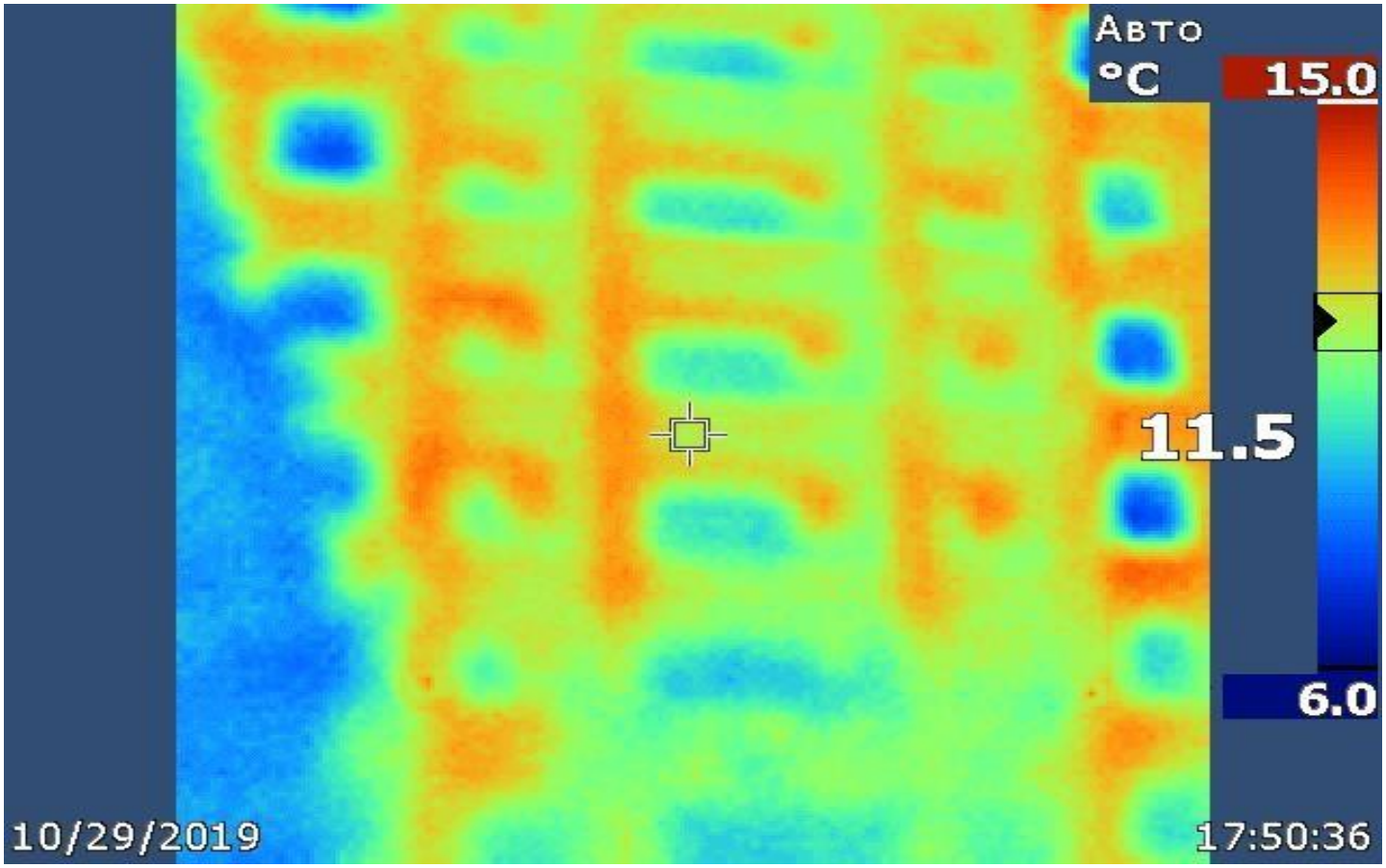


Рис 3.6 - Ліве крило північного корпусу

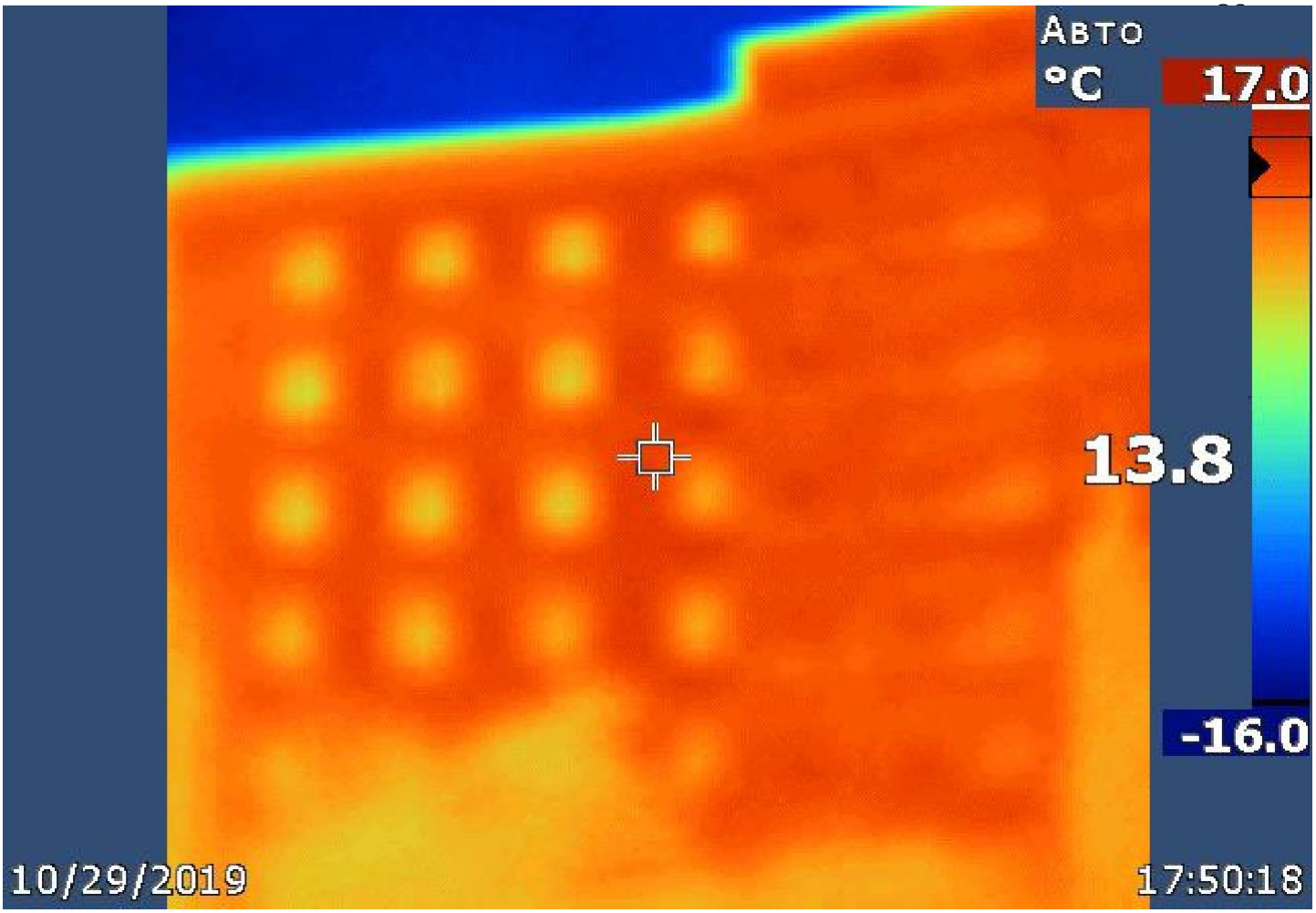


Рис 3.7 - Ліве крило північного корпусу

Різний рівень температур зовнішніх поверхонь огороджувальних конструкцій свідчить про значний влив зовнішніх збурюючих впливів, що відображується на різному рівні комфортності приміщень університету. Нижче наведено тепловізійну зйомка всередині приміщень, яка показує, що температура внутрішнього повітря коливається від 14-18 ^{0}C.

Після того, як північний корпус почав опалюватись вдалося провести тепловізійну зйомку у самій будівлі. Згідно нормам температура всередині університету повинна бути 16-20 ^{0}C. Температура на стінці у будівлі відходить від норми та має температуру 10^{0}C (Рис.3.8) Але у деяких аудиторіях університету температура стінки досягала норми та мала 17 ^{0}C (Рис 3.9, 3.10)

Тепорвізором була зафіксована температура радіатора, яка становить 30^{0}C(Рис 3.11)

