УДК 629.424.1:621.436.004.15 DOI: https://doi.org/10.18664/1994-7852.166.2016.92813

ГЕОМЕТРИЧНА МОДЕЛЬ МЕХАНІЗМУ ПРИВОДА КЛАПАНІВ ТЕПЛОВОЗНОГО ДИЗЕЛЯ Д49

Д-р техн. наук В. І. Мороз, кандидати техн. наук О. В. Братченко, В. С. Тіщенко

ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МЕХАНИЗМА ПРИВОДА КЛАПАНОВ ТЕПЛОВОЗНОГО ДИЗЕЛЯ Д49

Д-р техн. наук В. И. Мороз, кандидаты техн. наук А. В. Братченко, В. С. Тищенко

GEOMETRIC MODEL VALVE MECHANISM DRIVE DIESEL ENGINES D49

Doct. of techn. sciences V. Moroz, cand. of techn. sciences A. Bratchenko, V. Tishchenko

Стаття присвячена висвітленню особливостей проведення поелементного синтезу геометричної моделі механізму привода клапанів тепловозного дизеля Д49 і представленню розробленої з їх використанням геометричної моделі. Запропонована поетапна послідовність дій з побудови геометричної моделі, яка передбачає аналіз особливостей конструкції механізму привода клапанів, взаємодії між його елементами, виду поверхонь елементів, вибір можливих операцій у відповідному програмному середовищі. Подано геометричну модель механізму приводу клапанів дизеля Д49, яка є основою для створення

відповідної 3D моделі. Відзначено, що до переваг такої моделі в порівнянні з експериментальними дослідженнями слід віднести суттєве скорочення витрат при забезпеченні високої точності визначення характеристик руху та показників напружено-деформованого стану деталей підсистеми розподільного вала дизеля.

Ключові слова: *тепловозний дизель, механізм привода клапанів, геометрична модель.*

Статья посвящена освещению особенностей проведения поэлементного синтеза геометрической модели привода клапанов тепловозного дизеля Д49 и представлению разработанной с их использованием геометрической модели. Предложена поэтапная последовательность действий по построению геометрической модели, которая предусматривает анализ особенностей конструкции механизма привода клапанов, взаимодействия между его элементами, вида поверхностей элементов, выбор возможных операций в соответствующей программной среде. Представлена геометрическая модель механизма привода клапанов дизеля Д49, которая является основой для создания соответствующей 3D модели. Отмечено, что к преимуществам такой модели в сравнении с экспериментальными исследованиями следует отнести существенное сокращение затрат при обеспечении высокой точности определения характеристик движения и показателей напряженно-деформированного состояния деталей подсистемы распределительного вала дизеля.

Ключевые слова: *тепловозный дизель, механизм привода клапанов, геометрическая модель.*

The article is devoted to the explain of the characteristics of the synthesis of element-wise drive the geometric model of valves D49 diesel engines developed and submitted to their use of geometric patterns. A phased sequence of actions to build a geometric model, which involves the analysis of design features of the drive mechanism of the valve, the interaction between its elements, the type of surface elements, the choice of possible operations in the corresponding software environment. Shows the geometric model of the drive mechanism of a diesel engine valves D49, which is the basis for creating the corresponding 3D model. It is noted that the advantages of this model compared to the experimental studies should include a significant reduction in costs while ensuring high-precision determination of the motion characteristics and indicators of the stress-strain state of the subsystem components camshaft diesel.

Keywords: *diesel engine, valve actuator, a geometric model.*

Вступ. На цей час здійснення великого обсягу вантажних і пасажирських перевезень в Україні вирішується за рахунок експлуатації мережі залізниць. При цьому до основних складових забезпечення якісного перевізного процесу відноситься підтримання належного технічного стану експлуатаційного парку тягового рухомого складу (ТРС). Разом з тим при виконанні цієї задачі основна кількість робіт припадає на локомотиви зі значними термінами служби та ступенями зносу, що негативно впливає на характеристики їх функціонування в експлуатації. З урахуванням повільних темпів оновлення парку локомотивів це визначає актуальність проведення науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт з модернізації та удосконалення технології ремонту наявного ТРС.

