



УДК - 577+615.47+616-77+006.91

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ І КОНФІГУРАЦІЇ ПЕРФОРАЦІЇ КОРПУСІВ РЕА НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМУ

Сліжевський Андрій Борисович<sup>1</sup>, Циганов Олег Васильович<sup>1</sup> – науковий керівник

<sup>1</sup> Одеський національний політехнічний університет, Одеса, Україна

**Адреса для листування:** Сліжевський Андрій Борисович, магістр

Місце навчання: Одеський національний політехнічний університет, 65044, пр. Шевченка, 1,  
Одеса, Україна

Email: slizhevskyi.andrii@gmail.com

**Анотація.** У статті представлено результати комп'ютерного моделювання гідродинамічних процесів, що протікають у корпусі радіоелектронного пристрою. Досліджено вплив матеріалу корпусу, діаметру перфораційного отвору, положення отвору відносно джерела тепла і додаткових отворів для подачі холодного повітря на ефективність охолодження.

**Ключові слова:** тепловий режим, перфорація, комп'ютерне моделювання..

**Вступ.** Забезпечення теплового режиму є необхідною умовою для роботоздатності будь – якого радіоелектронного пристрою. Одним із засобів здійснення охолодження є конвекційний теплообмін[1], однак, у більшості випадків конвекційного теплообміну в герметичному корпусі не достатньо для забезпечення необхідного рівня охолодження, тому потрібно створити умови для зв'язку із навколишнім середовищем, тобто зробити корпус перфорованим. Проте перфорація робить можливим вплив зовнішніх негативних факторів[2], наприклад механічних, на пристрій, що знаходиться в середині корпусу. Тому дослідження особливостей перфорації корпусу є актуальним питанням, рішення якого дозволить знайти комплексний підхід до вирішення певних конструкторських задач. Існуючі аналітичні методи розрахунку[3] є громіздкими і надто наближеними до певних типових варіантів несучих конструкцій, тому було розроблено методика проведення комп'ютерного моделювання процесу конвекційного та кондуктивного теплообміну в корпусі радіоелектронної апаратури (РЕА).

**Матеріали і засоби дослідження.** Матеріалом для дослідження стала несуча конструкція РЕА, представлена на рисунку 1, у якості джерела тепла виступає радіатор, який розсіює 5Вт потужності. Температура навколишнього середовища при цьому становить 20°C. У якості системи для комп'ютерного моделювання було обрано САПР SolidWorks[4] з розширенням Flow

Simulation. Даний програмний продукт дозволяє розробити 3D модель самого корпусу для дослідження та провести гідродинамічний аналіз з усіма необхідними налаштуваннями, а також дозволяє отримати результати у зручній та наочній формі.

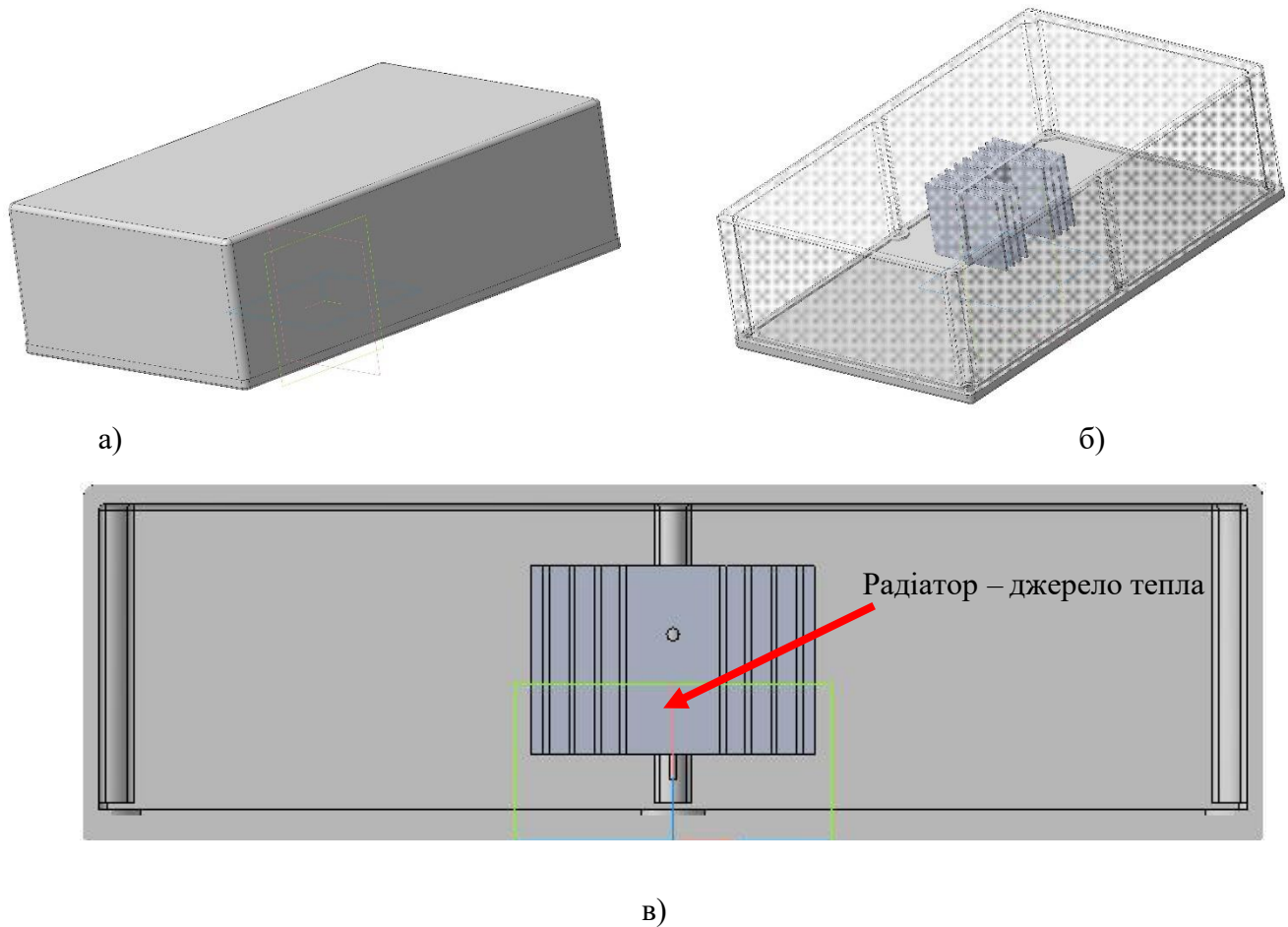


Рис.1. Несуча конструкція, що досліджується: а) зовнішній вигляд; б) вигляд з прозорою кришкою; в) корпус у перерізі

**Результати дослідження.** Вказана несуча конструкція була розглянута виготовленою з АВС пластику та алюмінію. Температуру повітря в середині корпусу та траєкторії його руху зображені на рисунку 2 для корпусу з АВС пластику та на рисунку 4 для алюмінію, аналогічно температури верхніх кришок корпусу зображено на рисунку 3 і рисунку 5.

