

4. Syvanen, T. New Innovations in Direct Metal Laser Sintering-A Step Forward in Rapid Prototyping and Manufacturing [Текст] / T. Syvanen // Proceedings of International Congress "ICALEO'1999". – 1999. – P. 68-76.
5. Syvanen, T. Direct Metal Laser Sintering of Very Fine Metal Powders [Текст] / T. Syvanen // Proceedings of International Congress "ICALEO'2000", 2000. - P. 21-29.
6. Kotila, J. Steel Powders for Direct Metal Laser Sintering Process-Novel Properties and Applications [Текст] / J. Kotila // Proc. of 2000 Powder Metallurgy World Congress, 2000. - 801-804.
7. Powell, J. Laser Casting and Laser Clad-Casting: New processes for rapid prototyping and production [Електронний ресурс] / J. Powell, H. Gedda, A. Kaplan // Proceedings of International Congress "ICALEO'2002", Scottsdale, USA, Oct. 2002: LIA; 1 електрон. опт. диск (CD-ROM); 12 см. - Систем. требования: Pentium; 32 Mb RAM; Windows 95, 98, 2000, XP.-Загл. с контейнера.
8. Найдек, В. Л. Распределение дисперсных частиц в двухфазном газолазерном потоке [Текст] / В. Л. Найдек, В. П. Лихошва, Е. А. Рейнталь, Ф. И. Кирчу и др.-Металл и литье Украины, 2009.-№11-12. - С.4-7.
9. Pinkerton, A. J. A Comparative Study of Multiple Layer Laser Deposition using Water and Gas Atomised 316L Stainless Steel Powders [Електронний ресурс] / A.J. Pinkerton, Lin Li.-Proceedings of International Congress "ICALEO'2002", Scottsdale, USA, Oct. 2002: LIA; 1 електрон. опт. диск (CD-ROM); 12 см.-Систем. требования: Pentium; 32 Mb RAM; Windows 95, 98, 2000, XP.-Загл. с контейнера.
10. Лихошва, В. П. Моделирование газолазерных потоков при создании оборудования для нагревания дисперсных материалов [Текст] / В. П. Лихошва, Е. А. Рейнталь, Ф. И. Кирчу и др.-Металл и литье Украины, 2009.-№11-12. - С.77-81.
11. Поляков, С. Н. Анализ эффективности пылеулавливания вихревого аппарата ВЗП-М200 с помощью программного комплекса ANSYS CFX [Електронний ресурс] / ANSYS Solutions Русская редакция, журнал №7.-Режим доступа:\www\URL: http://ansysolutions.ru/-14.04.2008 г. Загл. с экрана.
12. Эйлер, Л. Интегральное исчисление [Текст]. / Л. Эйлер. - ГИТТЛ М., 1956. - 415 с.

У статті розглянуто особливості використання систем автоматизованого проектування у сучасних підходах виробництва автомобільної галузі. Розглянуті особливості використання новітніх інформаційних технологій та систем під час проектування двигунів внутрішнього згоряння. Вказано на недоліки та переваги найпоширеніших CAD, CAM систем та окремих програмних продуктів. Запропоновано підходи у використанні продукції Delcam pls для забезпечення оптимального конструкторського рішення

Ключові слова: CAD/CAM системи, автомобільні двигуни, геометричні розрахунки, показники надійності, системи САПР Delcam pls

В статье рассмотрены особенности использования систем автоматизированного проектирования в современных подходах производства автомобильной отрасли. Рассмотрены особенности использования новейших информационных технологий и систем при проектировании двигателей внутреннего сгорания. Указаны недостатки и преимущества распространенных CAD, CAM систем и отдельных программных продуктов. Предложены подходы в использовании продукции Delcam pls для обеспечения оптимального конструкторского решения

Ключевые слова: CAD/CAM системы, автомобильные двигатели, геометрические расчеты, показатели надежности, системы САПР Delcam pls

УДК 004.92

3D ПАРАМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОТОТИПУ ДВИГУ- НА ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ ЗАСО- БАМИ DELCAM POWERSHAPE

П. С. Носов

Кандидат технічних наук, доцент
Кафедра природничо-наукової підготовки
Одеський національний
політехнічний університет
пр. Шевченка, 1, м. Одеса, Україна, 65044
E-mail: nopas@bk.ru

1. Вступ

У наш час для проектування двигунів внутрішнього згоряння широко застосовують системи автоматизованого проектування (САПР), які розгалужено на модулі CAD (комп'ютерне конструювання й оформ-

лення конструкторської документації) і CAM (автоматизована підготовка виробництва) [1 – 3].

