

**Пильов Вячеслав Володимирович** – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри теплотехніки та енергоефективних технологій Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна, e-mail: viacheslav.pylov@khpri.edu.ua , orcid.org/0000-0002-1514-1020

**Ликов Сергій Валентинович** – аспірант кафедри двигунів та гібридних енергетичних установок Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна, e-mail: sergsowar@gmail.com, orcid.org/0000-0003-3234-5970

## ESTIMATION OF THE THERMALLY STRESSED STATE OF INTERNAL COMBUSTION ENGINE PISTONS, TAKING INTO ACCOUNT THE CREEP THRESHOLD OF THEIR SIDE SURFACE

*A. P. Marchenko, O. U. Linkov, V. V. Pylyov, S. V. Lykov*

When creating new engine designs, they are subject to ever more stringent requirements for specific power and reliability indicators while ensuring a combination of other performance indicators. The use of new design solutions or the transition to a different piston material can significantly increase the possible level of engine power. This requires a mandatory analysis of the thermal stress state of the structure. It is this analysis that can show whether one or another competing solution will be effective. This study shows the possible effectiveness of certain constructive measures. The diesel piston 4ChN12/14 was taken as the object of the research. Power levels corresponded to 20-30 kW/l. The analysis of the temperature and heat-stress states of the piston in two designs and for two materials - AL25 and AK4 alloys was carried out. The level of thermal stresses of the structure is set in an elastic setting. The obtained data allow to analyze the condition of the pistons and draw conclusions based on the concept of guaranteed reliability. In the analysis, we used the creep limits of materials that we previously determined. The analysis of the temperature state in the zone of the edge of the combustion chamber of the piston and in the zone of the groove for the first piston ring, where the reliability falling of the piston design is possible, has been analyzed. The creep threshold of materials by the side surface of the piston is estimated. The facts of the appearance of rubbing on pistons in the initial period of their loads are explained on the basis of exceeding the creep threshold of an unhardened material. It is shown that the creep threshold of the non-hardened piston material can be exceeded when, according to the criteria of the temperature state of the combustion chamber edge and the zone of the first compression ring, the design is operable. Based on the results of the analysis, conclusions were drawn about the performance of piston structures during power increasing using two options for oil cooling of the piston and during the transition from aluminum alloy AL25 to alloy AK4.

**Keywords:** internal combustion engine; power increase; reliability; reliability parameters; simulation; piston; temperature; tension; deformations; creep; creep limit; material properties.

УДК 621.43.016

DOI: 10.20998/0419-8719.2023.2.02

*О. В. Триньов, Д. Г. Сівих*

## ОБҐРУНТУВАННЯ СКЛАДУ ПНЕВМАТИЧНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ЛОКАЛЬНОГО БАГАТОКОНТУРНОГО ОХОЛОДЖЕННЯ ДЕТАЛЕЙ АВТОТРАКТОРНОГО ДИЗЕЛЯ

*Серія моторних стендових та безмоторних експериментів, проведених на кафедрі двигунів та гібридних енергетичних установок НТУ «ХПІ», показали високу ефективність локального повітряного охолодження теплонпружених деталей ДВЗ, зокрема деталей випускного клапанного вузла газорозподільного механізму в автоматизованому режимі. Однак, в проведених випробуваннях використовувався стаціонарний повітряний компресор з живленням від електромережі ~220 В з накопиченням повітря у балоні великої місткості. Реалізація системи локального охолодження на енергетичних установках, в основному потужних вантажних автомобілів, потребує включення в систему автоматичного керування охолодження автономного, встановленого на транспортному засобі пневматичного компресора з електроприводом із живленням від бортової електромережі та накопиченням повітря у ресивері з компактними розмірами.*

*Проведено огляд конструктивних рішень та аналіз компонентного складу пневматичних систем автотракторних транспортних засобів. Розглянуті вимоги щодо якості та безпеки пневматичних систем транспортних засобів та їх елементів. Наведені технічні характеристики повітряних компресорів. Обрано схему пневматичної системи локального багатоконтурного охолодження деталей автотракторного дизеля. На прикладі обраного повітряного компресора з електричним приводом Maxitum Performance 24V компанії ARB (Австралія) виконані оціночні розрахунки часу роботи до робочого тиску у ресивері 10 бар. Визначено електричне навантаження на бортову мережу 24 В транспортного засобу у вигляді витрати струму в середньому за цикл наповнення. Визначений максимальний струм споживання компресором, дана оцінка витрати струму за годину за умови сумірного чередування циклів наповнення ресивера та його спустошення.*

