

Вінницький національний технічний університет
Кафедра БМГА

ВПЛИВ ЩІЛЬНОСТІ ТА ВОЛОГОСТІ СОЛОМ'ЯНОГО БЛОКУ НА ЙОГО
ТЕПЛОПРОВІДНІСТЬ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ЯК БУДІВЕЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ

Розробив: ст. гр. 2Б-17мі Чорний П.Г.
Науковий керівник: к.т.н. Бікс Ю. С.

ВСТУП

Одним з основних завдань сучасного будівництва є забезпечення високого рівня екологічності будівель. Оскільки сьогодні світ зазнає втрати природних ресурсів, стало доцільним використання соломи як будівельного матеріалу[13]. Солома є 100% екологічно чистим матеріалом, що анонсується як ключова перевага даної технології. Солом'яні блоки перевершують за своїми теплофізичними характеристиками багато відомих матеріалів, що дозволяє підтримувати в будинку оптимальний мікроклімат.

Актуальність теми.

Загальносвітова тенденція використання матеріалів органічного походження для зведення індивідуального житла в контексті концепції сталого розвитку зумовлює наявний сплеск у використанні відомих натуральних матеріалів та їх комбінацій, пошук нових технологічних рішень. Використання органічних матеріалів у будівництві потребує вивчення їх фізико-механічних, екологічних та теплофізичних параметрів. При цьому для соломи, як для ефективного органічного матеріалу заповнення стін огорожуючих конструкцій або несучих елементів огорожуючих конструкцій будівлі потребують додаткових досліджень залежності впливу її фізико-механічних параметрів на теплофізичні показники, зокрема на теплопровідність. Тому тема даної роботи є актуальною задачею.

Мета і основні задачі дослідження.

Метою даної роботи є теоретичне і експериментальне дослідження теплопровідності соломи, як однієї з головних теплофізичних характеристик при використанні солом'яних блоків різної щільності та рівня вологості. Відповідно до даної мети необхідно виконати наступні завдання:

- провести аналітичний огляд сучасного стану питання з використання солом'яних блоків у будівництві;
- здійснити теоретичне і проектне обґрунтування параметрів блоків;
- обґрунтувати габаритні розміри блоків;
- сконструювати та виготовити установку для пресування солом'яних блоків;
- сконструювати та виготовити установку для дослідження теплопровідності будівельних матеріалів;
- експериментальним шляхом визначити теплопровідність солом'яних блоків різної щільності та вологості;
- проаналізувати та узагальнити отримані результати.

Об'єктом дослідження є теплофізичні параметри будівельного матеріалу органічного походження.

Предметом дослідження є визначення взаємозв'язку між теплопровідністю та щільністю солом'яного блоку як будівельного матеріалу при різній його вологості.