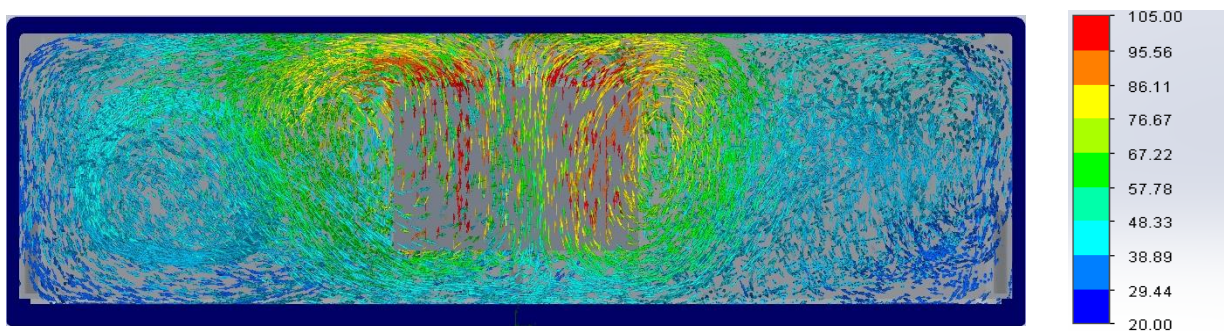


Рис.2. Температура повітря та траєкторії його руху в корпусі з АВС пластику

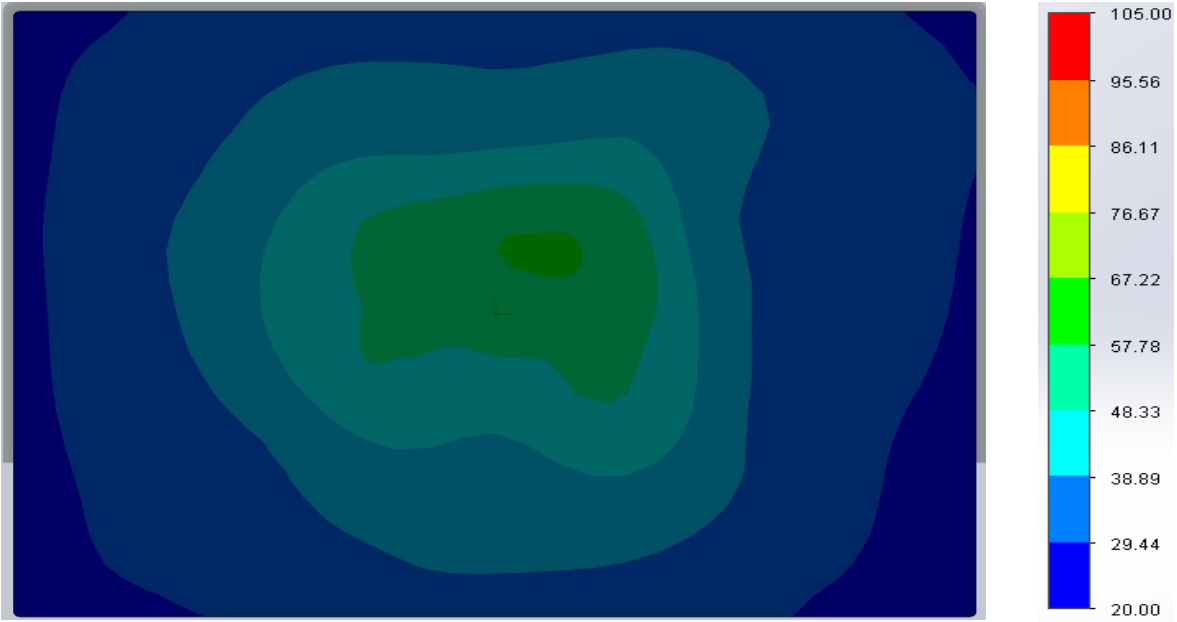


Рис.3. Температура верхньої кришки корпусу з АВС пластику

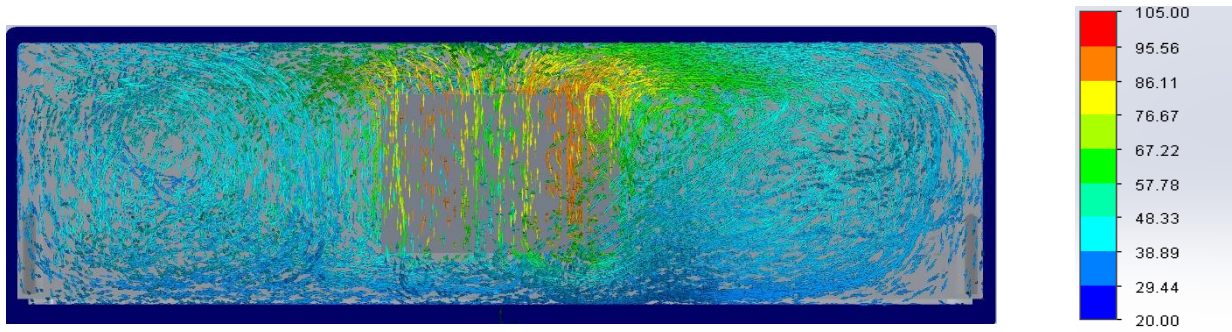


Рис.4. Температура повітря та траєкторії його руху в корпусі з алюмінію

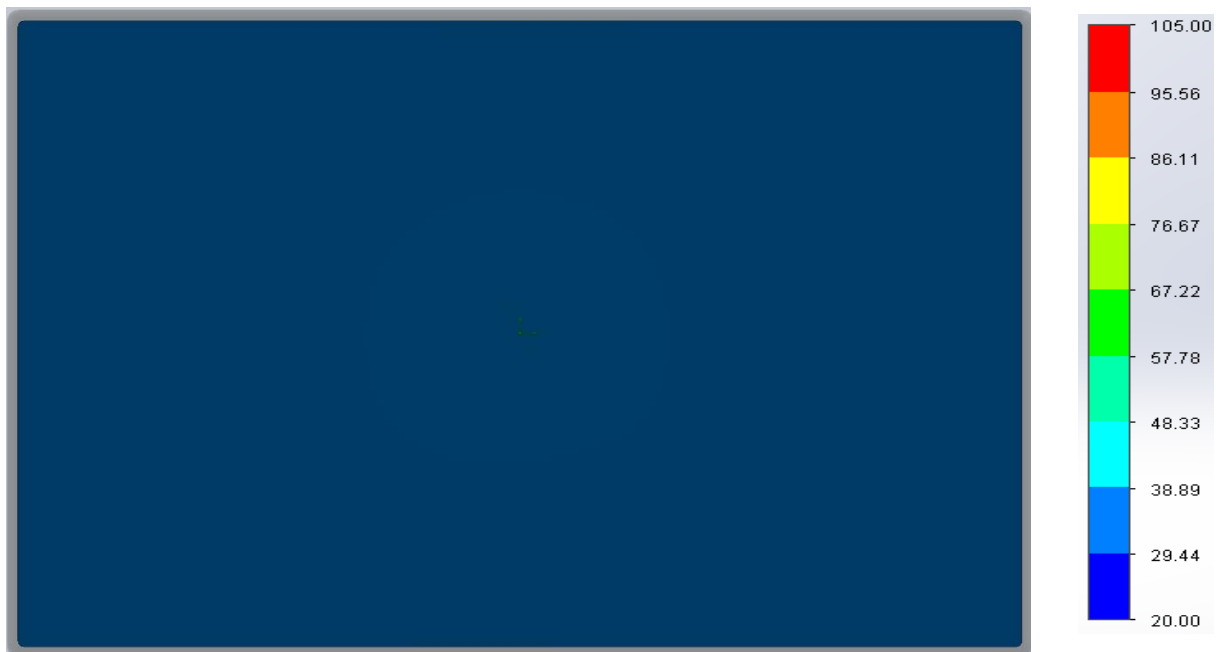


Рис.5. Температура верхньої кришки корпусу з алюмінію

У корпусі з АВС пластику максимальна температура досягає  $102,14^{\circ}\text{C}$ ., а у корпусі з алюмінію максимальна температура становить  $94,38^{\circ}\text{C}$ . З отриманих даних можна зробити висновок, що несуча конструкція виконує роль радіатора, алюмінієвий корпус дозволяє досягти більш низької температури за рахунок власної високої теплопровідності. З огляду таких властивостей наступні дослідження проводяться з використанням алюмінієвого корпусу.