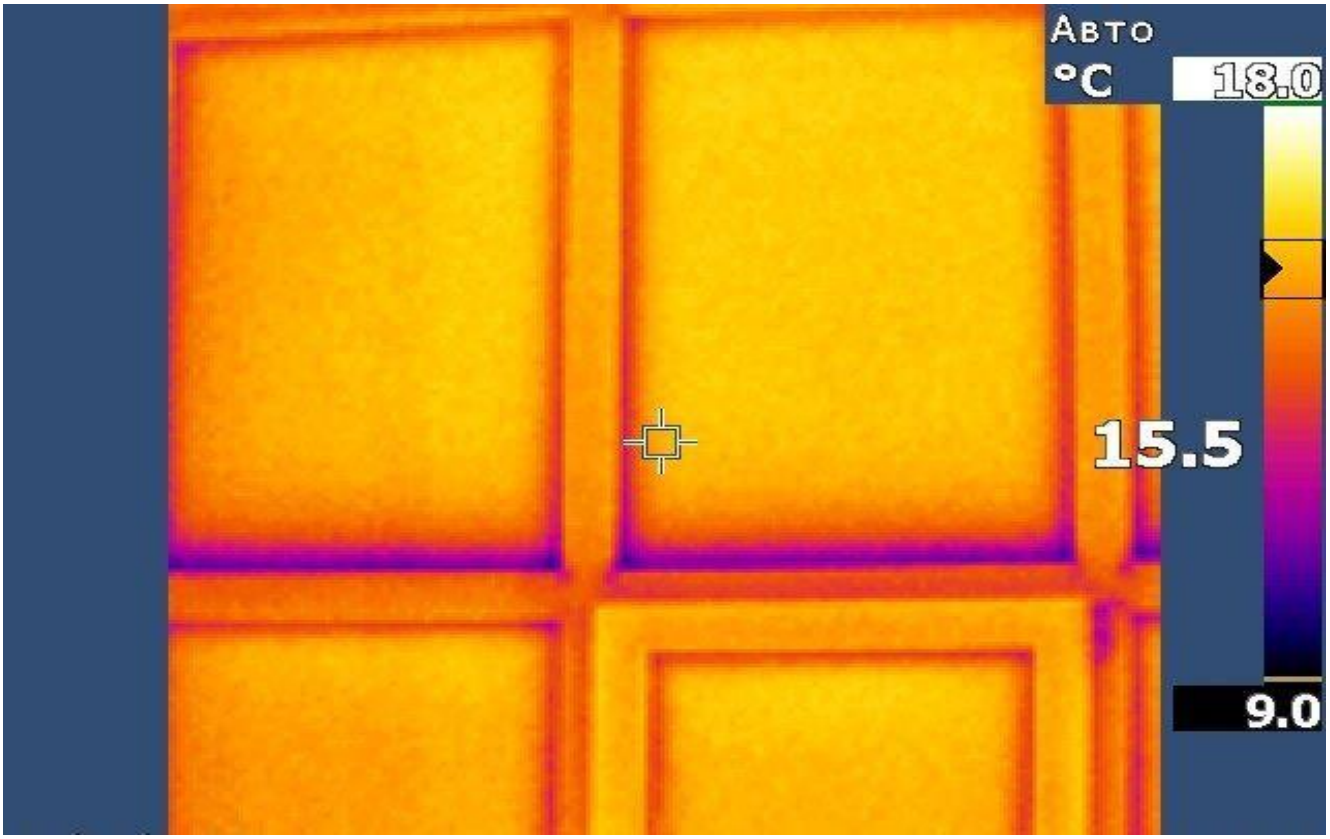


Рис 3.8 - Норма температури всередині

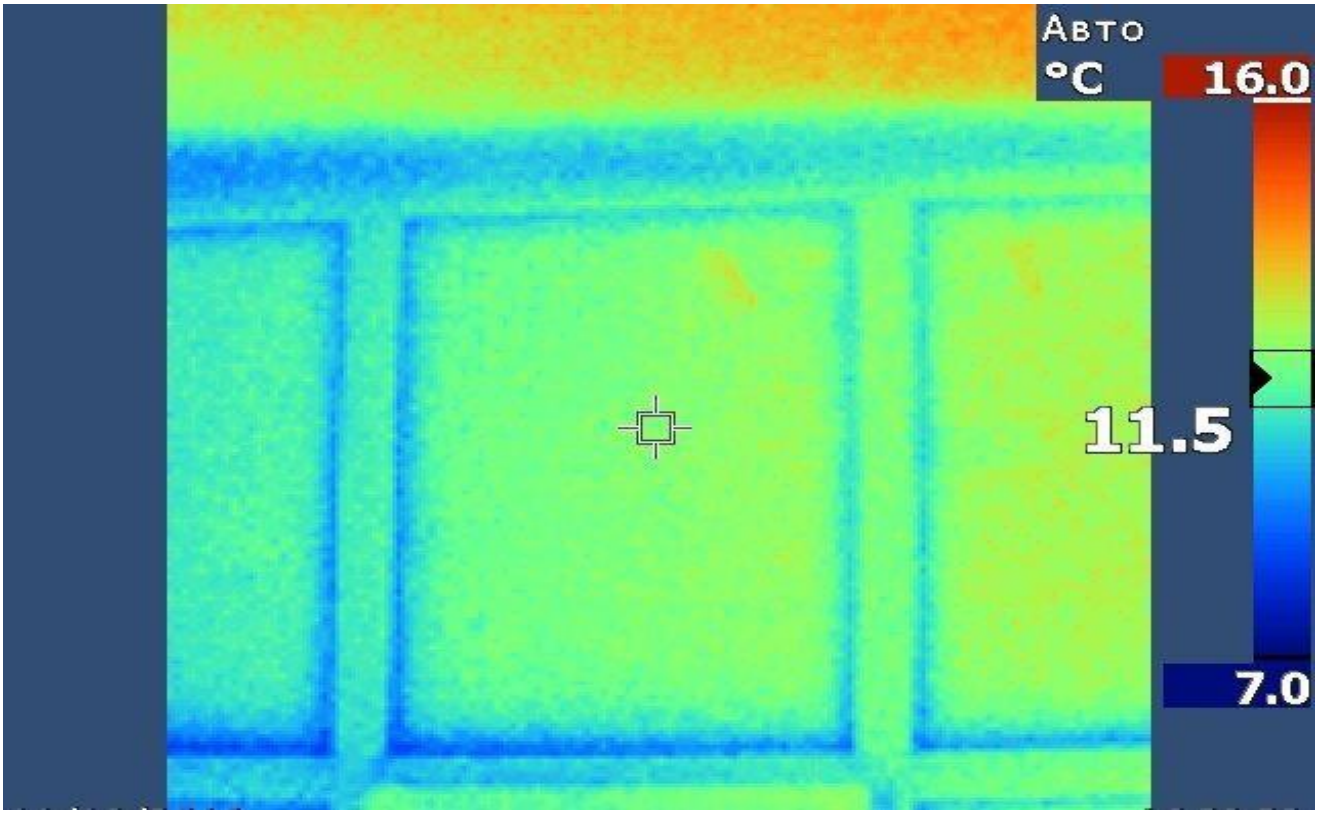


Рис 3.9 - Норма температури всередині

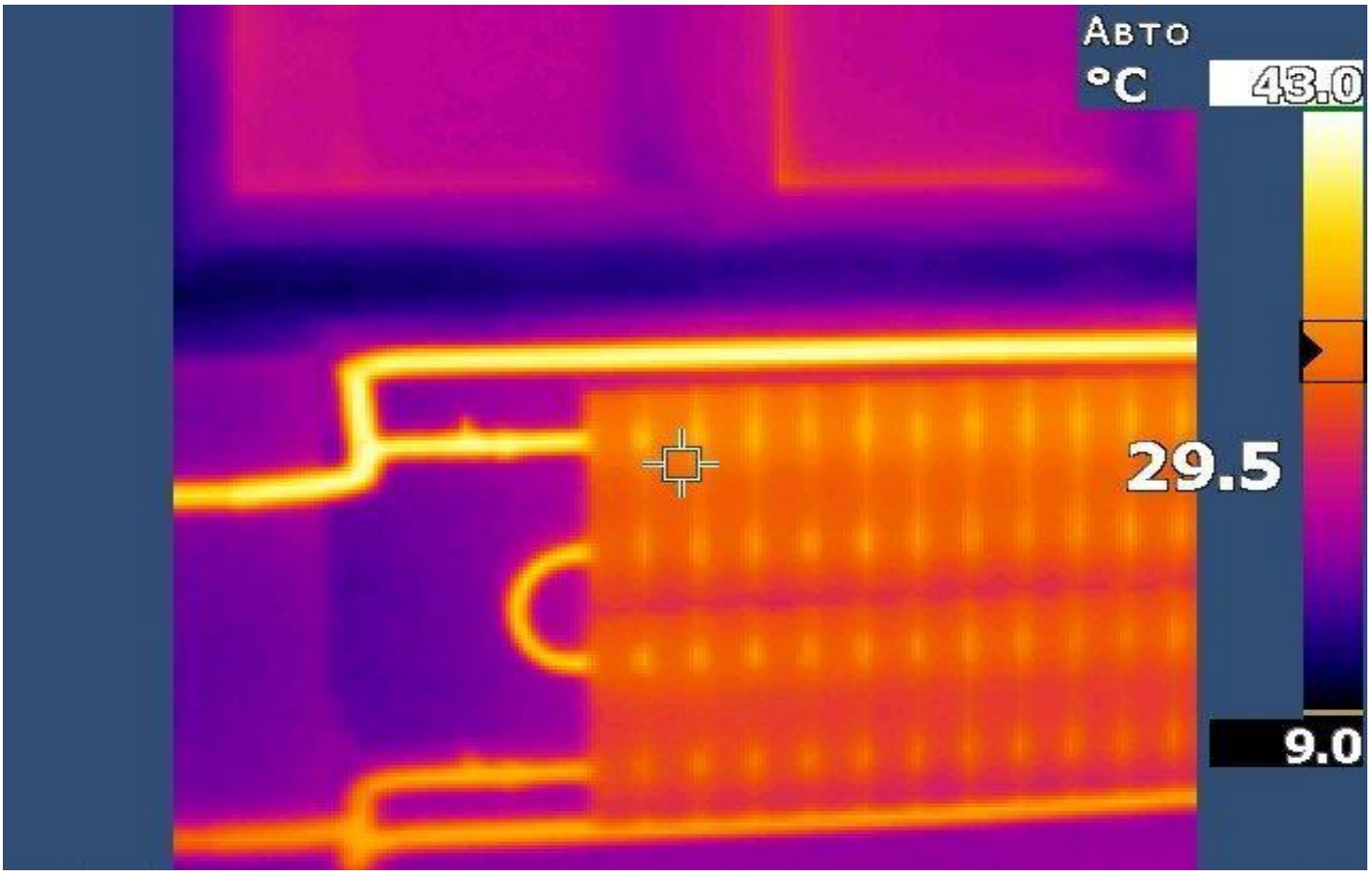


Рис 3.10 - Температура радіатора

Тепловізійне дослідження показує, що необхідно додаткове чисельне дослідження натікання повітряного потоку на. зовнішніх огороджувальних конструкціях північного корпусу Харківського Національного Університету імені В.Н. Каразіна

. При цьому коефіцієнти тепловіддачи на зовнішній огороджувальних конструкціях всередині приміщень може бути прийнята постійною.

Досліди впливу зміни температури зовнішнього повітря на граничні умови показують, що при набігу східного вітру перший відрив потоку стає на передніх гострих кромках, через це усі фасади знаходяться у зоні повернення циркуляційної течі. Деякі з циркуляційних областей являються стійкими та не змінюються з часом.

До таких можна віднести стаціонарні вихорі, локалізуючи в поглибленому профілі на лобовій поверхні, та два квазістанових вихорі у південній частині

розглянутого контуру. У південному та північному профілі нестаціонарне, зі змінними потоками впродовж контуру будівлі через послідовний зрив вихорів з його кутових кромок. Цей процес супроводжується появою значних пульсацій тиску на завітрених та бокових фасадів.