Серед багатьох сучасних систем автоматизованого проектування можна виділити найбільш розповсюджені у автомобілебудуванні, такі як: Autodesk AutoCAD, Autodesk Inventor, SolidWorks, Ansys Workbench Cad і

Компас АСКОН. Але головною проблемою є те, що представлені програмні продукти застосовують лише відокремлені модулі CAD або CAM, що значно звужує їх виробничу ефективність [4 – 6]. На відміну від зазначених САПР, на ринку IT технологій з'являються продукти сімейства Delcam pls, що мають інтеграцію CAD/CAM у рамках власних програмних розробках, таких як: Delcam PowerSHAPE, Delcam CopyCAD, Delcam PowerMILL, Delcam PowerINSPECT та Delcam FeatureCAM.

У результаті такої інтеграції багато відомих автомобільних компаній впровадили використання програмних продуктів сімейства Delcam pls у виробництво складових автомобілів, а саме: BMW Rover Group, Ford, Hyundai, Lotus, Mercedes-Benz, Nissan, Toyota, Volkswagen та інші [7].

Значною перевагою системи PowerSHAPE є реалізація концепції Total Modeling, що дозволяє в єдиному середовищі комбінувати різні техніки моделювання: каркасне, суцільне, поверхневе, триангульоване і рельєфне [8, 9]. Це дає інженеру достатню свободу дій для конструювання. У свою чергу, САПР Delcam FeatureCAM і PowerMILL має високотехнологічний інструментарій для розробки керуючих програм для сучасних верстатів з ЧПК.

Виходячи із вищезазначеного можна дійти висновку, що велику увагу на застосування САПР систем заслуговує саме продукція компанії Delcam pls. Отже у статті буде розглянуто механізми 3D моделювання деталей конструкторі прототипу двигуна за допомогою Delcam PowerShape.

2. Матеріал і результати дослідження

Основною метою проектування прототипу двигуна є підвищення потужності, не змінюючи габаритних розмірів корпусних конструкцій оригіналу. Проектування двигуна передбачається проводити на базі автомобіля Chrysler-Sagavan, що має чотирициліндрову рядну конструкцію.

Для забезпечення поставлених вимог необхідно виконати відповідні конструкторські етапи проектування, що передбачають концепції системного підходу [10]. Так у ході проектування після виконання ескізного й технічного проектів було виконано розрахунки на міцність, у першу чергу тепло навантажених деталей. При оцінці надійності двигуна застосовувався метод визначення коефіцієнтів запасу міцності. Все це враховано при складанні технічного завдання на проектування прототипу двигуна.

Проектування 3D моделі починається з вивчення вимог споживачів автомобільного транспорту, а саме з позицій збільшення потужності двигуна зі збереженням витрати палива.

При цьому визначимо вимоги, пропоновані до автомобільного двигуна при його проектуванні:

1. Економічність на всіх режимах роботи (невелика питома витрата палива).
2. Крутний момент на валу двигуна або потужність, швидке підвищення частоти обертання, швидкий запуск.
3. Висока питома потужність і малі габарити.
4. Зручність експлуатації і простота технічного обслуговування.
5. Низька токсичність відроблених газів.

Отже основним завданням проектування є знаходження оптимального конструкторського рішення. Розрахункова частина проекту визначає параметри поршня, шатуна та колінчатого вала, тобто тих складових двигуна, що саме і відповідають за потужність та збереження витрати палива (рис. 1 - 4).

Розрахунок основних параметрів поршня.

Зі збільшенням діаметра поршня підвищується ефективний ККД, але підвищується навантаження на кривошипно-шатунний механізм і підшипники.

