

УДК 621.43

**РАССЧЕТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКОГО  
НАДДУВА ДИЗЕЛЯ MMZ-4D**

**CALCULATED ANALYSIS OF DYNAMIC BOOST OF MMZ-4D  
DIESEL ENGINE**

**Кухаренок Г. М.**<sup>1</sup>, д-р техн. наук, проф.,

**Предко А. В.**<sup>2</sup>, ст. научн. сотр.,

<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь,

<sup>2</sup>ОАО «Управляющая компания холдинга «МИНСКИЙ  
МОТОРНЫЙ ЗАВОД» г. Минск, Республика Беларусь  
Н. Kukharonak<sup>1</sup>, Doctor of Technical Sciences, Professor,

A. Predko<sup>2</sup>, Senior Researcher

<sup>1</sup>Belarusian National Technical University, <sup>2</sup>OJSC «Minsk Motor  
Plant» Holding Mangement Company Minsk, Belarus

*В работе рассмотрены подходы построения модели четырехцилиндрового дизеля. Выбраны граничные условия и проведено моделирование работы дизеля по внешней скоростной характеристике при различной длине впускной трубы. Определен закон изменения длины впускной трубы для обеспечения эффективной работы динамического наддува во всем диапазоне частот вращения дизеля.*

*The analysis considers approaches to building a model of a four-cylinder diesel engine. The boundary conditions are chosen and the simulation of the diesel engine operation according to the full-load curve for various inlet pipe lengths is carried out. The law of the intake pipe length change is determined to ensure the efficient operation of dynamic boost in the entire range of engine speeds.*

*Ключевые слова: дизель, динамический наддув, момент, длина впускной трубы.*

*Keywords: diesel engine, dynamic boost, torque, intake pipe length.*

## ВВЕДЕНИЕ

Современный транспортный дизель отвечающий высоким экологическим требованиям не мыслим без применения турбонаддува. Дизельные двигатели без наддува не способны обеспечивать высокие экологические, удельные мощностные и экономические показатели. Турбокомпрессоры, применяемые для наддува двигателей, являются дорогостоящими и сложными устройствами, а установка их на двигатель ведет к росту трудоемкости и стоимости обслуживания. В качестве некоторой альтернативы для повышения наполнения цилиндров двигателя свежим зарядом могут использоваться волновые явления, возникающие во впускной системе за счет периодического поступления воздуха в цилиндры. Длина впускного тракта подбирается так, чтобы волна давления подходила к впускному клапану к концу периода его открытия, обеспечивая поступление дополнительного воздуха в цилиндр. Такой метод называется «динамическим», «инерционным» или «акустическим» наддувом и позволяет получить максимальное увеличение коэффициента наполнения на 3–5% на одном скоростном режиме работы двигателя, для которого подбирается длина впускного тракта [1]. Для увеличения наполнения цилиндров за счет использования данного метода в широком диапазоне частот вращения возможно применение системы регулирования длины впускного тракта. С целью определения возможности использования динамического наддува проведены расчетные исследования по влиянию длины впускной трубы на показатели работы четырехцилиндрового, четырехтактного дизеля MMZ-4D.

## ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКОГО НАДДУВА ДИЗЕЛЯ

Расчетные исследования проводились на квазимерной модели четырехцилиндрового дизеля учитывающей геометрию впускного и выпускного трактов, расходные характеристики впускных и выпускных клапанов, законы движения клапанов, условия теплообмена в цилиндре и проточных частях двигателя, механические потери на процесс газообмена и трения в кривошипно-шатунном механизме, процесс тепловыделения рассчитывался по уравнению профессора И. И. Вибе [2].

В модели проточная часть газовоздушного тракта заменена на эквивалентную расчетную схему, каналы сложной геометриче-

ской формы заменяются набором простых элементов такой же длины и проходного сечения. На рисунке 1 показан подход, применяемый при построении расчетной схемы проточной части впускного коллектора.

Для расчета волновых процессов впускной тракт подвергся дискретизации с шагом 17 мм, выпускной с шагом 19 мм. Движение потока в каждом расчетном элементе описывалось системой уравнений Навье-Стокса, включающей в себя уравнение сохранения массы (сплошности), энергии и импульса [3].

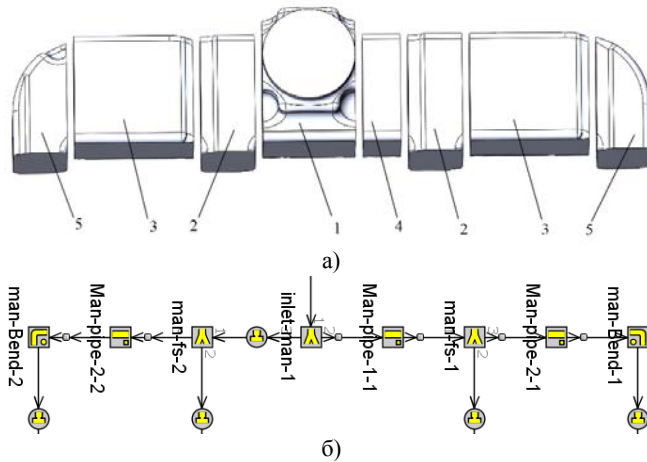


Рисунок 1 – Схематизация впускного коллектора дизеля MMZ-4D:  
 а) схема разбиения проточной части; б) расчетная схема; 1 – вход в коллектор и разветвление потоков; 2 – разветвление на выход из коллектора; 3, 4 – каналы квадратного сечения; 5 – закругленный выход

Проведено моделирование работы дизеля MMZ-4D по внешней скоростной характеристике в диапазоне частот вращения коленчатого вала 1400–3000 мин<sup>-1</sup>.