При вирішенні цієї задачі значна увага приділяється тепловозному парку ПАТ «Укрзалізниця», більшу частину якого складають локомотиви, обладнані енергетичними установками з дизелями Д49 (ТЕП70, 2ТЕ116 та ін.) [1]. Тому особливого значення набуває проблема забезпечення експлуатаційної надійності та

довговічності таких дизелів. До кола таких задач входить визначення характеристик руху та напружено-деформованого стану окремих механізмів і деталей підсистеми розподільного вала дизеля [2].

Аналіз останніх результатів досліджень. З урахуванням складності та високої вартості проведення експлуатаційних досліджень [3] особливої актуальності набуває вирішення наведених задач на основі розробки та дослідження відповідних 3D моделей, перевагою яких є висока точність та достовірність результатів моделювання [4]. Вузловим моментом у створенні таких моделей є розробка геометричних моделей (ГМ) [5] розглянутих механізмів, в тому числі механізму привода клапанів (МПК).

Метою статті є висвітлення особливостей проведення досліджень з побудови (поелементного синтезу) геометричної моделі привода клапанів тепловозного дизеля Д49 і подання розробленої з їх використанням геометричної моделі.

За результатами попереднього аналізу особливостей розробки ГМ елементів підсистеми розподільного вала [6] для поелементного синтезу геометричної моделі МПК запропонована така поетапна послідовність дій:

1. Аналіз особливостей конструкції елементів механізму та взаємодії між ними.
2. Аналіз виду поверхонь елементів конструкції, які утворюють кінематичні пари (рухомі з'єднання).
3. Визначення можливих операцій, які можуть бути застосовані до виділених поверхонь в середовищі сучасного програмного забезпечення.
4. Розробка алгоритму проведення поелементного синтезу моделі.
5. Створення ГМ механізму технічного засобу.

Слід відмітити, що наведений вище підхід ураховує основні особливості поелементного синтезу ГМ складних механізмів. Він може використовуватись при побудові ГМ інших механізмів дизеля (наприклад передавального механізму привода розподільного вала, кулачкового механізму привода паливних насосів високого тиску), а також механізмів, які використовуються в складі окремих модулів конструкції тепловозів (наприклад важільні механізми гальмівної системи, тягові зубчаті передачі та ін.).

Для спрощення виконання подальших досліджень механізм (рис. 1) розглядався у вигляді трьох пов'язаних модулів [6]: початковий модуль (ПМ), що об'єднує елементи 1…6; з'єднувальний модуль (ЗМ), до якого віднесені елементи 7, 8; виконавчий модуль (ВМ), що містить елементи 9…13.

Другий етап досліджень був присвячений аналізу особливостей форм контактуючих поверхонь ГМ елементів конструкції з метою подальшого проведення складальних операцій. На рис. 2-4 наведено пронумеровані поверхні зазначених елементів виділених модулів механізму, а в табл. 1 – їх характеристики. Ці результати необхідні при розробці алгоритму поелементного синтезу, а саме при виборі команд середовища сучасного програмного забезпечення для спряження відповідних поверхонь.

Відповідно до запропонованого підходу, на першому етапі робіт були проаналізовані особливості конструкції елементів механізму привода клапанів для одного циліндра дизеля, а також визначені особливості їх взаємодії.

На рис. 4 подана геометрична модель опори (лотка та кришки циліндрів) для розміщення секції розподільного вала в лотку дизеля та клапанів в кришці циліндрів.

На третьому етапі проаналізовано такі запропоновані види стандартних спряжень в середовищі сучасного програмного забезпечення: 1 – збіг; 2 – концентричність; 3 – кут; 4 – відстань; 5 – паралельність; 6 – перпендикулярність; 7 – тангенс; 8 – дотичність (запропонована нумерація використана в табл. 1 та 2).