Товщина днища поршня:

$$\delta = (0.06...0.10) \cdot D, \delta = 0.08 \cdot 89 = 7.12 \text{ мм}$$

Висота поршня: $H = (0.8...1.3) \cdot D = 89 \text{ мм}$

Висота верхньої частини:

$$h_1 = (0.45...0.75) \cdot D, h_1 = 0.6 \cdot 89 = 53.4 \text{ мм}$$

Висота спідниці поршня:

$$h_c = (0.6...0.8) \cdot D, h_c = 0.7 \cdot 89 = 62.3 \text{ мм}$$

Відстань між торцями бобишок:

$$B = (0.3...0.5) \cdot D, B = 0.4 \cdot 89 = 35.6 \text{ мм}$$

Товщина стінки головки:

$$S = (0.05...0.1) \cdot D, S = 0.075 \cdot 89 = 6.675 \text{ мм}$$

Відстань до першої поршневої канавки:

$$e = 0.09 \cdot 89 = 8.01$$

Радіальна товщина кільця:

$$t_k = (0.040...0.045) \cdot D, t_k = 0.042 \cdot 89 = 3.74 \text{ мм}$$

Маслилоз'ємного:

$$t_o = (0.038...0.043) \cdot D, t_o = 0.041 \cdot 89 = 3.65 \text{ мм}$$

Різниця між величинами зазорів замка компресійного кільця у вільному й робочому стані:

$$A_o = (3.2...4.0) \cdot t_k, A_o = 3.6 \cdot 3.74 = 13.5 \text{ мм}$$

Внутрішній діаметр: $d_i = D - 2 \cdot (S + t + \Delta t) = 66.57 \text{ мм}$

Зовнішній діаметр пальця:

$$d_n = (0.20...0.28) \cdot D, d_n = 0.28 \cdot 89 = 24.92 \text{ мм}$$

Внутрішній діаметр пальця:

$$d_b = (0.65...0.75) \cdot d_n, d_b = 0.75 \cdot 24.92 = 18.69 \text{ мм}$$

Діаметр масляного каналу:

$$d_M = (0.30...0.50) \cdot a, d_M = 0.4 \cdot 3 = 1.2 \text{ мм}$$

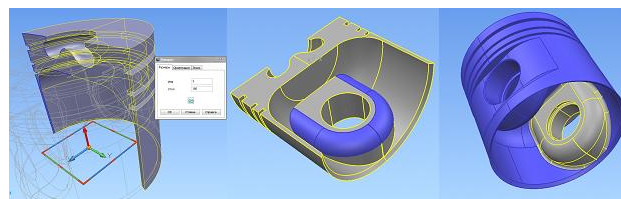


Рис. 1. Етапи моделювання геометрії поршня

Розрахунок основних параметрів шатуна.

Проектування шатуна передбачає етапи побудови стрижня, поршневої й кривошипної голівок, шатунних болтів, кришки та вкладишів.

Довжина втулки шатуна:

$$l_{вт} = (0.28...0.32) \cdot D = 0.28 \cdot 89 = 24.9 \text{ мм.}$$

Внутрішній діаметр верхньої голівки шатуна:

$$d_{г.в} = (1.1...1.25) \cdot d_n = 28.9 \text{ мм}$$

Зовнішній діаметр верхньої голівки шатуна:

$$d_{г.з} = (1.25...1.65) \cdot d_n = 34.9 \text{ мм}$$

Розрахунок мінімальної висоти шатуна:

$$h_{ш.тін} = (0.5...0.55) d_{г.з} = 18.32 \text{ мм}$$

Розрахунок висоти шатуна: $h_{ш} = (1.2...1.4) h_{ш.тін} = 23.8 \text{ мм}$

Розрахунок ширини стрижня шатуна:
 $b_{ш} = (0.5 \dots 0.6) \cdot l_{ш} = 15.7 \text{ мм.}$
 Вибір ширини шатуна. Приймаємо $a_{ш} = t_{ш} = 3,2 \text{ мм.}$

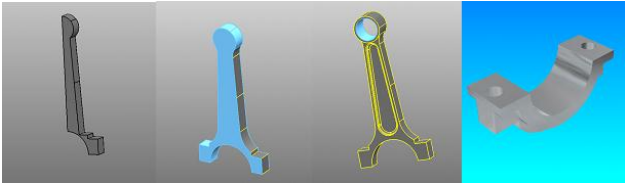


Рис. 2. Створення моделі поршня

Розрахунок шатуна на міцність.