Аналіз стану питання за результатами огляду літературних джерел

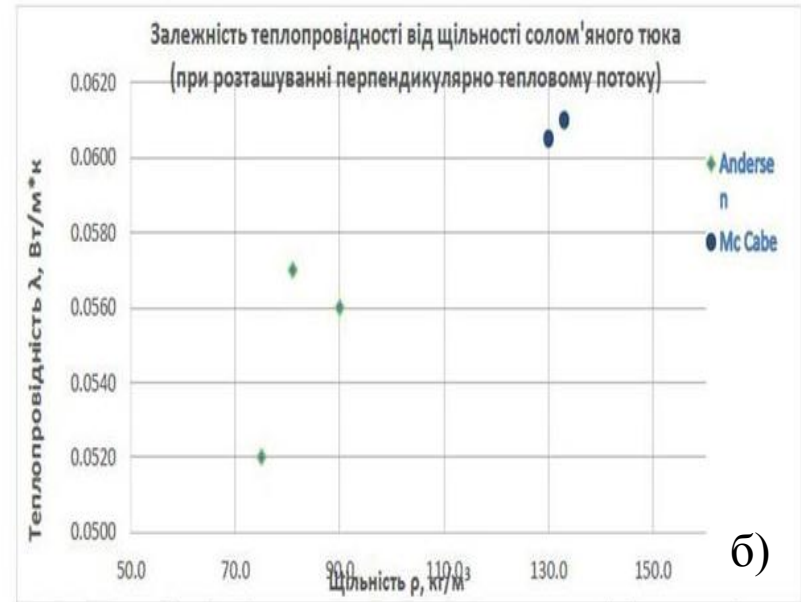
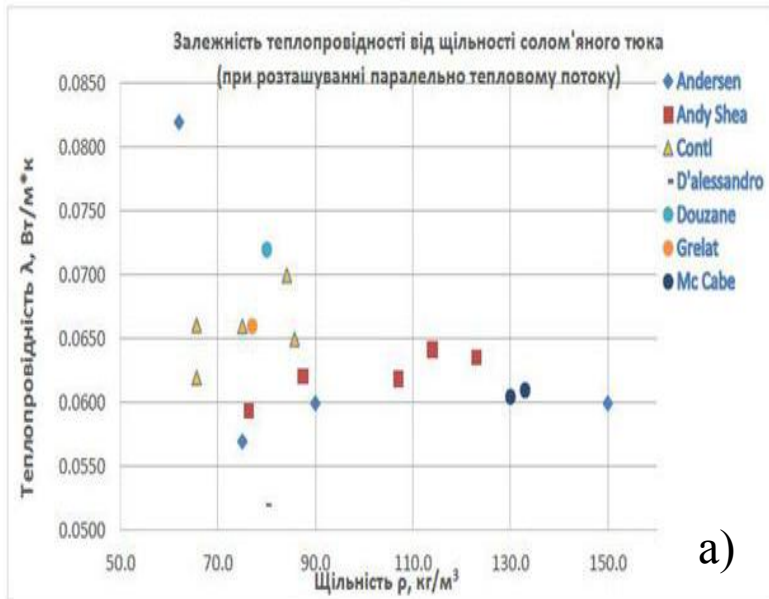
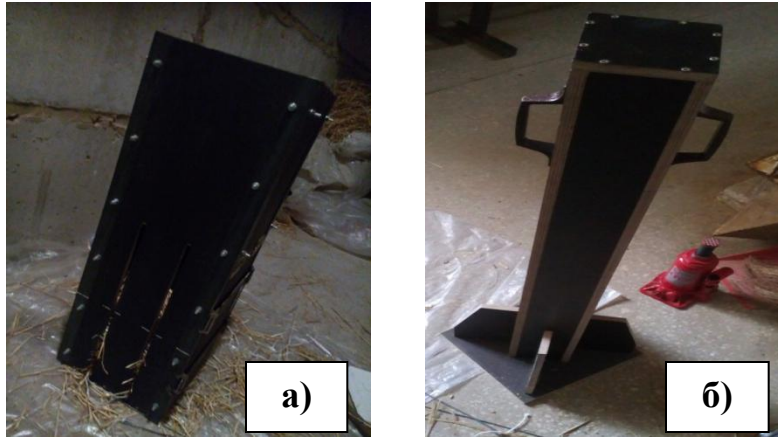


Рисунок 1 – а) зв'язок між щільністю солом'яного блоку та його теплопровідністю за дослідними даними [1,2,3,7,8,10,13] при розташуванні зразків паралельно тепловому потоку; б) зв'язок між щільністю солом'яного блоку та його теплопровідністю за дослідними даними [1, 2] при розташуванні зразків перпендикулярно до теплового потоку

Розглядаючи напрямки теплових потоків, дослідження виконані різними науковцями [1-13] показують на нелінійний взаємозв'язок щільності, вмісту вологості, напрямку волокон на значення коефіцієнту теплопровідності.

Конструктивні особливості прес-форми для проведення пресування соломи



В результаті аналізу конструктивних особливостей обладнання для пресування соломистих матеріалів обрано матеріал для виготовлення установки. Корпус установки який являє собою короб, виготовлено з вологостійкої ламінованої фанери товщиною 12мм з розмірами: ш:д:в 282 мм × 282 мм × 800 мм, ребра якого укріплено металевими кутиками



Для діставання солом'яного блоку збоку корпусу коробка зроблено дверцята з металевим засувом. Для обв'язки тюка зроблено вертикальні прорізи в бокових стінках корпусу.

Пресувальний шток являє собою конструкцію висотою 950 мм, який складається з чотирьох стінок, кришечки, чотирьох ребер жорсткості та подвійного днища, частина якого має прорізи для протягування через них мотузки, якою обв'язували блоки

Рисунок 2- Установка для пресування солом'яних тюків а) корпус з прорізами та дверцятами; б) пресувальний шток; в) загальний вигляд.