**Ключові слова:** дизель; охолодження; автоматичне керування тепловим станом; компресор.

**Вступ**

Вимоги до автомобільних систем, зокрема

пневматичних, є необхідними для забезпечення безпеки, надійності та ефективності. Коли мова йде

про безпеку, основна мета полягає в захисті водіїв, пасажирів та оточуючих від потенційних небезпек, пов'язаних з пневматичними системами автомобілів. Це означає, що системи повинні бути спроектовані таким чином, щоб уникнути ризиків пожежі, вибуху, витоку повітря та інших аварійних ситуацій.

Автомобільні системи повинні працювати надійно в різних умовах експлуатації. Це означає, що компоненти пневматичних систем повинні бути стійкими до зношування, корозії, високих температур та вібрацій. Вони повинні мати достатню міцність та довговічність для витримування навантажень, які виникають під час роботи автомобіля. Це допомагає забезпечити стабільну та надійну роботу системи протягом тривалого часу.

#### Аналіз джерел

Пневматичні системи повинні бути ефективними з точки зору споживання повітря та енергії. Це означає, що системи повинні мати оптимальні розміри каналів, клапанів та редукторів, щоб забезпечити ефективну подачу та використання повітря. Це сприяє економії ресурсів та покращує показники ефективності автомобіля.

На вантажівках використовуються різні типи пневматичних систем залежно від їх призначення і функціональності. Деякі з найпоширеніших пневматичних систем включають:

1. Пневматична система гальмування – в системі гальмування на вантажівках зазвичай використовуються балони з об'ємами від кількох літрів до кількох десятків літрів. Тиск у цих балонах може бути від 8 до 14 бар (бар = 100 кПа).

2. Пневматична система підвіски – об'єм балонів підвіски може залежати від типу підвіски і потреб вантажівки. Зазвичай використовуються балони з об'ємами від кількох літрів. Тиск у балонах підвіски може бути від 6 до 12 бар.

3. Пневматична система кузова – об'єм балонів для пневматичної системи кузова також буде залежати від розміру кузова та специфікацій вантажівки. Це можуть бути балони з об'ємами від кількох літрів до кількох десятків літрів. Тиск у цих балонах може бути від 6 до 12 бар.

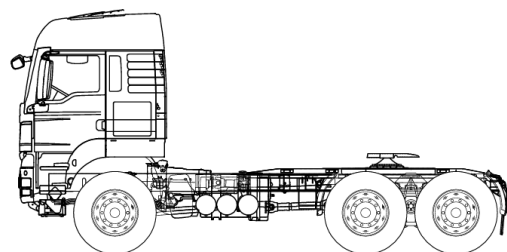


Рис. 1. Розташування пневматичних балонів на MAN TGS 40.480 6X6 BBS-WW

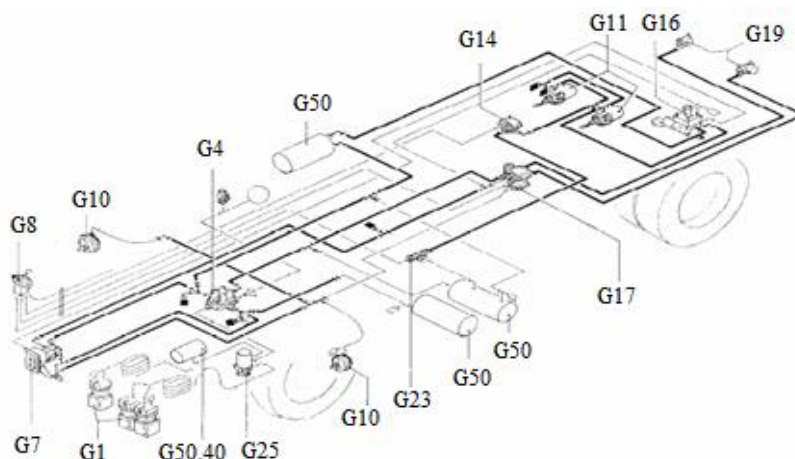


Рис. 2. Гальмівна система вантажного автомобіля MAN TGA, версія з двома осями

Варто зазначити, що конкретні об'єми балонів та тиск в них будуть визначатися виробником вантажівки та відповідати вимогам і стандартам, що регулюють використання пневматичних систем у вантажівках. Інформацію щодо об'ємів балонів і рекомендованого тиску можна знайти в технічних документах та посібниках з експлуатації конкретного транспортного засобу.

