

## Література

1. **Воронков А. И., Никитченко И. Н.** Рабочий процесс автомобильного пневмодвигателя : монография. Харьков : ХНАДУ, 2015. 200 с. ISBN 978-966-303-549-9.
2. **Brejaud P. et al.** Convective Heat Transfer in a Pneumatic Hybrid Engine. *Oil & Gas Science and Technology*. 2011. Vol. 66, no. 6. P. 1035–1051.
3. **Nikitchenko I., Trofimenko D., Abramchuk F.** Heat transfer from the working fluid in an air motor with a spool air distribution mechanism. *Automobile transport*. 2025. № 57. P. 39–45. DOI: <https://doi.org/10.30977/AT.2219-8342.2025.57.0.05>.
4. **Воронков О. І.** Методологія організації робочого процесу пневмодвигуна комбінованої енергетичної установки міського автомобіля : дис. ... д-ра техн. наук : 05.05.03. Харків, 2017. 393 с.

УДК 621.4

## ОСОБЛИВОСТІ МОДЕЛЮВАННЯ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ ДВИГУНА 6ЧН8,4/8,96 (BMW M54B30) ONLINE ЗАСОБОМ BLITZ-PRO

**Мінчев Дмитро Степанович**, док. техн. наук, професор кафедри «Суднові енергетичні системи і комплекси», Одеський морський національний університет Міністерства освіти і науки України,

e-mail: [misaidima@gmail.com](mailto:misaidima@gmail.com), ORCID: 0000-0002-5960-3063

**Кузьменко Анатолій Петрович**, канд. техн. наук, доцент кафедри ДВЗ,

Харківський національний автомобільно-дорожній університет,

e-mail: [kuzmatolja@gmail.com](mailto:kuzmatolja@gmail.com), ORCID: 0000-0002-4029-4010

**Пашков Вадим Геннадійович**, магістр,

Харківський національний автомобільно-дорожній університет,

e-mail: [motocrosspart@gmail.com](mailto:motocrosspart@gmail.com)

**Швидич Володимир Анатолійович**, здобувач-магістрант,

Харківський національний автомобільно-дорожній університет,

e-mail: [vladymyr.shvydych@gmail.com](mailto:vladymyr.shvydych@gmail.com)

Одним із важливих етапів проектування або доводки двигуна є дослідження робочого процесу. При цьому можуть застосовуватися широко відомі фізичні або математичні моделі і методи, які відрізняються складністю, ресурсними витратами та ін. В цьому контексті, математичні моделі, які знайшли відображення в сучасних програмних комплексах таких як AVL [1], Amesim [2], Blitz-Pro [3], мають суттєві переваги з точки зору економії часових та матеріальних ресурсів.

Програмний комплекс Blitz-PRO призначений для онлайн-розрахунків робочих циклів двигунів внутрішнього згорання. Рішення базується на моделі SaaS (програмне забезпечення як сервіс), що виключає потребу в локальній інсталяції. Весь масив вхідних даних та результатів обчислень зберігається в

інтегрованої базі даних із доступом через персоналізований обліковий запис. Використання зумовлених галузевих шаблонів дозволяє оптимізувати процес підготовки проектів і скоротити час до отримання фінальних результатів.

Метою даної роботи є налаштування математичної моделі в програмному комплексі Blitz-PRO для розрахункового визначення показників автомобільного двигуна бЧН8,4/8,96 що використовується під час змагань Drag Racing.

Прототипом проєктованого двигуна є двигун BMW M54B30 – це атмосферний рядний шестициліндровий бензиновий двигун з іскровим запалюванням, що належить до сімейства M54 [4]. Особливістю конструкції є те що блок циліндрів та головка блоку циліндрів (ГБЦ) виготовлені з алюмінієвого сплаву. Для забезпечення зносостійкості дзеркала циліндрів використовуються чавунні гільзи. В конструкції газорозподільного механізму використовується Double-VANOS забезпечує безступінчатє регулювання фаз газорозподілу як для впускних, так і для випускних клапанів. Система охолодження з електронно-керованим термостатом для точної оптимізації робочої температури двигуна залежно від навантаження. На рис. 1 наведено конструктивну схему та характеристики базового двигуна.