Установка для визначення теплопровідності теплоізоляційних матеріалів (рис. 4б) містить корпус 1, стінки якого теплоізолювано теплоізолятором 2, причому внутрішній об'єм корпусу створює пустотілу камеру, в якій розміщується досліджуваний зразок матеріалу 3, що нагрівається нагрівним елементом, який прикріплено до стінок корпусу 1 фіксуєчними елементами кріплення 4. Нагрівний елемент складається з верхньої 5 та нижньої 6 металеві пластини заданої товщини з відомим коефіцієнтом теплопровідності. Пластини закріплено фіксуєчними брусками 7 по периметру нагрівного елемента. Задана товщина пластин нагрівного елемента 5 та 6 забезпечує гомогенний розподіл теплового потоку по площі поперечного перерізу досліджуваного зразка теплоізоляційного матеріалу 3. Внутрішній об'єм нагрівного елемента містить ТЕН 8 відповідної конфігурації температуру якого плавно можна змінювати за допомогою БУН 9. ТЕН 8 розміщено та закріплено рівномірно по площі перерізу нижньої пластини нагрівного елемента 6, засипано кварцовим піском 10 для створення додаткового гомогенного розподілу теплового потоку по всьому перерізу досліджуваного зразка теплоізоляційного матеріалу 3. Коефіцієнт теплопровідності теплоізоляційного матеріалу визначається за відомою формулою Фур'є для стаціонарного температурного режиму при визначеному значенні перепаду температур в характерних перерізах досліджуваного зразка теплоізоляційного матеріалу 3 з відомою площею поперечного перерізу, через який проходить обчислений тепловий потік, що генерується нагрівним елементом через верхню металеву пластину 5. Температуру вимірюють за допомогою термоперетворювачів, наприклад у невиключному використанні термопар або датчиків температури 11. Дані температур всіх термоперетворювачів реєструються блоком автоматичної реєстрації температури (БАРТ) 12 (рис 4а).

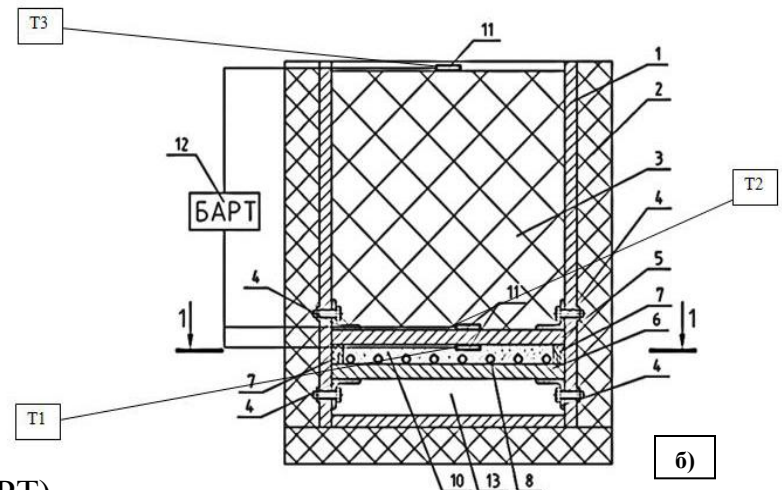
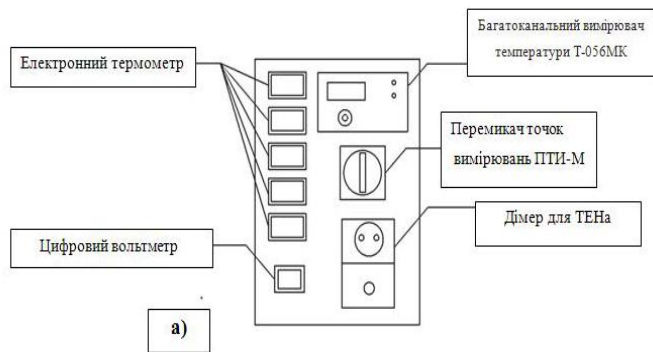


Рисунок 4 – а) блок автоматичної реєстрації температури (БАРТ)
 б) конструкція установки для визначення теплопровідності теплоізоляційних матеріалів



а)



б)

Рисунок 5 – Установка для визначення теплопровідності а) блок автоматичної реєстрації температури (БАРТ)
б) загальний вигляд установки

Процес виготовлення солом'яних тюків



Рисунок 6 - Процес пресування солом'яних тюків а) відмітка потрібної висоти тюка на корпусі установки; б) пресування з передачею зусилля через домкрат та опорну балку; в) виймання готового зразка тюка після завершення пресування

Вимірювання вологи в зразках



Рисунок 7 – Інструменти та вимірювання вологи а) розпилювач води; б) вологомір ТК100; в) процес виміру вологості в зразку

Експериментальне визначення коефіцієнту теплопровідності солом'яних блоків

Експериментальне визначення коефіцієнту теплопровідності солом'яних тюків заданого діапазону щільностей починали з нагрівання установки за допомогою ТЕНа-8 та доведення температури верхньої та нижньої частини пластини до сталого значення, причому для визначення температури використовували три канала збору даних: температурні датчики DS18B20, термометри ТРМ10 та хромель-копелеві термопари.