В качестве параметра, ограничивающего подачу топлива, принято постоянное значение коэффициента избытка  $\alpha$ , т. е. цикловая подача топлива корректировалась в зависимости от расхода воздуха.

Изменение искомого параметра  $L_{вп}$ , длины впускного трубопровода, проводилось ступенчато 17, 51–1530 мм с шагом 51 мм. Шаг выбран с учетом длины дискретизации впускного

трубопровода. Расчеты проводились для впускного трубопровода диаметром 60 мм.

В качестве критерия оценки эффективности принято значение максимального крутящего момента по скоростной характеристике.

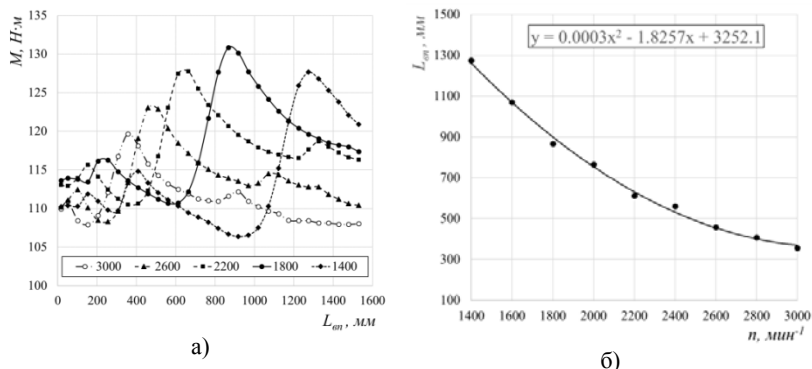


Рисунок 2 – Результаты моделирования

а) зависимость крутящего момента  $M$  дизеля ММЗ-4D от длины впускной трубы  $L_{en}$  при различных частотах вращения ( $n = 1400 - 3000 \text{ мин}^{-1}$ ); б) зависимость требуемой длины впускной трубы  $L_{en}$  от частоты вращения дизеля  $n$

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Из результатов моделирования (рисунок 2, а) видно, что увеличение  $L_{en}$  с 17 до 1530 мм ведет к смещению точки максимального крутящего момента в сторону меньшей частоты вращения. Максимальный момент 132 Н·м наблюдается при частоте вращения коленчатого вала  $1800 \text{ мин}^{-1}$  и  $L_{en} = 867 \text{ мм}$ .

Точки  $L_{en}$  обеспечивающие максимальный крутящий момент по различным частотам вращения (рисунок 2, б) хорошо ложатся на параболическую зависимость, что позволяет определить закон изменения  $L_{en}(n)$ :

$$L_{en} = 0,0003 \cdot n^2 - 1,8257 \cdot n + 3252,1.$$

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гришин, Ю. А. Анализ динамического наддува и повышение экономичности дизелей // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. / Ю. А. Гришин. – 2011. – № 10. – С. 46–51.

2. Кухарёнок, Г. М. Рабочий процесс высокооборотных дизелей. Методы и средства совершенствования / Г. М. Кухаренко – Минск: БГПА, 1999. – 180 с.

3. GT-SUITE Flow Theory Manual VERSION 2016 by Gamma Technologies. – Gamma Technologies, LLC, 2022. – 114 p.

Представлено 25.03.2022

УДК 621.436.068.4

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ФОРСИРОВАННОГО ДИЗЕЛЯ**

### **STUDY OF THE WORKING PROCESS PARAMETERS OF A FORCED DIESEL**

**Кухарёнок Г. М.**<sup>1</sup>, д-р техн. наук, проф.,  
**Петрученко А. Н.**<sup>2</sup>, канд. техн. наук, доц.

<sup>1</sup> Белорусский национальный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь

<sup>2</sup> Открытое акционерное общество «Управляющая компания  
холдинга «Минский моторный завод»,  
г. Минск, Республика Беларусь

**H. Kukharonak**<sup>1</sup>, Doctor of technical Sciences, Professor,  
**A. Petruchenko**<sup>2</sup>, Ph.D. in Engineering, Associate Professor,

<sup>1</sup> Belarusian national technical University, Minsk, Belarus

<sup>2</sup> OJSC «Minsk Motor Plant» Holding Mangement Company,  
Minsk, Belarus

*Объект исследования – дизель 8ЧН14×15 для внедорожной техники мощностью 575 кВт с электронной системой топливоподачи. Цель - выбор параметров рабочего процесса дизеля. Проведен анализ влияния продолжительности и скорости однофазного, ступенчатого и трехфазного процессов сгорания на топливно-экономические, динамические и экологические показатели рабочего процесса дизеля. Предложены регрессионные зависимости удельного расхода топлива, максимального давления и температуры рабочего процесса от начала подачи топлива, давления впрыска*