3.2 Результат аеродинамічних розрахунків для траєкторії повітряних потоків у залежності від його напрямку та сили

Для визначення траєкторії швидкості на огороджувальній конструкції північного корпусу Харківського Націоального Університету імені В.Н. Каразіна внутрішню температуру було обрано 16 ^{0}C

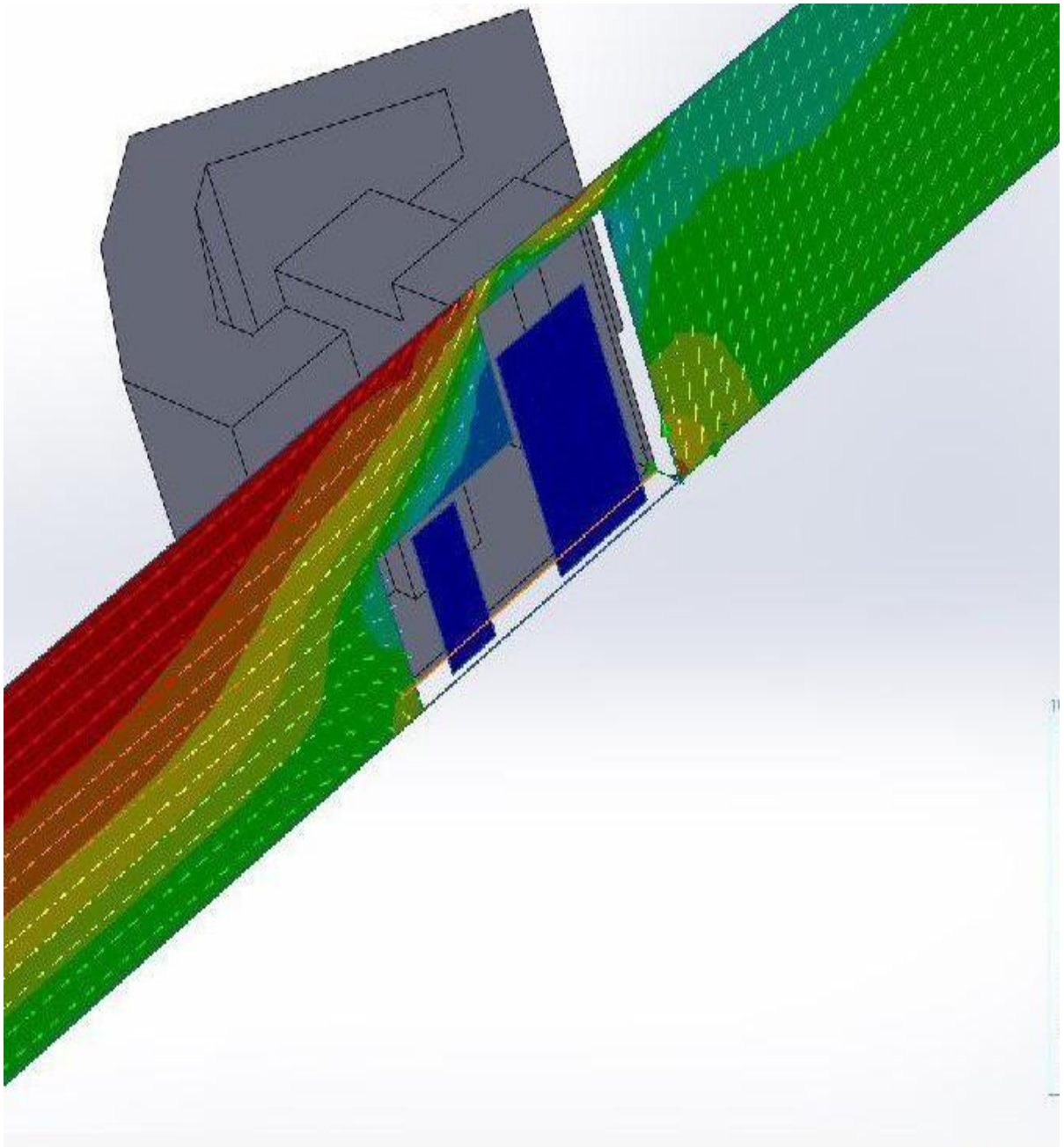


Рис 3.11 - Траєкторія швидкості

3.3 Визначення коефіцієнтів тепловіддачі на зовнішніх огороджувальних конструкціях північного корпусу Харківського Національного Університету імені В.Н. Каразіна

Для визначення коефіцієнтів тепловіддачі на зовнішніх огороджувальних конструкціях північного корпусу було обрано:

- температуру повітря зовні -23 ^{0}C,тепературу стінки 12 ^{0}C (Рис 3.12);
- температуру повітря зовні -7 ^{0}C,тепературу стінки 14 ^{0}C(Рис 3.13);
- температуру повітря зовні 0 ^{0}C,тепературу стінки 16 ^{0}C(Рис 3.14).