Розглянемо один з прикладів пневматичної системи на вантажівці MAN TGS 40.480 [1]. Ця вантажівка використовується для важких перевезень і оснащена потужним двигуном. За даними виробника, MAN TGS 40.480 має два пневматичні балони з об'ємом по 40 літрів [2]. Цей об'єм балонів (рис. 1) забезпечує достатню кількість стисненого повітря для забезпечення потреб у гальмуванні,

підвісці та інших функціях пневматичної системи на цій вантажівці.

На рис. 2 використані наступні позначення: G 1 - компресори (одно- та двоциліндровий); G 4 - багатоконтурні захисні клапани, тиск закриття 5 бар; G 7 - крани керування робочою гальмівною системою; G 8 - крани гальма стоянки; G 10 - мембранний поршневий циліндр; G 11 - подвійний гальмівний циліндр; G 14 - прискорювальні клапани; G 16 - регулятор сили гальмування; G 17 - керівний клапан причепа, 2-провідн.; G 19 - сполучні головки, 2-провідні.; G 23 - зворотні клапани; G 25 - водоспускні прилади, вологовідділювач; G 50 - ресивер для стисненого повітря 40 л (246 x 912 мм) 12,5 бар, 2 шт; G 50.40 - ресивер для стисненого повітря 4 л (154 x 274 мм), 12,5 бар, відновлювальний бапон.

Вантажні автомобілі MAN TGA обладнані чотириконтурними пневматичними гальмівними системами, що відповідають вимогам директив ЕС.

Повітря, подане повітряним компресором, що проходить через охолоджуючий змійовик, потрапляє в осушувач повітря з регулятором тиску. Перепускний клапан гарантує, що при заповненні пневматичної системи спочатку в крайній мірі один робочий гальмівний контур заповнюється до безпечного тиску. У чотириконтурному захисному клапані відбувається розподіл потоку стисненого повітря між ресиверами для стисненого повітря гальмівного контуру переднього моста та заднього моста, стоянкового гальмівного контуру, а також додатковими користувачами. Якщо один гальмівний контур виходить з ладу, то тиск повітря в справному контурі зберігається.

Контроль і керування для кожного моста здійснюються модулем регулювання тиску або одним каналом двоканального модуля регулювання тиску. Гальмівне зусилля регулюється електронікою в залежності від вісьового навантаження за допомогою модулів регулювання тиску.

Прискорювальний клапан керує часом пружинного енергозберігача в комбінованій гальмівній камері і створює умови для швидкого впуску і впуску повітря при роботі клапана постійного гальма.

В залежності від виконання, автомобіль може оснащуватися дисковими або барабанными гальмівними механізмами [3].

До компонентів пневматичних систем транспортних засобів висуваються певні вимоги:

1. Надійність – компоненти повинні бути виготовлені з якісних матеріалів та відповідати вимогам надійності, щоб забезпечити безперебійну роботу системи.

2. Ефективність – компоненти повинні мати високий коефіцієнт корисної дії, забезпечуючи ефективне використання повітря та оптимальну продуктивність системи.

3. Витривалість – компоненти повинні витримувати великі навантаження та умови експлуатації, такі як вібрації, удари, корозія та знос.

4. Сумісність – компоненти повинні бути сумісними з іншими елементами системи та відповідати стандартам інтерфейсів і розмірів.

5. Безпека – компоненти повинні відповідати вимогам безпеки та не створювати ризиків.

6. Легкість установки та обслуговування – компоненти повинні бути легкими у встановленні, ремонті та обслуговуванні для зменшення часу простою автомобіля або трактора.

7. Енергоефективність – компоненти повинні мінімізувати енерговитрати та споживання повітря, забезпечуючи оптимальну роботу системи.

8. Захист від забруднень – компоненти повинні мати вбудовані захисні пристрої або фільтри, щоб уникнути впливу забруднень на роботу системи.

9. Регульованість – компоненти повинні мати можливість регулювання параметрів, таких як тиск, витрата повітря тощо, для забезпечення гнучкості та адаптації до різних умов роботи та вимог.