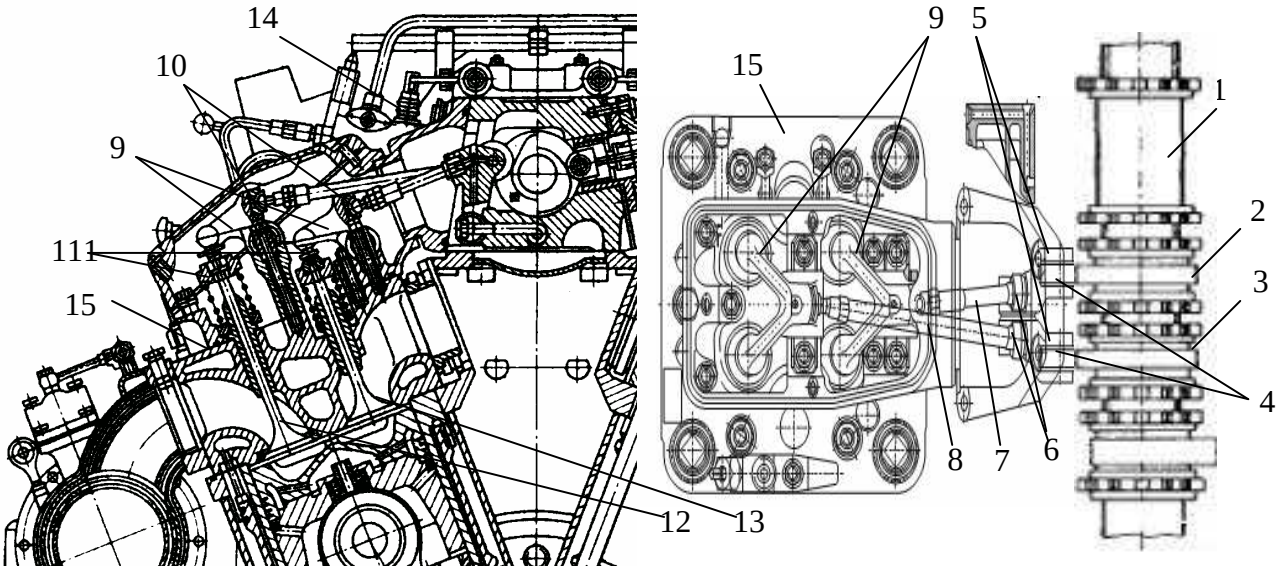

Рис. 1. До розглядання особливостей конструкції елементів механізму привода клапанів одного циліндра дизеля Д49: 1 – секція розподільного вала; 2 – впускний кулачок; 3 – впускний кулачок; 4 – ролики; 5 – штовхачі; 6 – упори; 7 – впускна штанга; 8 – випускна штанга; 9 – траверси; 10 – ковпачки гідроштовхачів; 11 – бойки; 12 – випускний клапан; 13 – впускний клапан; 14 – кришка циліндра; 15 – лоток