Дослід повторювали з серіями 2 і 3 для кожної щільності блоків.

Процес стабілізації температури в заданих точках Т1, Т2, Т3 (рис 8) тривав від 5 до 6 годин.

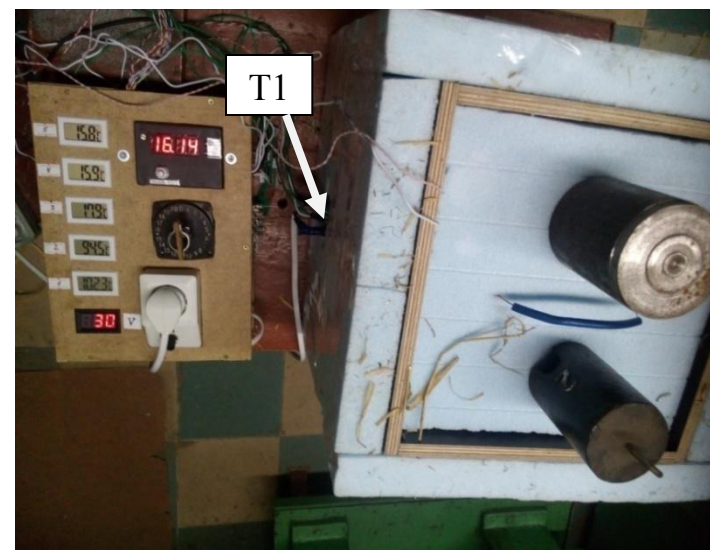
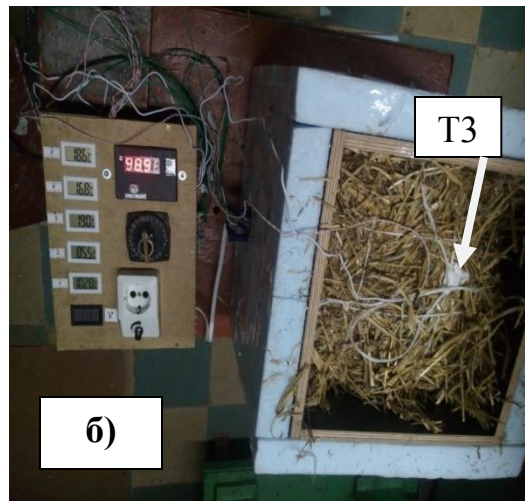
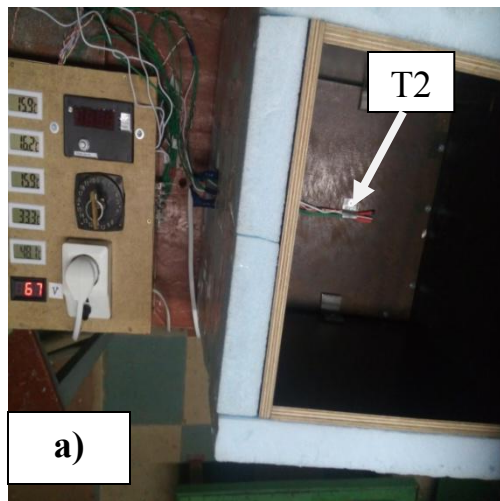


Рисунок 8 - Процес нагрівання солом'яного блоку та вимірювання температур а) початок прогріву установки; б) нагрівальна установка з поміщенням в неї зразком; в) витримка зразка до стабілізації температури

Коефіцієнт теплопровідності обчислювали за формулою Фур'є:

$$Q = \frac{\Delta t \cdot S}{\delta \cdot \lambda}, \quad (1)$$

де Q – тепловий потік, Вт;

$\Delta t = t_1 - t_2$ – різниця температур в характерних точках після її стабілізації, °С;

S – площа поверхні теплообміну (площа поверхні пластини), м²;

δ – товщина елемента, м;

λ – коефіцієнт теплопровідності, Вт / (м·°С).