10. Компактність – компоненти повинні займати мінімальний обсяг простору та легко вбудовуватися в автомобіль або трактор.

11. Мінімальний шум – компоненти повинні бути спроектовані з урахуванням мінімізації шуму, що виникає під час роботи системи, для забезпечення комфорту операторів та оточуючих.

12. Сумісність з іншими системами – компоненти повинні бути сумісними з іншими системами автомобіля або трактора, такими як гальма, кермо тощо, для забезпечення безпроблемної взаємодії та координації роботи різних систем.

Важливо зазначити, що конкретні вимоги можуть варіюватися в залежності від типу та застосування автомобіля або трактора.

Проектування пневматичних систем та компонентів, а також виробництво і обслуговування підпорядковано стандартам:

ISO 4412: Дорожні транспортні засоби - Рекомендації щодо розміщення пневматичних устаткувань. Цей стандарт надає рекомендації щодо розміщення пневматичних устаткувань, таких як циліндри та клапани, на дорожніх транспортних засобах. Він враховує аспекти безпеки та забезпечує оптимальне розміщення, щоб уникнути можливих небезпек.

ISO 4413: Гідравліка та пневматика – Загальні правила для проектування безпечних керувальних систем. Цей стандарт надає загальні правила та вимоги для проектування безпечних керувальних систем, включаючи пневматичні системи.

ISO 4414: Пневматичні системи та компоненти – Загальні правила та безпека. Цей стандарт включає в себе вимоги щодо безпеки пневматичних систем та компонентів. Він встановлює правила безпеки під час проектування, виготовлення та експлуатації пневматичних систем.

EN 983: Пневматика – Безпека пневматичних систем та компонентів. Стандарт встановлює вимоги безпеки пневматичних систем та компонентів. Містить рекомендації з урахування ризиків, проектування безпечних систем, випробувань та підтвердження відповідності.

ISO 9001: Системи управління якістю – Вимоги. Цей стандарт встановлює вимоги до систем управління якістю. Виробники компонентів та систем повинні виконувати цей стандарт, щоб забезпечити високу якість вироблених продуктів та процесів.

IATF (ISO/TS) 16949: Системи управління якістю – Особливі вимоги для застосування в автомобільній промисловості. Цей стандарт встановлює особливі вимоги до систем управління якістю для автомобільної промисловості. Він додає до ISO 9001 додаткові вимоги, специфічні для виробництва компонентів для автомобілів.

ASTM International: ASTM стандарти. ASTM International розробляє і публікує широкий спектр стандартів, які охоплюють різні аспекти якості та випробувань компонентів пневматичних систем. Ці стандарти допомагають забезпечити високу якість та відповідність продукції.

SAE International: SAE стандарти. SAE International розробляє стандарти, специфікації та практики, які використовуються в автомобільній промисловості. Вони охоплюють різні аспекти технічної якості та безпеки компонентів, в тому числі пневматичних систем.

Враховуючи все вище зазначене, можемо констатувати, що штатна пневматична система, яка повністю відповідає регламентним та технічним нормам, стандартам безпеки та якості не може використовуватися як основа для додаткових пневматичних користувачів. Тому пневматична система локального багатоконтурного охолодження деталей автотракторного дизеля повинна бути повністю автономною і мати своє джерело стисненого повітря.

#### **Мета та задачі дослідження**

Задля забезпечення автономності пневматичної системи локального багатоконтурного охоло-

дження деталей автотракторного дизеля слід визначити компонентний склад системи автоматизованого керування. Обрати ресивер – ємність для накопичення стисненого повітря. Обрати повітряний компресор, який за своїми властивостями забезпечить роботу пневматичної системи локального охолодження. Серед всіх варіантів повітряних компресорів слід обирати такі, що працюють від електричного двигуна при можливості живлення 12 В або 24 В бортової мережі. Це дасть змогу використовувати систему охолодження без необхідності використання механізму відбору потужності двигуна. При цьому слід враховувати на електричне навантаження бортової мережі, що буде додатково діяти при роботі електричного компресора.