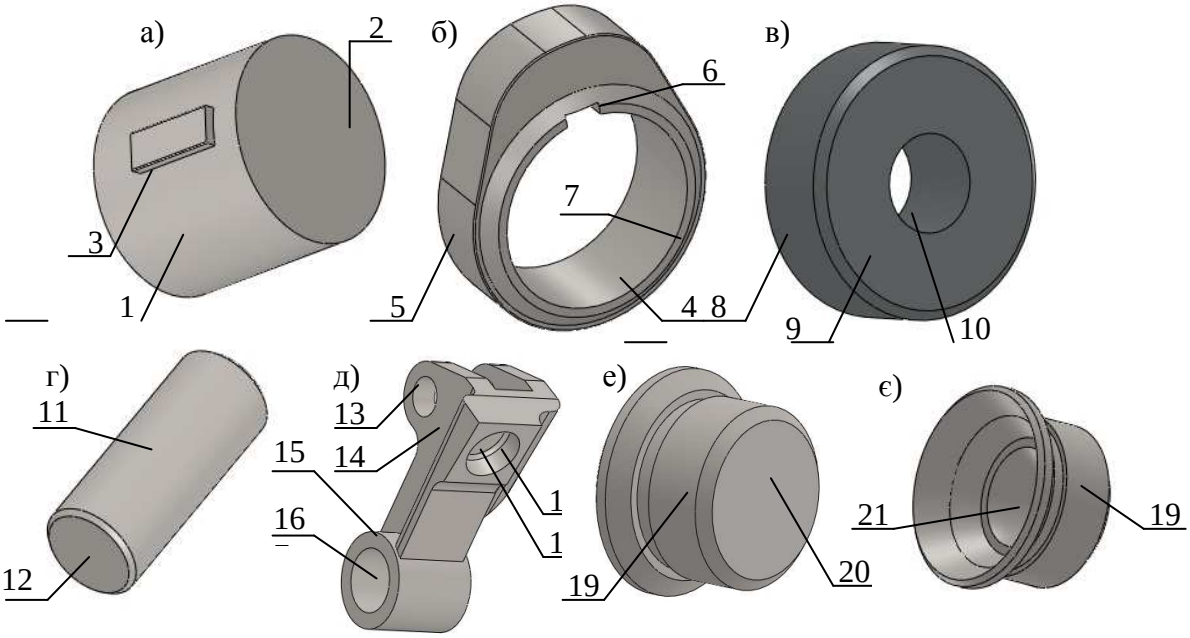

Рис. 2. Поверхні геометричних моделей елементів ПМ

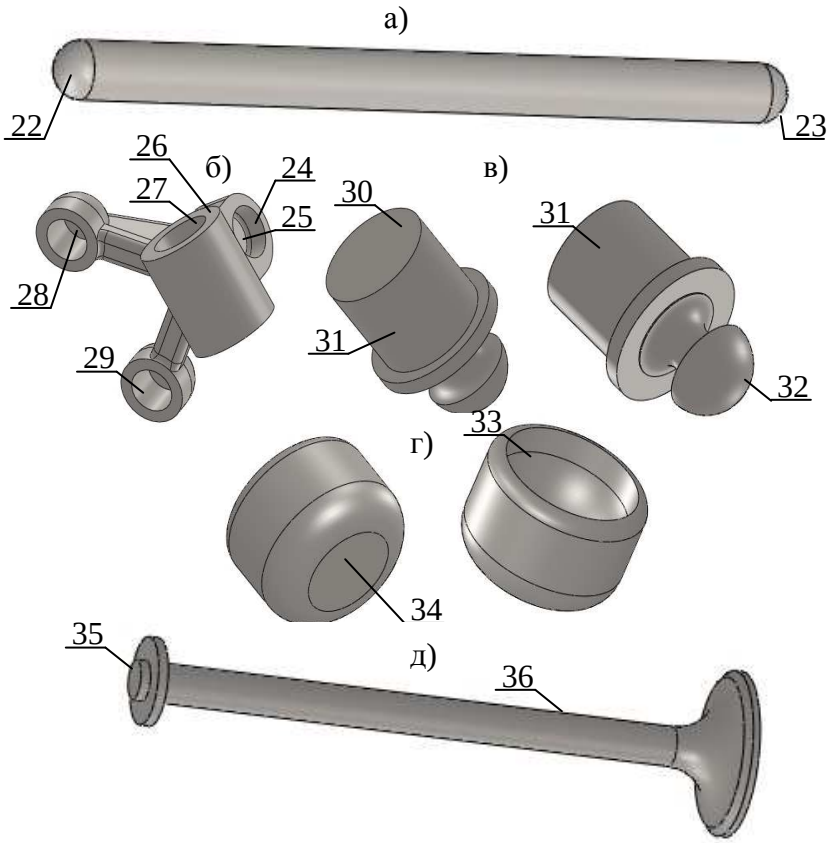

Рис. 3. Поверхні геометричних моделей елементів ЗМ і ВМ

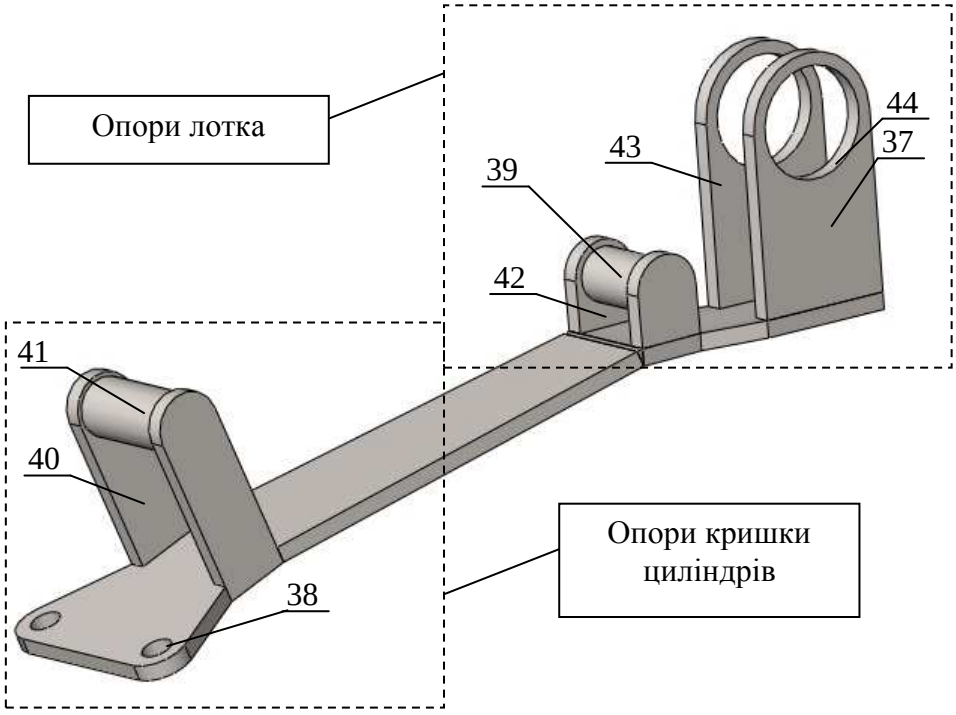

Рис. 4. Геометрична модель опори секції розподільного вала і напрямних клапанів

Таблиця 1

Результати аналізу поверхонь елементів модулів підсистеми розподільного вала

Номер поверхні	Елемент модуля	Вид поверхні елементів	Можливі спряження	Примітка
1	Вал	Циліндр	1-8	Рис. 2, а
2	Вал	Площина	1, 3-8	Рис. 2, а
3	Вал	Площина	1, 3-8	Рис. 2, а
4	Кулак	Площина	1, 3-8	Рис. 2, б
5	Кулак	Складна	9	Рис. 2, б
6	Кулак	Площина	1, 3-8	Рис. 2, б
7	Кулак	Площина	1, 3-8	Рис. 2, б
8	Ролик	Циліндр	1-8	Рис. 2, в
9	Ролик	Площина	1, 3-8	Рис. 2, в
10	Ролик	Циліндр	1-8	Рис. 2, в
11	Палець	Циліндр	1-8	Рис. 2, г
12	Палець	Площина	1, 3-8	Рис. 2, г
13	Штовхач	Циліндр	1-8	Рис. 2, д
14	Штовхач	Площина	1, 3-8	Рис. 2, д
15	Штовхач	Площина	1, 3-8	Рис. 2, д