Технічні характеристики	
Заводський індекс	M54B30
Число тактів	4
Число циліндрів	6
Розташування циліндрів	рядне
Діаметр циліндра, мм	84
Хід поршня, мм	89,6
Робочий об'єм двигуна, л	2,979
Ступінь стиснення	10,2
Номінальна потужність, кВт (к.с.)	170 (231)
Максимальна частота обертання колінчастого вала, хв <sup>-1</sup>	5900
Максимальний крутний момент, Н · м (кгс · м)	300 (30,0)

Рисунок 1 – Загальний вигляд та технічні характеристики двигуна BMW M54B30 [4]

Blitz-PRO пропонує синтез робочого циклу для різних конфігурацій двигунів ДВЗ. Проте для будь-якої конфігурації двигуна основний підхід залишається незмінним: двигун розділений на пару відкритих термодинамічних систем (ВТС), які взаємодіють одна з одною за допомогою процесів енерго- та масообміну [3] (рис. 2).

Після запуску програми з'являється робоче вікно, де відображені основні елементи настроювання вихідних даних ДВЗ і варіанти розрахунку (рис 3). При внесенні даних необхідно точно вказати конструктивні параметри ДВЗ, що розраховується, режим розрахунку, наявність і характеристики конструкції додаткових механізмів і систем.

Особливу увагу приділено налагодженню параметрів газоповітряних шляхів, при якому враховуються як конструктивні параметри, так і умови роботи елементів конструкції.

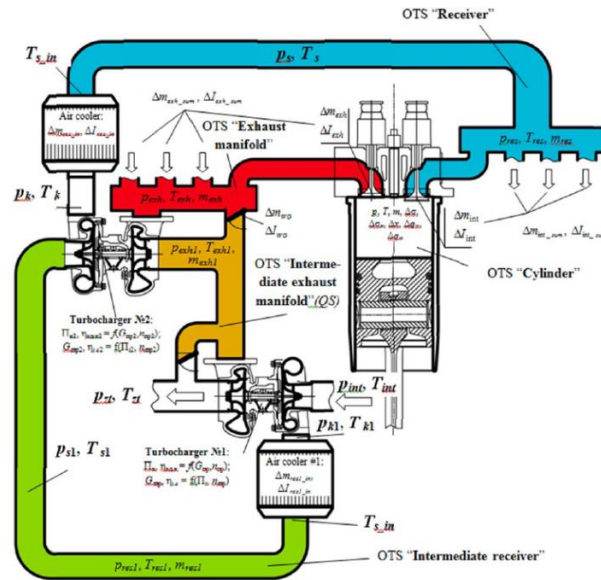


Рисунок 2 – Поділ компоновки двигуна на взаємодіючі відкриті термодинамічні системи для випадку дизеля з регульованим двоступеневим турбонадувом

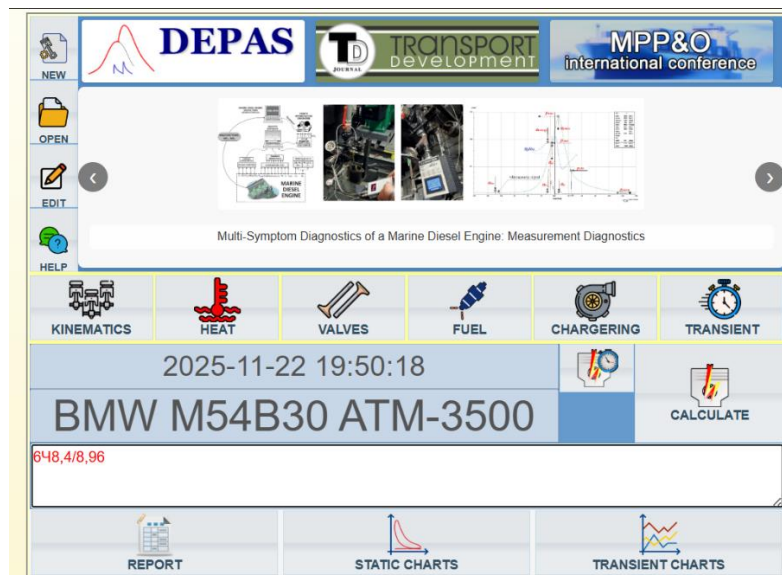


Рисунок 3 – Розрахункове вікно програми

Програмний комплекс Blitz-PRO дозволяє проводити обчислювальні дослідження практично будь-якого процесу роботи двигуна внутрішнього згоряння. Математична модель фізичних процесів у програмі, яка відображає характер процесів, що відбуваються в двигуні, дозволяє отримати високу точність результатів чисельних експериментів [3].