#### **Основні результати дослідження**

На рис. 3 наведено склад пневматичної системи локального багатоконтурного охолодження деталей автотракторного дизеля. Повітря із атмосфери проходить через фільтр 8 та осушувач 2 до електричного повітряного компресору 9, у якому воно стискається та надходить до ресивера 11. Максимальний тиск в балоні контролюється захисним клапаном 4. Параметри повітря у балоні контролюються датчиком тиску 5 та температури 6. Задля утримання робочого тиску у ресивері задіяний зворотний клапан 10. На виході з ресивера встановлено регулятор тиску повітря 12, який підтримує стабільний потік до споживачів повітря охолодження. Щоб мати певний запас повітря на рівні 0,1-0,15 МПа, встановлений додатковий пневматичний акумулятор 13, у якому також параметри повітря контролюються датчиком тиску 5 та температури 6. Далі повітряний потік поділяється на 2 канали розподільником 14. Електронний блок 1 контролює тепловий стан датчиками температури 16 для підшипника турбокомпресора та 17 для сідел клапанів. В разі необхідності охолодження вмикається відповідний електромагнітний клапан – 7, або один чи декілька з групи клапанів 15. Повітря після цього виходить в атмосферу.

Відомі такі виробники повітряних компресорів різної потужності на 12 та 24 В для автомобілів, вантажівок, автобусів та інших транспортних засобів: ARB (Австралія), Oasis (США), Smittybilt (США), T-Max (Австралія), Viair (США). Серед українських виробників можна відзначити такі як "Агрегат" (Київ), "Полтава Компресор" (Полтава), "Харківкомпресормаш" (Харків), "ЕПК НЕФТЕГАЗОПРИБОР" (Івано-Франківськ), які випускають електричні компресори на 12 та 24 В, і можуть використовуватися на транспортних засобах.

Вигляд та характеристики деяких компресорів, що на основі огляду можуть використовуватися для наших цілей, представлені на рис. 4 та наведені в табл. 1.

Серед розглянутих компресорів заслуговує увагу компресор Maximum Performance 24V компанії ARB (Австралія). З ним можна використовувати будь-який балон, компресор має суттєву продуктивність, задовольняє по максимальному тиску та може працювати в безперервному режимі.

Зміни характеристик в залежності від робочого тиску в пневмосистемі наведені на рис. 5.

Якщо обрати ресивер для стисненого повітря 20 л (300 × 373 мм) 12,5 бар можна визначити час наповнення до 10,0 бар та струм, який буде витрачений для цього.

Оцінний розрахунок цих показників дав результати, наведені на графіках (рис.6). За цими розрахунками для того, щоб створити у ресивері з об'ємом 20 л тиск 10 бар, необхідно близько 100 с роботи компресора ARB Maximum Performance 24V. При цьому разом зі зростанням тиску в балоні буде зростати протидія, яка буде зменшувати продуктивність компресора та призведе до зростання струму в обмотці його електродвигуна, так як буде збільшуватися його навантаженість. Середній струм за 100 с циклу наповнення складе 29,72 А. Якщо припустити, що цикл спорожнення балону також займе деякий сумірний час, то максимальний струм у бортовій мережі транспортного засобу 24 В не перевищить 34,25 А, а навантаження – 15-20 А/год.

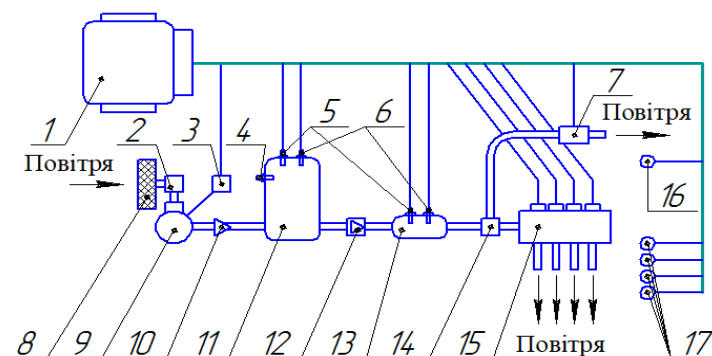


Рис. 3. Структурна схема пневматичної системи локального багатоконтурного охолодження деталей автотракторного дизеля:

- 1 – електронний блок; 2 – осушувач повітря; 3 – реле електричного компресора; 4 – захисний клапан;
- 5 – датчик тиску повітря; 6 – датчик температури повітря; 7 – електромагнітний клапан охолодження підшипника турбокомпресора; 8 – повітряний фільтр; 9 – електричний повітряний компресор;
- 10 – зворотний клапан; 11 – повітряний ресивер; 12 – регулятор тиску повітря; 13 – акумулятор повітря;
- 14 – розподільник повітря; 15 – блок електромагнітних клапанів охолодження сідел клапанів;
- 16 – датчик температури підшипника турбокомпресора; 17 – датчики температури сідел клапанів