16	Штовхач	Циліндр	1-8	Рис. 2, д
17	Штовхач	Циліндр	1-8	Рис. 2, д
18	Штовхач	Площина	1, 3-8	Рис. 2, д
19	Упор	Циліндр	1-8	Рис. 2, е
20	Упор	Площина	1, 3-8	Рис. 2, е
21	Упор	Сфера	1,2,4,7,8	Рис. 2, є
22	Штанга	Сфера	1,2,4,7,8	Рис. 3,а
23	Штанга	Сфера	1,2,4,7,8	Рис. 3, а
24	Траверса	Циліндр	1-8	Рис. 3, б
25	Траверса	Площина	1,3-8	Рис. 3, б
26	Траверса	Площина	1,3-8	Рис. 3, б
27	Траверса	Циліндр	1-8	Рис. 3,б
28	Траверса	Площина	1,3-8	Рис. 3, б
29	Траверса	Циліндр	1-8	Рис. 3, б
30	Штовхач траверси	Площина	1,3-8	Рис. 3, в
31	Штовхач траверси	Циліндр	1-8	Рис. 3, в
32	Штовхач траверси	Сфера	1,2,4,7,8	Рис. 3, в
33	Ковпачок	Сфера	1,2,4,7,8	Рис. 3, г
34	Ковпачок	Площина	1,3-8	Рис. 3, г
35	Клапан	Площина	1,3-8	Рис. 3, д
36	Клапан	Циліндр	1-8	Рис. 3, д
37	Опора	Площина	1,3-8	Рис. 4
38	Опора	Циліндр	1-8	Рис. 4
39	Опора	Циліндр	1-8	Рис. 4
40	Опора	Площина	1,3-8	Рис. 4
41	Опора	Циліндр	1-8	Рис. 4
42	Опора	Площина	1,3-8	Рис. 4
43	Опора	Площина	1,3-8	Рис. 4
44	Опора	Циліндр	1-8	Рис. 4