Та визначення динамічного тиску при ттемпературі повітря зовні 0 ^{0}C,тепературі стінки 16 ^{0}C

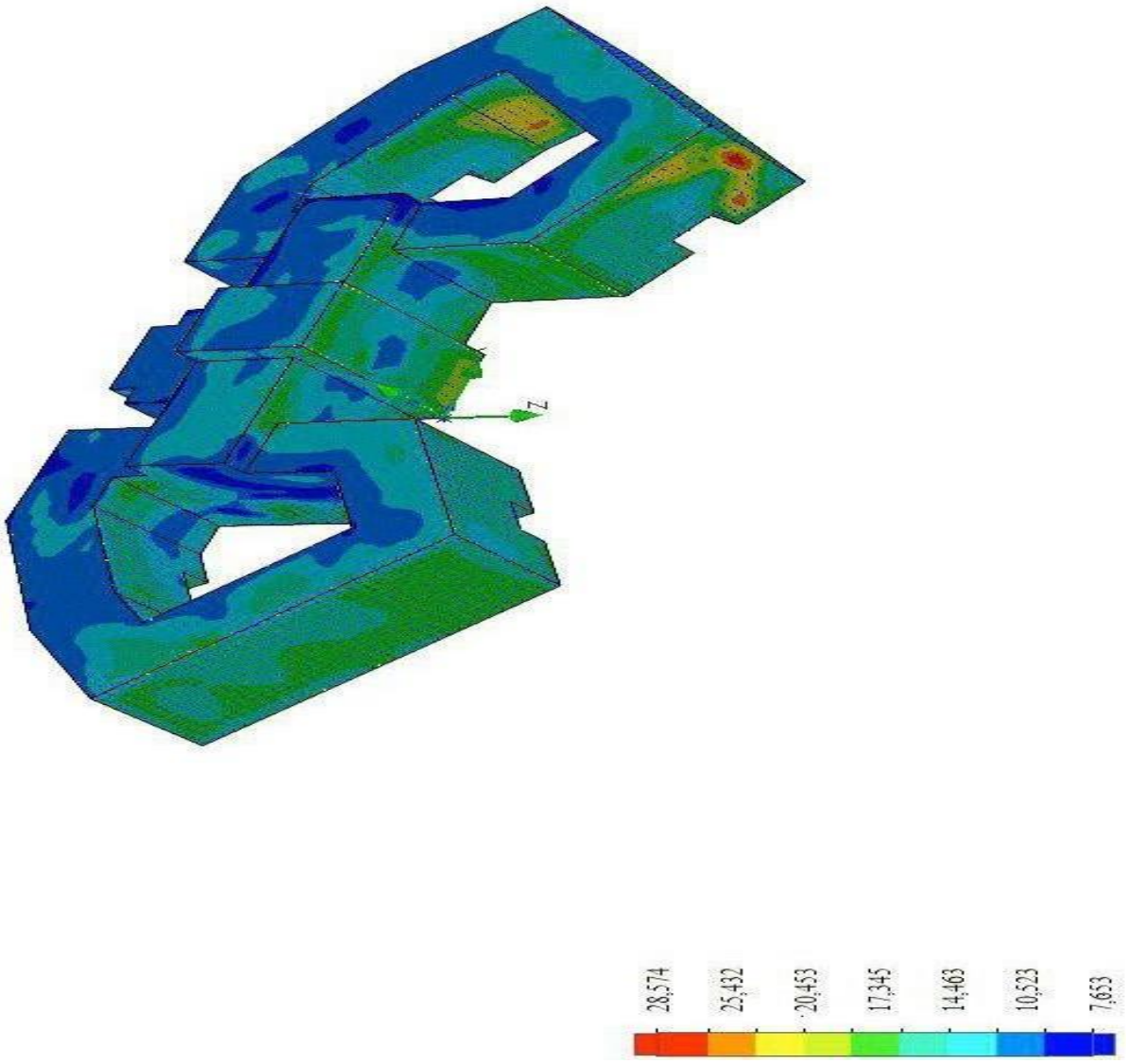


Рис 3.12 - Коефіцієнт тепловіддачі при температурі повітря зовні -23 ^{0}C,тепературі стінки 12 ^{0}C