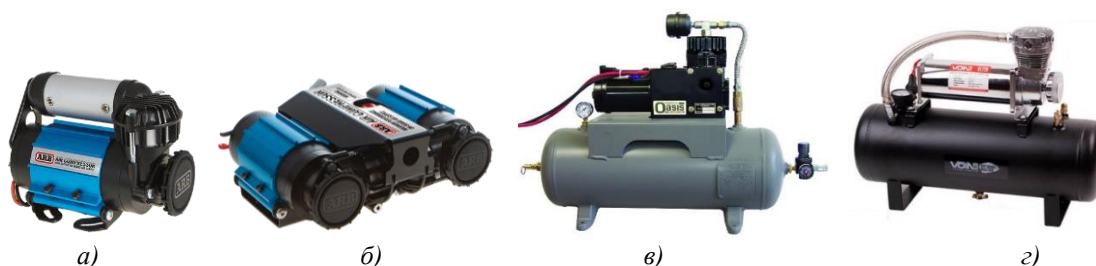


Рис. 4. Вигляд повітряних компресорів для застосування на транспортних засобах:

- a – ARB High Output; б – ARB Maximum Performance; в – Oasis XDT10-4000;
- г – «Voin» VL-720 «OFF ROAD MASTER»

Таблиця 1. Характеристики повітряних компресорів

Модель	Напруга живлення, В	Струм холостого ходу, А	Продуктивність, л/хв	Максимальний тиск, бар	Режим роботи	Об'єм балону, л
ARB High Output 12V [4]	12	14	87,2	14	50%, ≤ 30 хв.	нема
ARB High Output 24V [4]	24	7	87,2	14	50%, ≤ 30 хв.	нема
ARB Maximum Performance 12V [4]	12	28	174,4	14	100%	нема
ARB Maximum Performance 24V [4]	24	14	174,4	14	100%	нема
Oasis XDT10-4000-12 [5]	12	110	425,0	14	100%	38
Oasis XDT10-4000-24 [6]	24	65	425,0	14	100%	38
«Voin» VL-720 «OFF ROAD MASTER» [7]	12	23	100,0	14	50%, ≤ 30 хв.	10

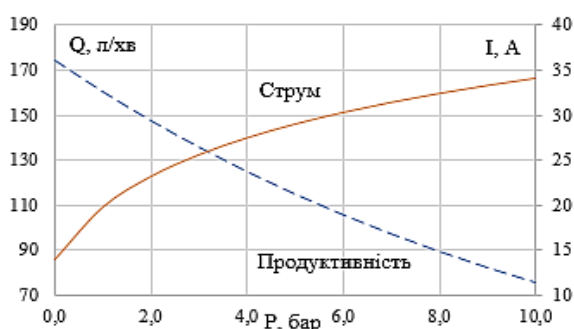


Рис. 5. Продуктивність та струм компресора ARB Maximum Performance 24V

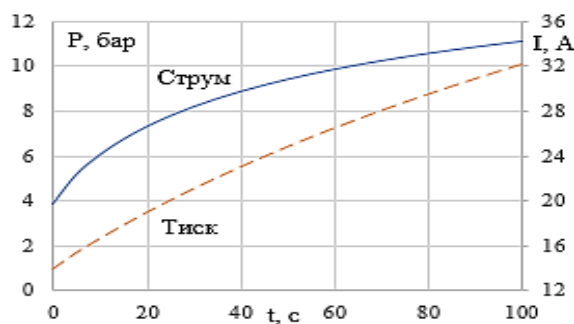


Рис. 6. Наповнення ресивера 20 л до 10 бар компресором ARB Maximum Performance 24V

В раніше проведених експериментах [8, 9] визначався час зниження температури деталі (сідла випускного клапана, підшипника турбокомпресора) від критичних значень до прийнятних, фіксувалися витрати повітря в залежності від тиску (0,1-0,15 МПа), який підтримувався редуктором на вході в контур охолодження, але при цьому не відслідковувалася динаміка зміни тиску в повітряному ресивері, який наповнювався компресором. Не аналізувалася можливість його наповнення за обмежений час до необхідних значень тиску повітря, не уточнені межі зміни (max, min) цих значень. Практична

реалізація автоматизованої системи локального охолодження вимагає обов'язкового уточнення цих параметрів, а також визначеність з об'ємом балона-ресивера на транспортному засобі.