Для визначення теплового потоку який проходив через верхню пластину нагрівного елемента, яка виконана зі сталі Ст3 використано усереднений коефіцієнт теплопровідності $\lambda_{Ст3} = 47$ (Вт/м·К) [15].

Таблиця основних параметрів досліду

Критерії	Густина зразка ρ , кг/м ³	Товщина зразка соломи δ , м	Довжина випробувальної камери L, м	Ширина випробувальної камери B, м	Товщина металевієї пластини, δ_1 м	Площа металевієї пластини S, см ²	Температура гарячої сторони металевієї пластини T1, °C	Температура гарячої сторони металевієї пластини T2, °C	Температура холодні сторони зразка соломи T3, °C	Теплопровідність λ , Вт/м°C	Вологість зразку W, %
Серія 1 (без зволоження) при значенні вологості 9.4%	60	0,05	0,25	0,25	0,012	0,0625	110,00	109,97	17,30	0,051	9,20
	80	0,055	0,25	0,25	0,012	0,0625	109,40	109,37	17,25	0,062	9,14
	100	0,054	0,25	0,25	0,012	0,0625	107,50	107,46	16,47	0,070	9,28
	120	0,052	0,25	0,25	0,012	0,0625	108,46	108,41	16,80	0,075	9,40
	140	0,053	0,25	0,25	0,012	0,0625	108,35	108,31	16,53	0,077	9,37
	160	0,052	0,25	0,25	0,012	0,0625	109,99	109,95	17,30	0,080	9,34
Серія 2 (зволоження до 20%)	60	0,05	0,25	0,25	0,012	0,0625	110,00	109,97	17,30	0,060	19,70
	80	0,055	0,25	0,25	0,012	0,0625	107,00	106,97	17,23	0,065	19,62
	100	0,054	0,25	0,25	0,012	0,0625	107,00	106,97	17,00	0,070	19,57
	120	0,052	0,25	0,25	0,012	0,0625	100,04	100,00	16,00	0,075	19,68
	140	0,053	0,25	0,25	0,012	0,0625	105,00	104,96	16,00	0,078	19,92
	160	0,052	0,25	0,25	0,012	0,0625	106,50	106,46	16,00	0,080	19,97
Серія 3 (зволоження до 30%)	60	0,05	0,25	0,25	0,012	0,0625	106,50	106,45	16,50	0,085	29,67
	80	0,055	0,25	0,25	0,012	0,0625	107,40	107,36	16,50	0,087	29,78
	100	0,054	0,25	0,25	0,012	0,0625	105,56	105,52	17,20	0,092	29,94
	120	0,052	0,25	0,25	0,012	0,0625	106,56	106,51	16,50	0,102	29,81
	140	0,053	0,25	0,25	0,012	0,0625	107,53	107,47	17,00	0,110	29,74
	160	0,052	0,25	0,25	0,012	0,0625	100,06	100,00	17,00	0,115	29,87

Аналіз отриманих даних (рис.9) свідчить про однозначний вплив щільності та вологості на величину коефіцієнта теплопровідності солом'яного тюка. При цьому приріст щільності несуттєво впливає на значення коефіцієнту теплопровідності λ . Вміст води, що є в соломі (серія 2 та серія 3 зразків) чинить більший вплив на зміну коефіцієнта теплопровідності соломи. Так, при додатковому зволоженні зразків до 30% (серія 3) виявлено, що максимальне значення коефіцієнту теплопровідності соломи буде 0,115, що на 30 % більше від значення коефіцієнту в серії 1 (із усередненим значенням вологості 9,4%).

Це можна пояснити тим, що теплопровідність води значно більше від теплопровідності соломи.