Процес згоряння розраховується за математичною моделлю, що запропонована І. І. Вібе [5]. Викиди оксидів азоту розраховуються за тепловим механізмом на основі схеми Зельдовича [6]. Склад продуктів згоряння визначається 18 компонентами.

Для визначення температур використовується зонна модель (методика проф. В.А. Звонова) [7].

Параметри газу в циліндрах і колекторах двигуна визначаються шляхом покрокового рішення системи різничних рівнянь збереження енергії, маси, а також рівняння стану, записаних для відкритих термодинамічних систем. Метод різничних рівнянь перевершує традиційні методи по точності і швидкості в 5 разів. Враховується залежність властивостей робочого тіла від складу і температури.

Теплообмін моделюється окремо для різних поверхонь, визначених розв'язуванням задачі теплопередачі. Коефіцієнт тепловіддачі від газу до стінки циліндра визначається рівнянням Вошні.

Після введення всіх параметрів ДВЗ і вихідних даних для розрахунку можна приступати до розрахунку.

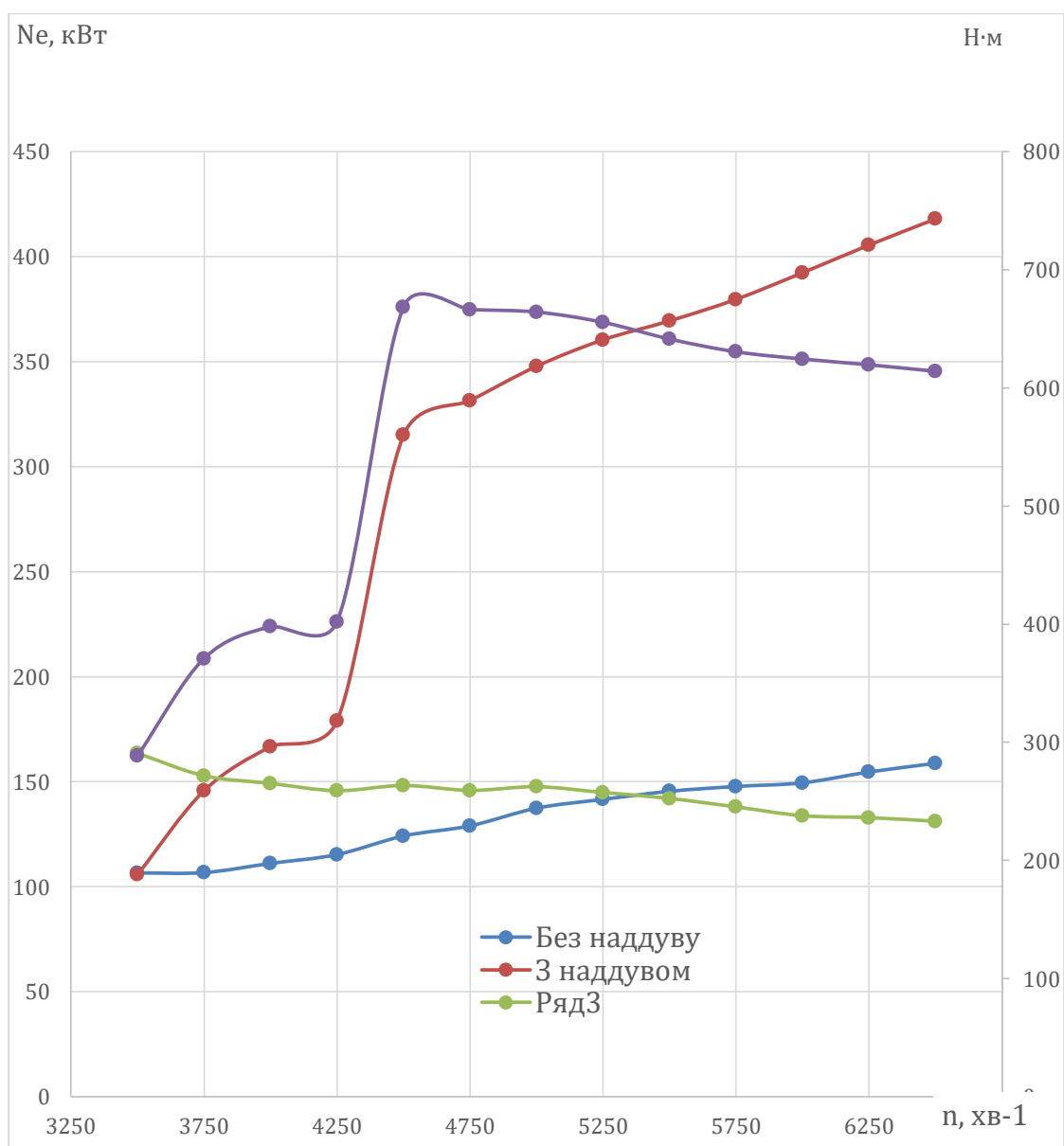


Рисунок 4 – Результати розрахунків крутного моменту та потужності за швидкісною характеристикою дослідного двигуна

Результатом розрахункового дослідження є масив даних, що може бути представлений як у табличній, так і у графічній формі. Результати можна зберегти в текстовий файл у табличній формі для подальшої обробки або у вигляді графіків для візуалізації процесів.

Для коректної побудови моделі двигуна було опрацьовано всі необхідні параметри які потрібно застосовувати в програмному комплексі, першочергово була розроблена коректна модель в атмосферному варіанті після чого на базі цієї моделі проводилися розрахунки з урахуванням наддуву.