У якості еталону було вирішено взяти корпус без верхньої кришки (рис.6). Температура повітря в середині корпусу та траєкторії його руху зображені на рисунку 7.

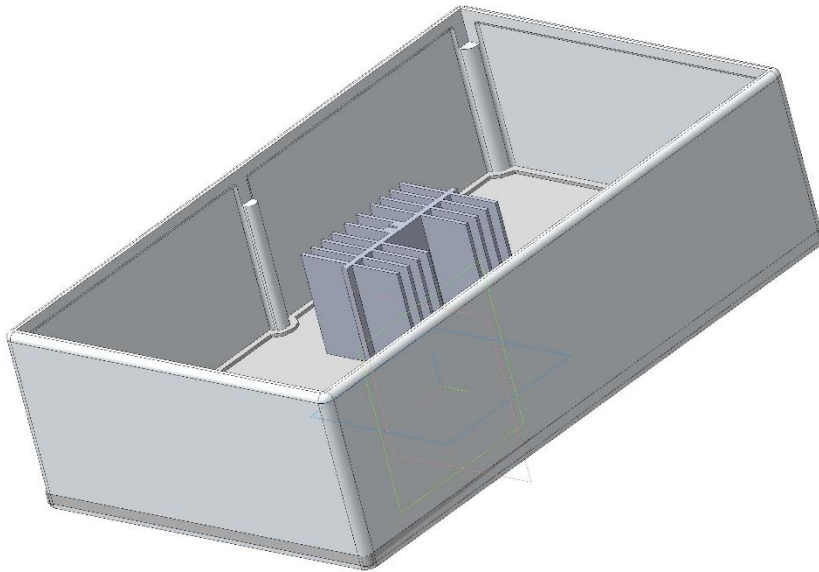


Рис.6. Корпус без верхньої кришки.

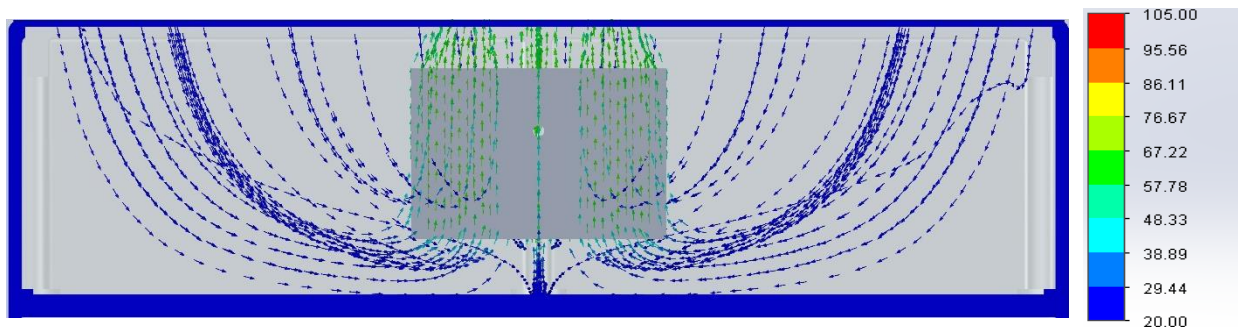


Рис. 7. Траєкторії руху повітря та його температура

У корпусі без кришки максимальна температура становить  $67,09^{\circ}\text{C}$ . Для обраного варіанту моделі різниця температур складає  $27^{\circ}\text{C}$ , що підтверджує необхідність у теплообміні з навколишнім середовищем. Однак, необхідно забезпечити захист від зовнішніх негативних впливів, тому потрібно дослідити можливість зменшення площі перфорації.