Таблиця 2

Алгоритм складання ГМ МПК

Номер операції	Елементи модулів	Поверхні елементів	Спряження в SolidWorks	Примітка
1	Опора, вал	2, 37	Збіг	Рис. 4 та 2а
2	Опора, вал	1, 44	Концентричність	Рис. 4 та 2а
3	Вал, кулак	3, 6	Збіг	Рис. 2а та 2б
4	Вал, кулак	1,4	Концентричність	Рис. 2а та 2б
5	Кулак, опора	7,43	Збіг	Рис. 2б та 4
6	Опора, штовхач	39, 16	Концентричність	Рис. 4 та 2д
7	Опора, штовхач	15, 42	Збіг	Рис. 4 та 2д
8	Штовхач, палець	11,13	Концентричність	Рис. 2г та 2д
9	Штовхач, палець	12, 14	Збіг	Рис. 2г та 2д
10	Палець, ролик	10,11	Концентричність	Рис. 2в та 2г
11	Ролик, штовхач	9, 14	Відстань	Рис. 2в та 2д
12	Кулак, ролик	5, 8	Штовхача клапана	Рис. 2б та 2в
13	Штовхач, упор 1	19, 17	Концентричність	Рис. 2д та 2е
14	Штовхач, упор 1	18, 20	Збіг	Рис. 2д та 2е
15	Упор 1, штанга	21, 22	Концентричність	Рис. 2є та 3а
16	Опора, траверса	41, 27	Концентричність	Рис. 4 та 3б
17	Опора, траверса	40, 26	Збіг	Рис. 4 та 3б
18	Траверса, упор 2	24, 19	Концентричність	Рис. 3б та 2е
19	Траверса, упор 2	25, 20	Збіг	Рис. 3б та 2е
20	Упор 2, штанга	21, 23	Концентричність	Рис. 2є та 3а
21	Штовхач траверси, траверса	31, 29	Концентричність	Рис. 3б та 3в
22	Штовхач траверси, траверса	30, 28	Збіг	Рис. 3б та 3в
23	Ковпачок, штовхач траверси	33, 32	Концентричність	Рис. 3д та 3г
24	Клапан, основа	36, 38	Концентричність	Рис. 3д та 4
25	Клапан, ковпачок	35, 34	Збіг	Рис. 3д та 3г

Слід зазначити, що також є можливість використання ряду додаткових та механічних спряжень, серед яких було використано лише 9 – спряження штовхача клапана. Відповідно до виду поверхні або кромки використання зазначених спряжень обмежене.

Проаналізовані особливості взаємодії між елементами конструкції привода клапанів надали можливість скласти алгоритм побудови її геометричної моделі, що наведено у табл. 2.

На п’ятому етапі використання наведеного алгоритму дозволило розробити геометричну модель механізму привода випускних клапанів тепловозного дизеля Д49, яка подана на рис.5 (нумерація елементів збігається з рис. 1; геометрична модель привода впускних клапанів побудована аналогічно наведена і в статті не подана).