Рішенням цієї важливої практичної задачі, як і вибір електричного компресора, стає випробування у складі системи, що потребує проведення додаткових експериментів.

### Висновки

Зроблений аналіз технічних показників реального пневматичного обладнання змушує переглянути показники витрат стисненого повітря в сторону значного зменшення, що викликано обмеженим об'ємом обраного ресивера та продуктивністю повітряного компресора. Це може призвести к збільшенню часу локального охолодження відповідних вузлів автотракторного дизеля, або, навіть, поставити під питання ефективність багатоконтурної системи.

Виникає необхідність в проведенні серії додаткових безмоторних експериментів з обраним електричним компресором, ємністю (ресивером) прийнятних для встановлення розмірів, підключенням цього компресора до автоматичної системи локального охолодження.

Необхідно сформулювати чітко вимоги щодо параметрів електричного компресора, який би забезпечив ефективну роботу системи локального охолодження.

### Список літератури:

1. Специфікації вантажівок MAN. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL: [https://www.bus.man.eu/man/media/content\\_medien/doc/entry\\_page\\_russia/presse\\_medien\\_3/2014\\_9/2014\\_06\\_06\\_stt/20140610\\_MAN\\_CTT\\_2014\\_specifications.pdf](https://www.bus.man.eu/man/media/content_medien/doc/entry_page_russia/presse_medien_3/2014_9/2014_06_06_stt/20140610_MAN_CTT_2014_specifications.pdf).
2. Пневматичні схеми гальмівних систем MAN TGA з 2000 року. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL:

<https://krutilvertel.com/man-tga-2000-glava19-pnevmaticheskie-shemy-tormoznykh-sistem>. – Назва з екрана. 3. Загальна інформація MAN TGA з 2000 року. – Режим доступу: URL: <https://krutilvertel.com/man-tga-2000-glava19-obshhaja-informaciya>. – Назва з екрана. 4. Бортові повітряні компресори ARB. – Режим доступу: URL: <https://arbeurope.com/air-compressors/on-board-air-compressors/>. – Назва з екрана. 5. Oasis. Каталог продукції. XDT10-4000-12, повітряний компресор, встановлений на баку. – Режим доступу: URL: <https://aircompressors.oasismfg.com/item/air-compressors/tank-mounted-air-compressor/item-1055>. – Назва з екрана. 6. Oasis. Каталог продукції. XDT10-4000-24, повітряний компресор, встановлений на баку. – Режим доступу: URL: <https://aircompressors.oasismfg.com/item/air-compressors/tank-mounted-air-compressor/item-1113>. – Назва з екрана. 7. Компресор автомобільний "VOIN" VL-720 "OFF ROAD MASTER" 200psi/23A/100л/2.5GL. – Режим доступу: URL: <https://vitool.com.ua/index.php?section=613&id=52342&lang=uk>. – Назва з екрана. 8. Триньов О. В. Моделивання роботи автоматизованої системи локального багатоконтурного охолодження деталей автотракторного дизеля / О. В. Триньов, Д. Г. Сівих // Двигатели внутреннего сгорания. – 2021. – № 1. – С. 66-74. 9. Триньов О. В. Розробка заходів з підвищення надійності підшипникового вузла турбокомпресора автотракторного дизеля / О. В. Триньов, Д. Г. Сівих // Двигуни внутрішнього згоряння = Internal Combustion Engines. – 2022. – № 1. – С. 12-21.