На рисунку 8 зображено корпус з отвором в центрі верхньої кришки, діаметр вказаного отвору впродовж дослідження змінювався від 5 до 90мм. Графік залежності температури від діаметра перфораційного отвору показано на рисунку 9.

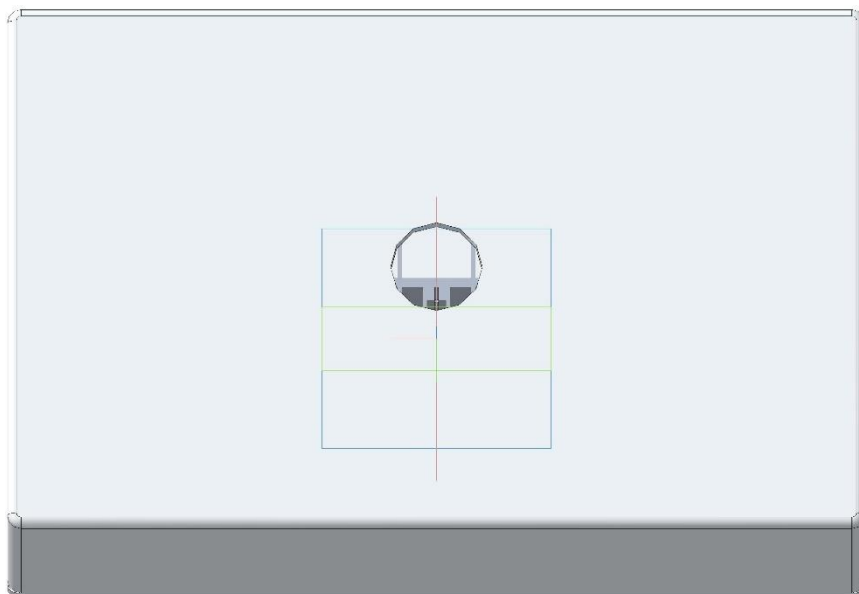


Рис.8. Корпус з отвором у центрі верхньої крижки



Рис.9. Залежність температури від діаметра перфораційного отвору

З графіка видно, що зі збільшенням діаметра отвору якість охолодження підвищується, однак залежність досить нелінійна, це пояснюється саме передачею тепла на корпус, отвори певних діаметрів не забезпечують достатнього контакту з навколишнім середовищем для покращення конвекційного теплообміну і при цьому погіршують можливість теплопередачі на корпус. При досягненні отвором діаметру у 80мм температура зрівнюється зі значенням температури без кришки, що говорить про відсутність необхідності «зайвої» перфорації. Проте, отвір діаметром у 80мм є занадто великим для захисту від зовнішніх впливів, тобто, його необхідно замінити на масив більш малих за діаметром отворів.

Так як площа отвору у 80 мм є максимально необхідною, дане дослідження не виходить за межі цієї площі. Для дослідю обрано три варіанти перфорації ( $N$  – кількість отворів), сумарна площа якої дорівнює площі отвору діаметром 80мм: два отвори по 57мм (рис.10, а), чотири отвори по 40мм (рис.10, б), вісім отворів по 28мм(рис.10, в). Графік з результатами дослідження зображено на рисунку 11.



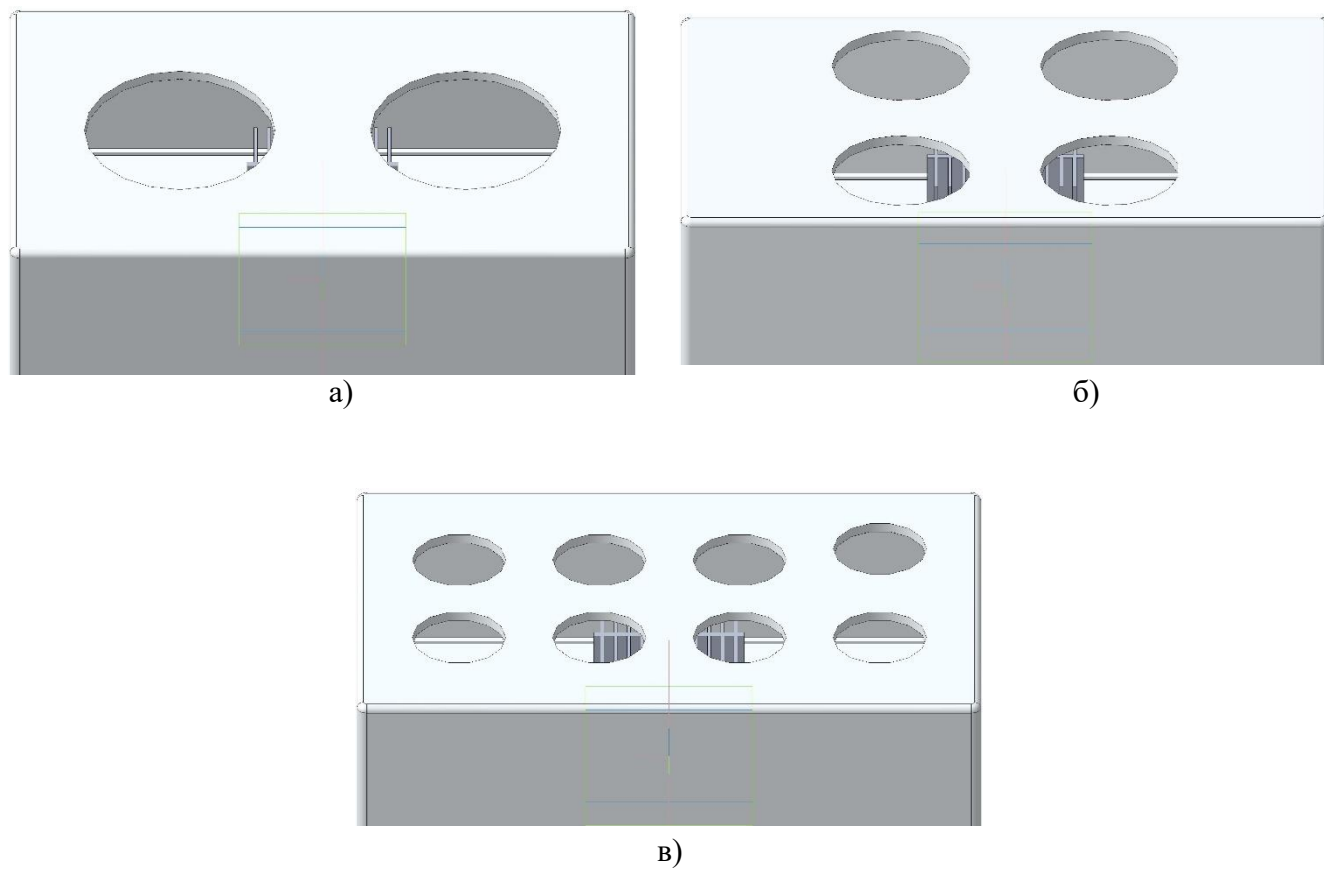


Рис.10. Корпус з різними варіантами перфорації: а) два отвори по 57мм; б) чотири отвори по 40мм; в) вісім отворів по 28мм