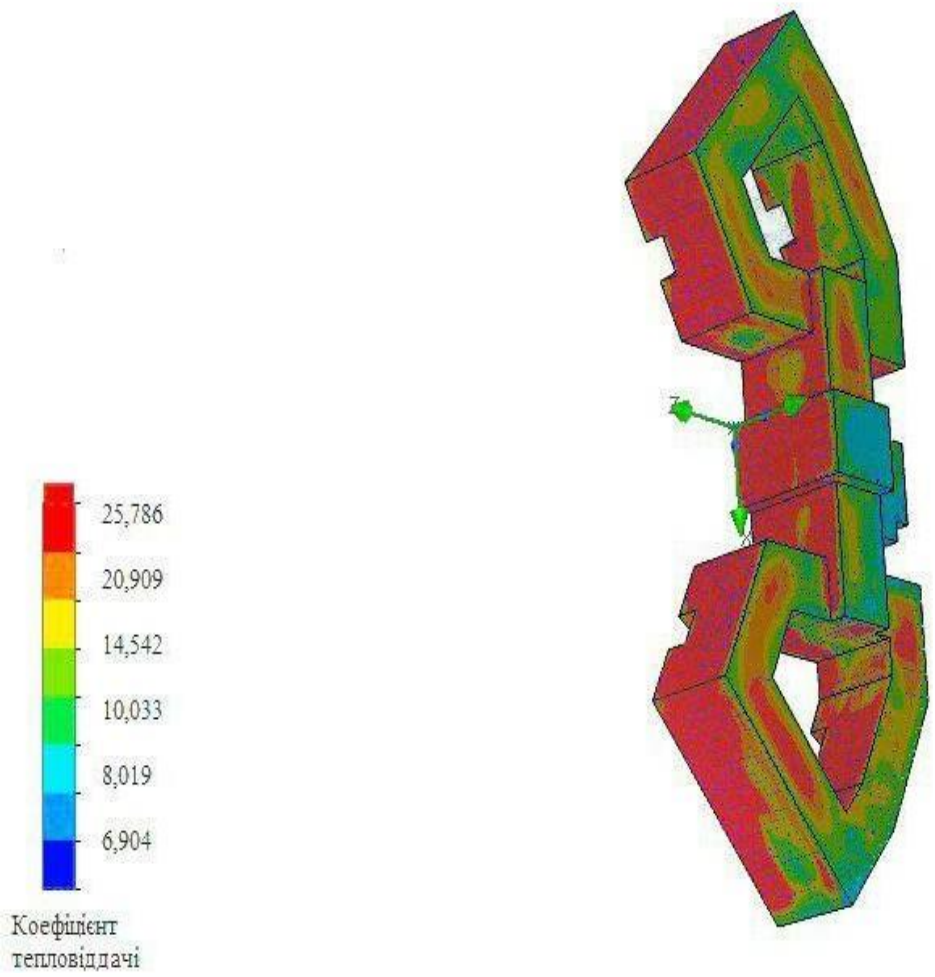


Рис 3.13 - Коефіцієнт тепловіддачі при температурі повітря зовні -7 ^{0}C,тепературі стінки 14 ^{0}C

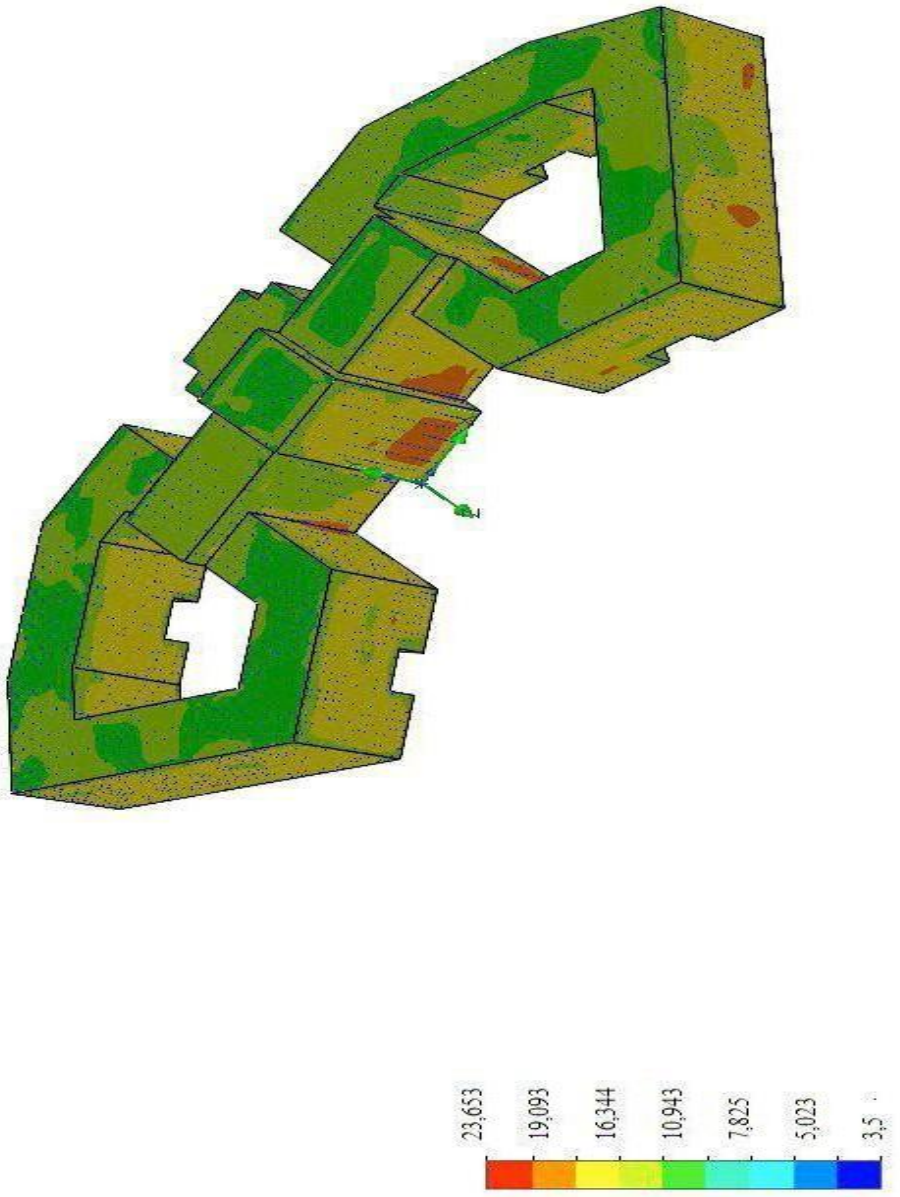


Рис 3.14 - Коефіцієнт тепловіддачі при температурі повітря зовні 0 ^{0}C,тепературі стінки 16 ^{0}C