available at: [https://www.bus.man.eu/man/media/content\\_medien/doc/entry\\_page\\_russia/presse\\_medien\\_3/2014\\_9/2014\\_06\\_06\\_stt/20140610\\_MAN\\_CTT\\_2014\\_specifications.pdf](https://www.bus.man.eu/man/media/content_medien/doc/entry_page_russia/presse_medien_3/2014_9/2014_06_06_stt/20140610_MAN_CTT_2014_specifications.pdf). 2. «Pneumatic diagrams of MAN TGA brake systems since 2000» [«Pnevmaticheskiye skhemy tormoznykh sistem MAN TGA s 2000 goda»], available at: <https://krutilvertel.com/man-tga-2000-glava19-pnevmaticheskie-shemy-tormoznykh-sistem>. 3. «General information on MAN TGA since 2000» [«Obshchaya informatsiya MAN TGA s 2000 goda»], available at: <https://krutilvertel.com/man-tga-2000-glava19-obshhaja-informaciya>. 4. «ARB on-board air compressors», available at: <https://arbeurope.com/air-compressors/on-board-air-compressors/>. 5. «Oasis. Product Catalog. XDT10-4000-12 Tank Mounted Air Compressor», available at: <https://aircompressors.oasismfg.com/item/air-compressors/tank-mounted-air-compressor/item-1055>. 6. «Oasis. Product Catalog. XDT10-4000-22 Tank Mounted Air Compressor», available at: <https://aircompressors.oasismfg.com/item/air-compressors/tank-mounted-air-compressor/item-1113>. 7. «Car compressor "VOIN" VL-720 "OFF ROAD MASTER" 200psi/23A/100л/2.5GL» [«Kompresor avtomobilnyi "VOIN" VL-720 "OFF ROAD MASTER" 200psi/23A/100л/2.5GL»] <https://vitool.com.ua/index.php?section=613&id=52342&lang=uk>. 8. Trynov O.V., Sivykh D.G. (2021) «Simulation of the work of the automated system of local multi-circuit cooling on auto tractor diesel parts» [«Modeliuvannya roboty avtomatyzovanoi systemy lokalnoho bahatokonturnoho okholodzhennia detalei avtotraktornoho dizelia»], Internal Combustion Engines, No. 1, p. 66-74. 9. Trynov O.V., Sivykh D.G. (2022) «Development of measures to increase the reliability of the bearing unit of the turbocharger of an auto tractor diesel» [«Rozrobka zakhodiv z pidvyshchennia nadiinoshti pidshpnykovooho vuzla turbokompresora avtotraktornoho dizelia»], Internal Combustion Engines, No. 1, p. 12-21.

**Bibliography (transliterated):**

1. «MAN truck specifications» [«Spetsifikatsii gruzovikov MAN»],

Надійшла до редакції 15.06.2023 р.

**Триньов Олександр Володимирович** – канд. техн. наук, доцент, професор кафедри двигунів та гібридних енергетичних установок Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна, <https://orcid.org/0000-0002-0344-8332>, e-mail: [trinaleksandr427@gmail.com](mailto:trinaleksandr427@gmail.com).

**Сівих Дмитро Георгійович** – канд. техн. наук, доцент кафедри інформаційних технологій і систем колісних та гусеничних машин ім. О.О. Морозова Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна, <https://orcid.org/0000-0002-8585-734X>, e-mail: [sivikh1979@gmail.com](mailto:sivikh1979@gmail.com).

**THE COMPOSITION OF THE PNEUMATIC SYSTEM FOR LOCAL MULTI-CIRCUIT COOLING ON AUTO TRACTOR DIESEL PARTS JUSTIFICATION**

**A. V. Trynov, D.G. Sivykh**

A series of motor bench and non-motorized experiments conducted at the Department of Engines and Hybrid Power Plants of NTU "KhPI" showed the high efficiency of local air cooling of heat-stressed parts of internal combustion engines, in particular, parts of the exhaust valve assembly of the gas distribution mechanism in an automated mode. However, in the tests carried out, a stationary air compressor powered by a ~220 V mains was used with air accumulation in a large-capacity cylinder. The implementation of a local cooling system on power plants, mainly powerful trucks, requires the inclusion in the automatic control system of autonomous cooling, a pneumatic compressor installed on the vehicle with an electric drive, powered by the on-board power supply and accumulating air in a receiver with compact dimensions.

A review of design solutions and analysis of the component composition of pneumatic systems of autotractor vehicles was carried out. The requirements for the quality and safety of pneumatic systems of vehicles and their elements are considered. The technical characteristics of air compressors are presented. The scheme of the pneumatic system of local multi-circuit cooling on autotractor diesel parts has been chosen. On the example of the selected air compressor with an electric drive Maximum Performance 24V from ARB (Australia), estimates were made of the operating time up to a working pressure in the receiver of 10 bar. The electrical load on the 24 V on-board network of the vehicle was determined in the form of an average current consumption per filling cycle. The maximum current consumption by the compressor is determined, the current consumption per hour is estimated under the condition of a proportional alternation of the cycles of filling the receiver and emptying it.

**Keywords:** diesel; cooling; automatic thermal state control; compressor.