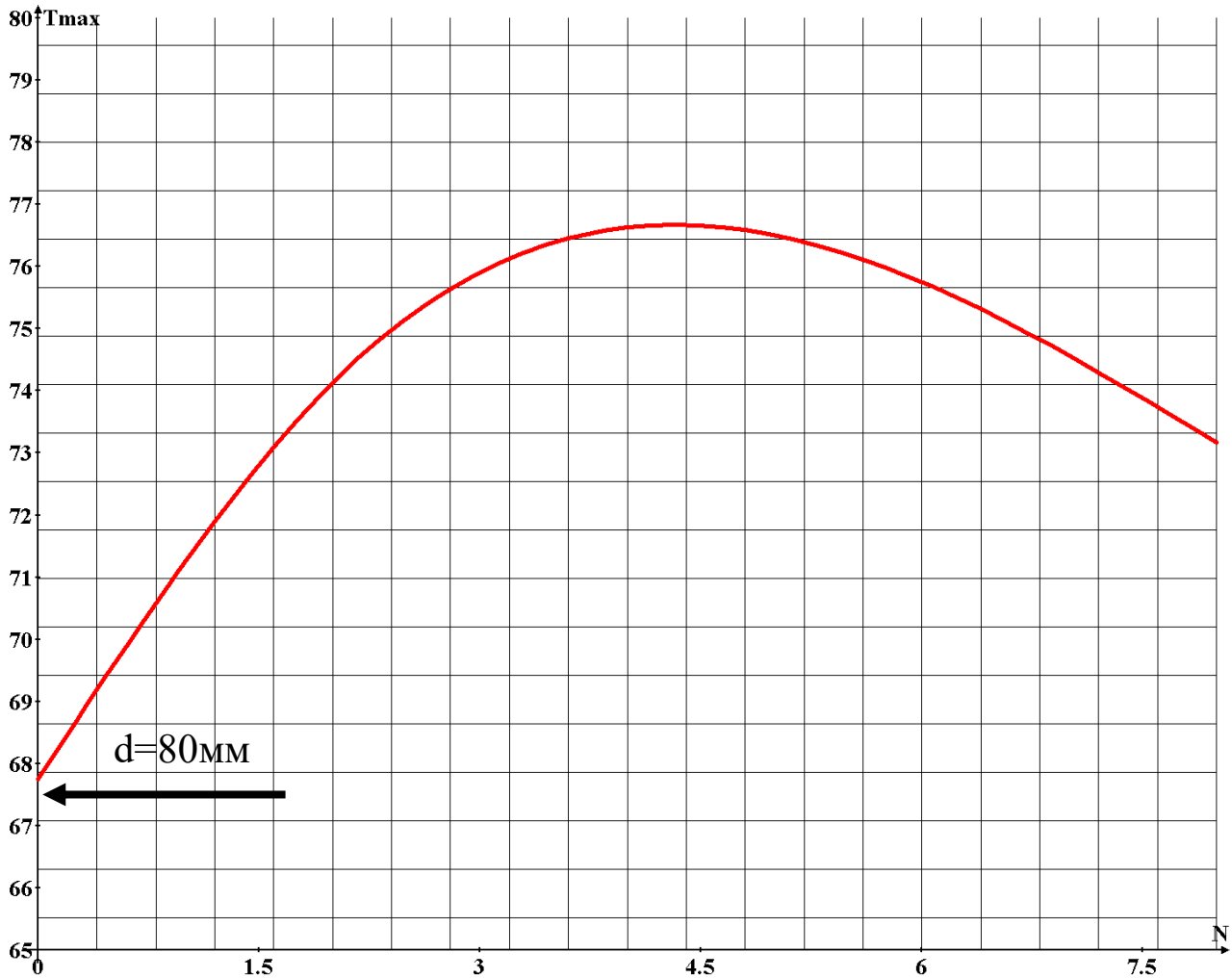


Рис.11. Залежність температури від кількості отворів

З графіку видно, що температура вища за показник при одному отворі діаметром 80мм, що говорить про те, що при дробленні отвору необхідно враховувати дещо більшу площу, ніж площа одного великого отвору. Чітка нелінійність графіку говорить про неможливість встановлення загальної для всіх випадків математичної залежності, що підтверджує необхідність у комп'ютерному моделюванні для кожного окремого випадку.

На практиці не завжди можливо розмістити отвори саме над джерелом тепла, тому важливо дослідити особливості зміщення перфорації від джерела. Для досліду було обрано корпус зі зміщенням отвору від центру вздовж більшої сторони корпусу (рис.12). Моделювання проводилося для отворів діаметром 20 і 40мм, при зміщенні( $r$ ) від центру на 10, 20 та 30мм. Результати дослідження приведені на рисунку 13.