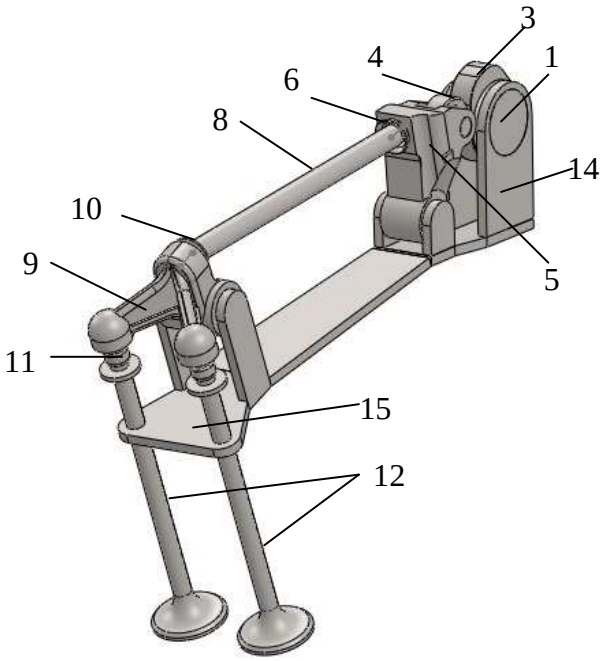

Рис. 5. Геометрична модель механізму привода випускних клапанів дизеля Д49

Висновки і рекомендації з подальшого використання отриманих результатів. Розроблена геометрична модель механізму привода клапанів тепловозного дизеля Д49 є основою для створення відповідної 3D моделі. До переваг такої моделі в порівнянні з експериментальними дослідженнями слід віднести суттєве скорочення витрат при забезпеченні високої точності визначення характеристик руху та показників напружено-деформованого стану деталей підсистеми розподільного вала.

Висвітлені в статті особливості поелементного синтезу можуть використовуватись в дослідженнях різних механізмів відповідних підсистем конструкції тепловоза [7].

Список використаних джерел

1. Боднар, Б. Є. Теорія та конструкція локомотивів. Основи проектування [Текст]: підручник для ВНЗ залізничного транспорту / Б. Є. Боднар, Є. Г. Нечаєв, Д. В. Бобир; під ред. д-ра техн. наук, проф. Б.Є. Боднара. – Дніпропетровськ: ПП «Ліра ЛТД», 2010. – 358 с.

2. Тіщенко, В. С. Новий підхід до розрахункових досліджень механізмів локомотивної енергетичної установки з V-подібним дизелем [Текст] / В. С. Тіщенко // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2010. – Вип. 86. – С. 122 – 128.

3. Yuliang Xu, Ziqin Wang, Jiadui Chen. Hydraulic variable valve system for improving the performance of internal combustion engine [Text] // Naukovyi visnyk natsionalnoho hirnychoho universytetu. – 2016. – VOL. 1. – PP. 53-58.

4. Тику, Ш. Эффективная работа SolidWorks 2004 [Текст] / Ш. Тику. — СПб.: Питер, 2005. — 768 с.

5. Guobao Xiao, Hanzi Wang, Yan Yan, Liming Zhang. Mode seeking on graphs for geometric model fitting via preference analysis [Text] / Pattern Recognition Letters. – 2016. – Vol. 83. – P. 294-302.

6. Мороз, В. І. Особливості побудови геометричних моделей елементів модулі підсистеми розподільного вала тепловозного дизеля Д49 [Текст] / В.І. Мороз, О.В. Братченко, В. С. Тіщенко // Зб. наук. праць Укр. держ. ун-ту залізнич. трансп. – Харків: УкрДУЗТ, 2016. – Вип. 160. – С. 128-134.

7. Братченко, О. В. Блочно-ієрархічне описання конструкції сучасних тепловозів [Текст] / О. В. Братченко // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2010. – Вип. 119. – С. 136-141.

Мороз Володимир Ілліч, д-р техн. наук, професор, зав. кафедри механіки і проектування машин Українського державного університету залізничного транспорту. Тел. (057) 730-10-51. E-mail: mpmkafedra@gmail.com.
Братченко Олександр Васильович, канд. техн. наук, професор кафедри механіки і проектування машин Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.(057) 730-10-53.
E-mail: mpmkafedra@gmail.com.
Тіщенко Вадим Сергійович, канд. техн. наук, доцент кафедри механіки і проектування машин Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.(057) 730-10-53. E-mail: mpmkafedra@gmail.com.

Moroz Volodimir Illich, doct. tech. sciences, professor, manag. of department mechanical engineers and designing the machines Ukrainian State University of Railway Transport. Tel.(057) 730-10-53. E-mail: mpmkafedra@gmail.com.
Bratchenko Alexander Vasilyevich cand. tech. sciences, professor department mechanical engineers and designing the machines Ukrainian State University of Railway Transport. Tel.(057) 730-10-53.
Tishchenko Vadim Sergeevich cand. tech. sciences, docent department mechanical engineers and designing the machines Ukrainian State University of Railway Transport. Tel.(057) 730-10-53. E-mail: mpmkafedra@gmail.com.

Стаття прийнята 21.11.2016 р.