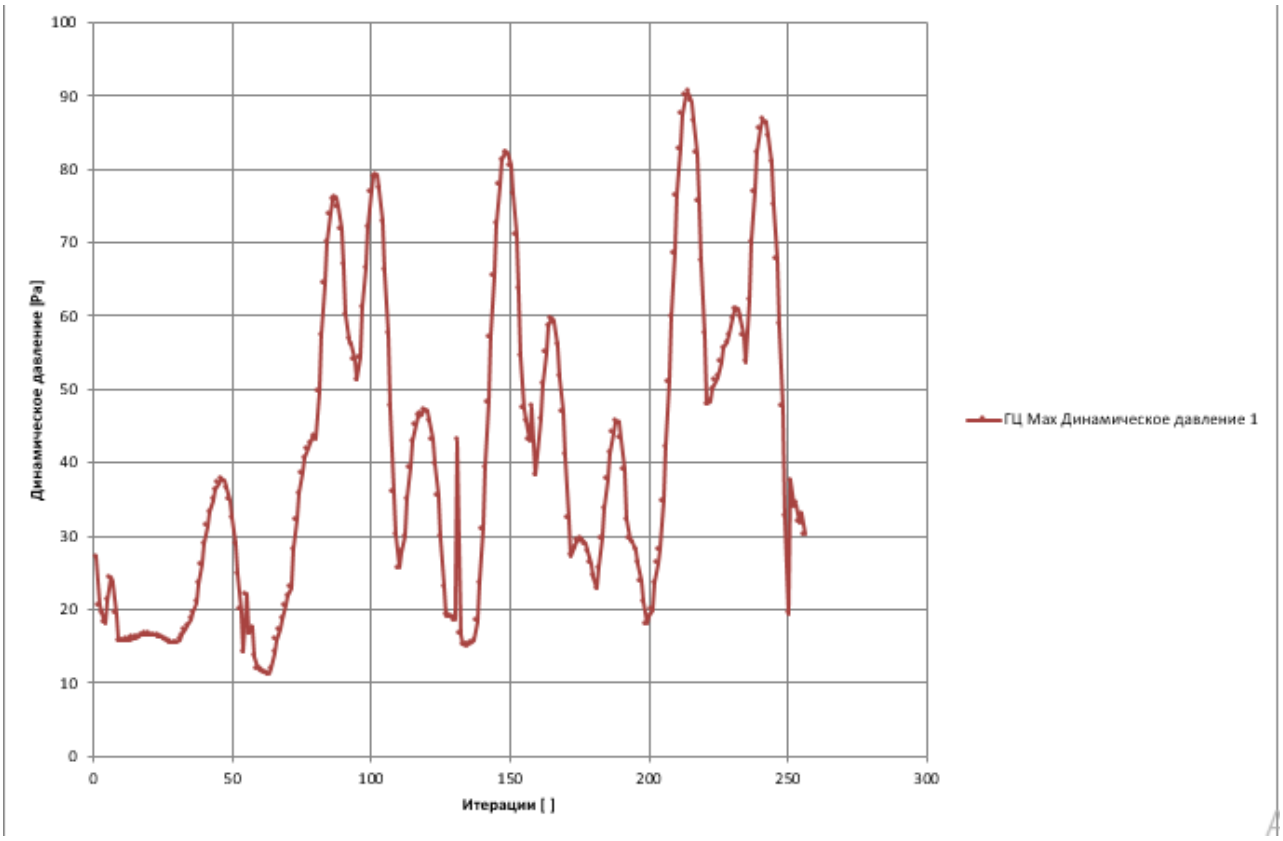


Рис 3.15 – Динамічний тиск при температурі повітря зовні 0 ^{0}C,тепературі стінки 16 ^{0}C

Висновки

У результаті числового досліду отримано зміни швидкості вітру при обтіканні північного корпусу Харківського Національного Університету імені В.Н. Каразіна , яка дозволяє виділити несприятливі зони, де швидкість вітру та циркуляція значні, на основі чого необхідна розробити пропозиції для забезпечення комфортних умов у приміщенні.

Проведений дослід для визначення коефіцієнтів тепловіддачі на зовнішніх поверхнях огороджувальних конструкцій показує, що його значення існує в залежності від швидкості натікаючого потоку та істотно не змінюється в залежності від температури зовнішнього повітря.

Список літератури

1 https://rusdrone.ru/blog/teplovizionnaya-semka_/

2 https://ru.wikipedia.org/wiki/Северный_корпус_Харьковского_университета

3 http://ru.solverbook.com/spravochnik/koefficienty/koefficient-teplootdachi/

4 http://docs.cntd.ru/document/1200043247

5 Леденів В.И. , Матвіївна И.В.: Фізико- Технічні основи експлуатації зовнішніх цегляних стін цивільних будинків. – Тамбов,2005 – 24 с.

6 Орлова Н.А. ,Впливи зовнішніх збурень на теплові режими будинків – Харків,2008 – 20 с.