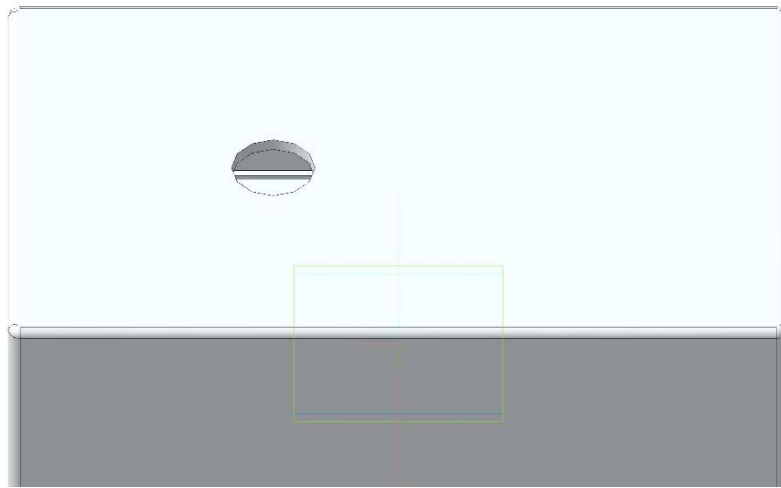


Рис.12. Корпус зі зміщенням перфораційного отвору

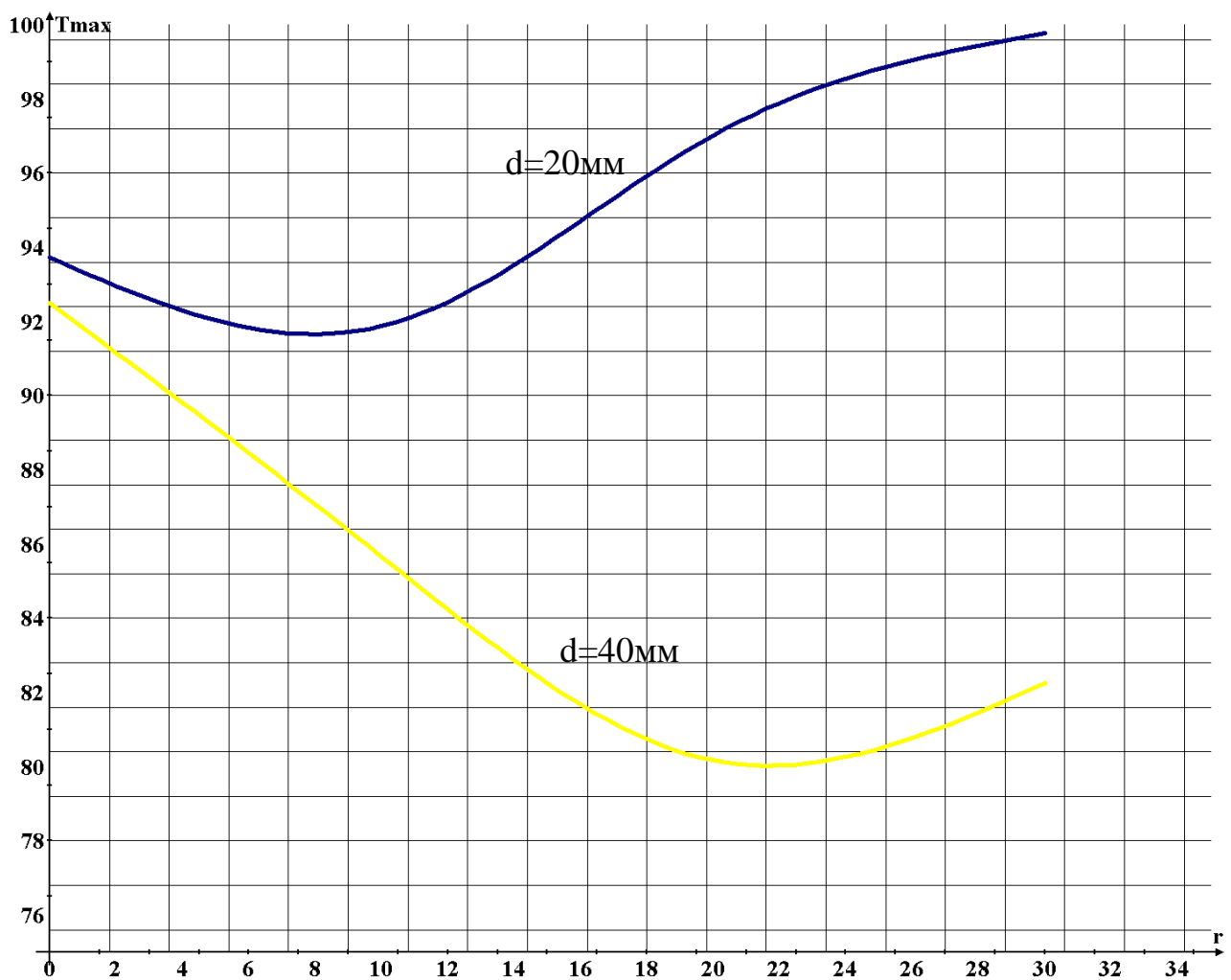


Рис.13 Залежність охолодження від зміщення перфораційного отвору

З графіку видно, що вплив зміщеного отвору щільно пов'язаний з його діаметром. Зміщення отвору дозволяє знайти деяке оптимальне значення між охолодженням через теплопередачу на корпус і конвекцією з оточуючим середовищем.

Попередні дослідження проводилися при наявності отворів лише у верхній стінці корпусу, гаряче повітря виходило через нього і тим самим перешкоджало входженню холодного повітря в середину корпусу. Очевидно, що для покращення охолодження необхідно збільшити кількість холодного повітря, яке приходить до джерела тепла.

Для даного дослідження було взято корпус з отвором діаметром 20мм розташованим у центрі верхньої кришки та аналогічні отвори в одній бічній стінці та в двох бічних стінках (рис.14). Траєкторії руху повітря та його температура показані на рисунках 15 та 16, для порівняння аналогічні дані для корпусу без додаткових отворів показані на рисунку 17. Загальна залежність температури від наявності додаткових отворів ( $N$  – кількість отворів) для охолодження розміщена на рисунку 18.