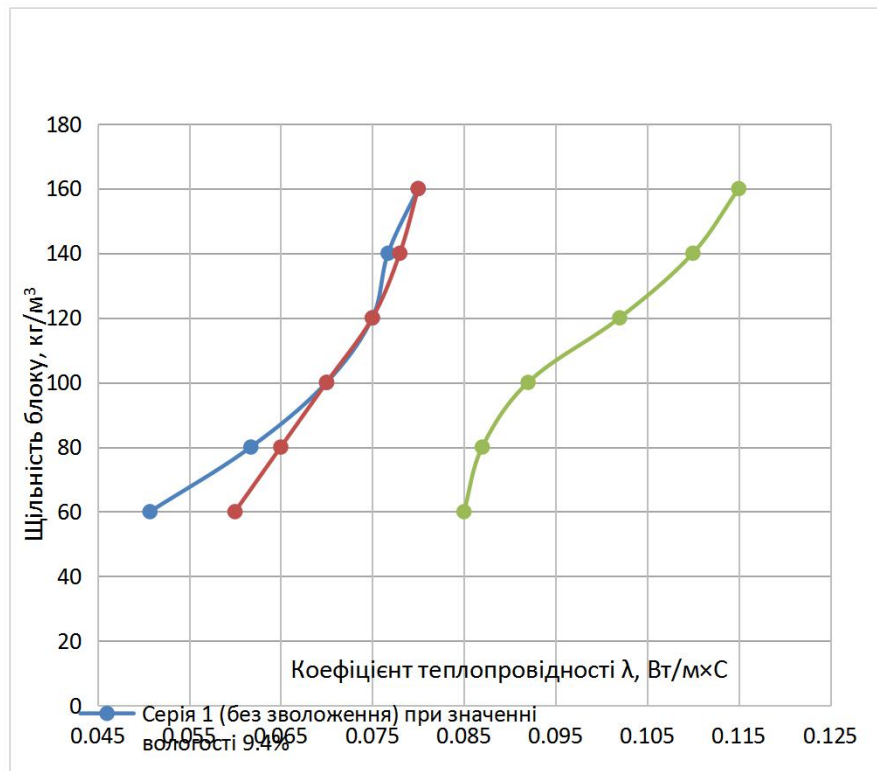
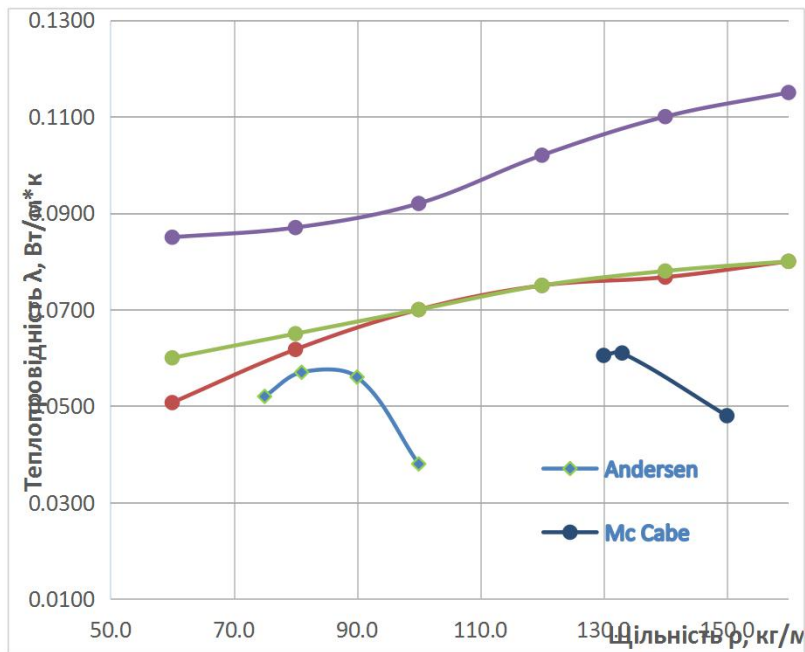


Рисунок 9 -Графік залежності теплопровідності солом'яного блоку від щільності та ВОЛОГИ

Статистичний аналіз даних

Автор	Коефіцієнт кореляції, r	Коефіцієнт детермінації, R
Andersen [2]	-0.706	0.498
McCabe [1]	-0.985	0.970
Чорний (серія №1)	0.955	0.911
Чорний (серія №2)	0.988	0.977
Чорний (серія №2)	0.984	0.969



Аналіз даних свідчить про неоднозначність кореляційного зв'язку між досліджуваними характеристиками. Так, за даними авторів [1, 2] присутній зворотній зв'язок між щільністю та теплопровідністю (знак «-» коефіцієнта кореляції). Дані отримані автором мають високий коефіцієнт кореляції, що свідчить про однозначний домінуючий вплив щільності солом'яного тюка на її коефіцієнт тепло- провідності.

Коефіцієнт кореляції даних для вибірок авторів [1, 2] свідчить, що щільність зумовлює теплопровідність в діапазоні від 23,2% до 97%, що також є неоднозначним показником для прогнозування фізико-механічних характеристик природного утеплювача соломи у використанні його в будівництві.

Рисунк 10 – Зв'язок між щільністю солом'яного блоку та його теплопровідністю за дослідними даними та даними автора при розташуванні зразків перпендикулярно до теплового потоку

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!