Для максимального наближення розрахункової моделі виконувався обмір всіх необхідних геометричних розмірів для внесення реальних величин в програмний комплекс.

За результатами розрахунку було побудовано швидкістну характеристику для безнаддувного варіанту двигуна BMW M54B30 та з застосуванням наддуву (Рис. 4)

### Висновки

В результаті проведеної роботи було виконано налаштування двох розрахункових моделей у вітчизняному програмному комплексі Blitz-PRO для двигуна BMW M54B30. Перша модель налаштована для розрахунку робочого процесу двигуна прототипу, а друга для модернізованого двигуна.

За допомогою програмного комплексу було виконано вибір параметрів наддуву для модернізованого двигуна. Слід відзначити, що Blitz-PRO є потужним засобом для розрахунку робочого процесу двигунів внутрішнього згоряння.

### Література

1. Simulation solutions for internal combustion engines : [Електронний ресурс]. URL: <https://www.avl.com/en/simulation-solutions/ice-simulation> (дата звернення: 04.03.2026).
2. Simcenter Systems Simulation : [Електронний ресурс]. URL: <https://www.siemens.com/en-us/products/simcenter/systems-simulation/> (дата звернення: 01.02.2026).
3. Розрахунок робочого процесу : [Електронний ресурс]. URL: <http://blitzpro.onmu.odessa.ua/application/index/signin> (дата звернення: 01.02.2026).
4. Двигун BMW M54B30 : [Електронний ресурс]. URL: <https://uk.avtotachki.com/dvigatel-bmw-m54b30/> (дата звернення: 02.10.2025).
5. **Вибе І. І.** Нове про робочий цикл двигунів. Москва : Машгіз, 1962. 271 с.
6. **Зельдович Я. Б., Полярний А. І.** Розрахунки теплових процесів за високої температури. Москва : НДІ № 1, 1947. 67 с.
7. **Звонов В. А.** Токсичність двигунів внутрішнього згоряння : навч. посіб. для ВНЗ. 2-ге вид., перероб. і допов. Москва : Машинобудування, 1981. 154 с.