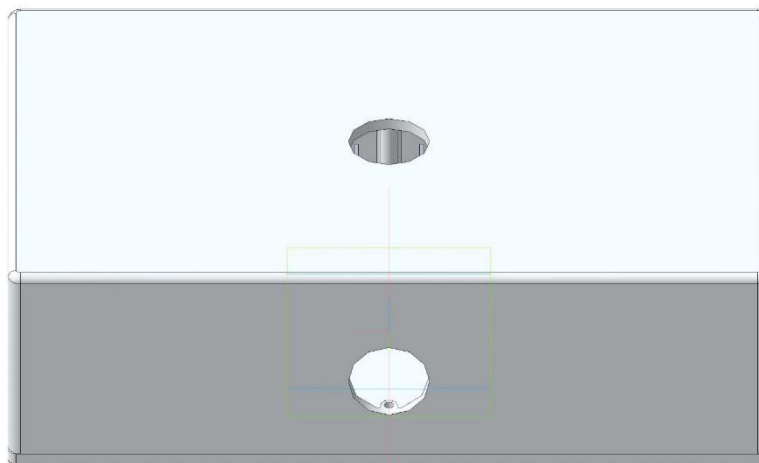


Рис.14. корпус з додатковим отвором у бічній стінці

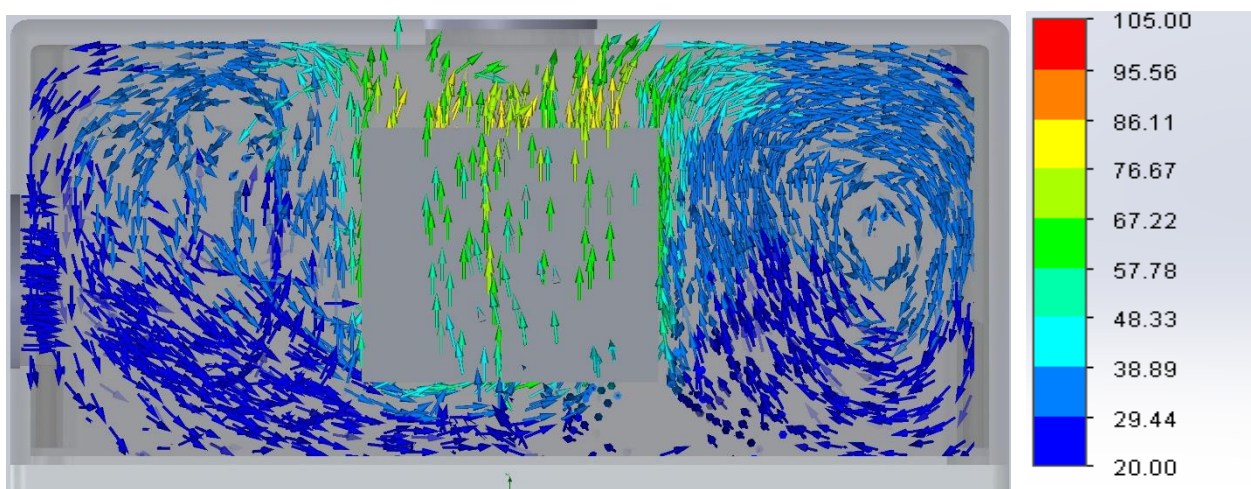


Рис.15. Траєкторія руху повітря та його температура для корпусу з додатковим отвором у одній бічній стінці.

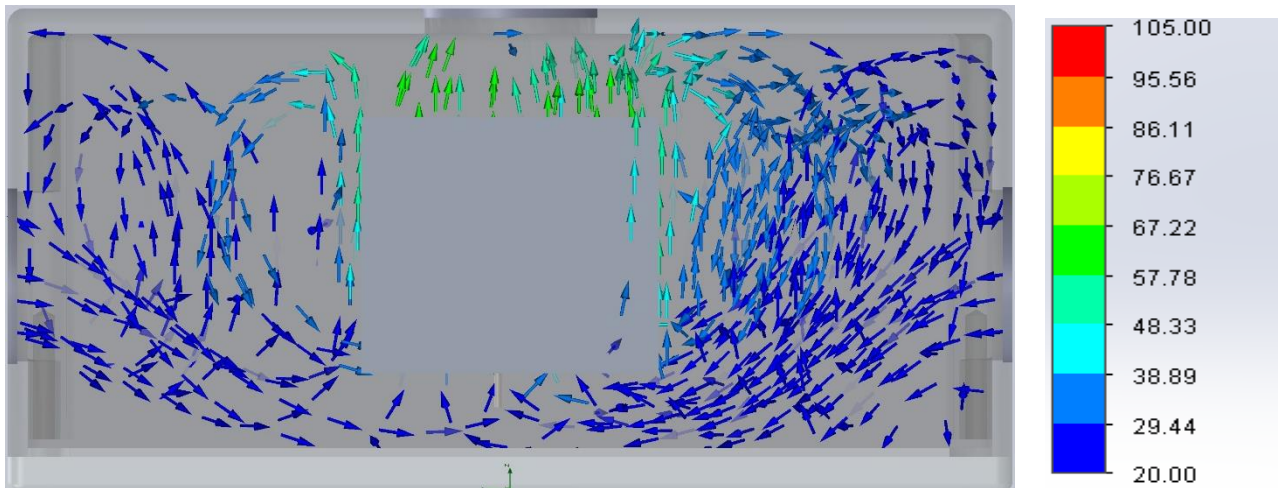


Рис.16. Траєкторія руху повітря та його температура для корпусу з додатковими отворами у обох бічних стінках

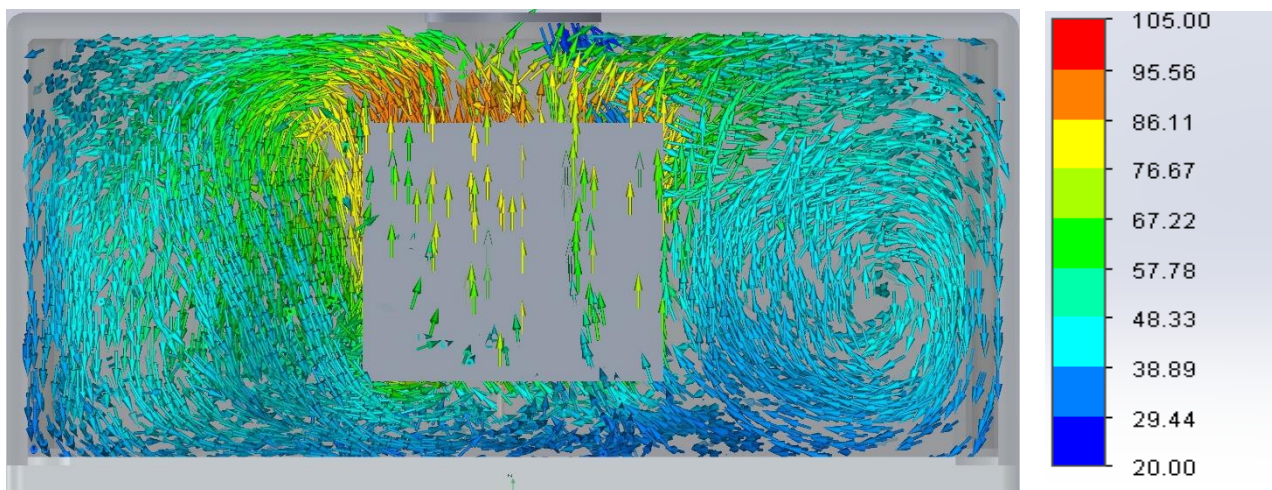


Рис.17. Траєкторія руху повітря та його температура для корпусу без додаткових отворів

Максимальна температура у корпусі без отворів у бічних стінках складає  $93,72^{\circ}\text{C}$ , у корпусі з одним додатковим отвором –  $81,13^{\circ}\text{C}$ , у випадку з двома додатковими отворами –  $61,5^{\circ}\text{C}$ , це значення менше ніж температура в корпусі без кришки  $67,09^{\circ}\text{C}$ , це пов'язано з відстанню яку проходить холодне повітря до радіатора. На рисунку 15 і 16 чітко видно як порції додаткового повітря омивають радіатор і тим самим зменшують його температуру.

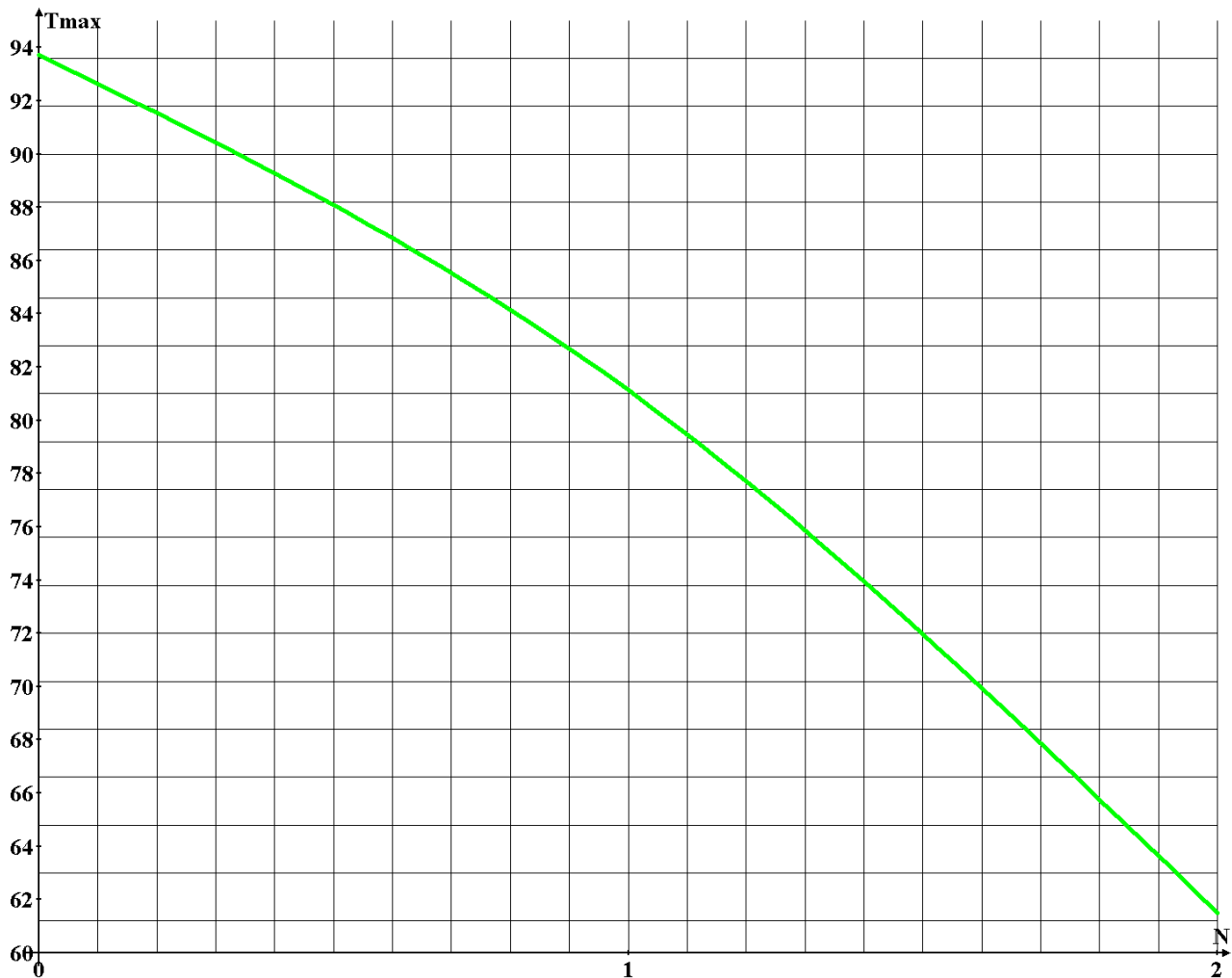


Рис.18. Характеристика залежності якості охолодження від додаткових отворів для притоку холодного повітря

Даний дослід доводить, що для ефективного забезпечення теплового режиму необхідно конструювати перфорацію таким чином, щоб відтік гарячого повітря не перешкоджав притоку холодного повітря, до того ж відстань від приточних отворів до об'єкту охолодження повинна бути як можна меншою.

**Обговорення результатів.** Використання комп'ютерного моделювання гідродинамічних процесів при конструюванні РЕА дозволяє ретельно дослідити процеси теплопереносу в корпусі пристрою, розробити ефективну перфорацію конструкції, а саме таку, яка забезпечуючи необхідний тепловий режим не виходить за межени захисту від зовнішніх впливів та не зменшує механічні властивості самої конструкції.

**СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:**

1. Теория тепло – и массообмена/ Дульнев Г.Н. – СПб: НИУ ИТМО, 2012.–195 с.
2. Физические основы проектирования радиоэлектронных средств: учеб. – метод. комплекс для студентов специальности 1 – 39 02 01 «Моделирование и компьютерное проектирование РЭС». В 2 ч. Ч 2/ Т. В. Молодечкина, В. Ф. Алексева, М. О. Молодечкин. – Новополец: ПГУ, 203. – 224с.
3. Конструирование радиоэлектронных устройств: лаб. Практикум для студ. спец. «Моделирование и компьютерное проектирование РЭС» и «Техническое обеспечение безопасности» днев. формы обуч./ Н. С. Образцов, А. М. Ткачук, Н.А. Смирнова. – Минск: БГУИР, 2007. – 34 с.: ил.
4. SolidWorks. Компьютерное моделирование в инженерной графике/ Алямовский А.А., Собачкин А.А., Одинцов Е. В., Харитонович А. И., Пономарев Н. Б., - СПб.: БХВ – Петербург. 2005. – 800с.: ил.