Напруга на розрив у верхній головці шатуна, МПа:

$$P_{jmax} = m_n \cdot \omega^2 \cdot R \cdot (1 + \lambda) \cdot A_n \cdot 10^{-7} = 0.056$$

$$\sigma_p = \frac{0.056}{(0.0349 - 0.0289) \cdot 0.0249} = 37 \text{ МПа.}$$

Запас міцності стрижня шатуна визначаємо по розрізі в середині шатуна на розтягання від сили, МН:
 $P_p = 0.056 \cdot 6218 \cdot 10^{-6} = 0.00035 \text{ МН.}$
 Сила стиску, МН: $P_{ст} = P_{zmax} \cdot A_n \cdot 10^{-6} = 0.00024 \text{ МН.}$

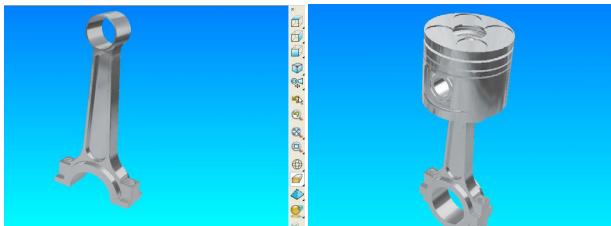


Рис. 3. Процес складання поршня та шатуна

Розрахунок основних параметрів колінчатого вала.

Колінчатий вал прототипу перетворює зворотнопоступальний рух поршня в обертання з певною круговою частотою і крутним моментом. При цьому він піддається деформації вигину й крутіння, а також коливним навантаженням. По проекті колінчатий вал складається із чотирьох кривошипів і двох хвостовиків, на одному з яких кріпиться маховик, а на іншому шківів привода розподільних валів клапанного механізму.

Напруга стиску в перетині Х-Х поршня, МПа:

$$\sigma_{ст} = \frac{P_{zmax}}{F_{x-x}},$$

де P_{zmax} - максимальна стискаюча сила;
 F_{x-x} - напруга стиску в розрізі $x - x$.

$$P_{zmax} = 6.068 \cdot 62.18 \cdot 10^{-4} = 0.038 \text{ МПа}$$

Для розрахунку напруги стиску (δ_{cm}) у перетині Х-Х, ослаблені дренажними масляними канавками, визначаємо:

Діаметр поршня по дну канавок під поршневі кільця:

$$d_k = D - 2 \cdot (t_k + \Delta t);$$

- компресійно:

$$d_k = 89 - 2 \cdot (3.74 + 0.8) = 79.92 \text{ мм}^2.$$

Площа поздовжнього діаметрального перетину масляного каналу мастило-з'ємного кільця:

$$A' = \left[\frac{79.92 - 66.57}{2} \right] \cdot 1.2 = 8.01 \text{ мм}^2.$$

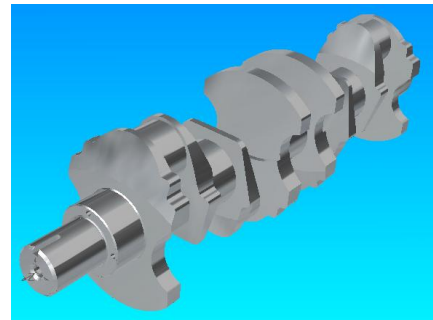
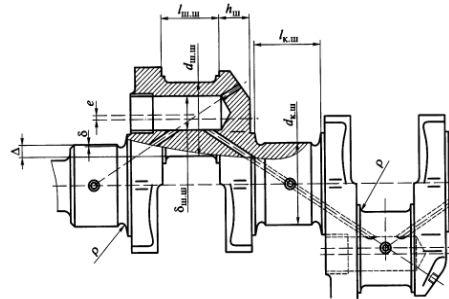


Рис. 4. Етапи проектування колінчатого вала

Проектування корпусних елементів прототипу двигуна.

Корпус прототипу двигуна складається із блоку циліндрів і картера, на який кріпляться блок циліндрів і масляний піддон.

Проектування корпусних елементів прототипу двигуна виходило з розрахунку зниження ризику міцності конструкції викликаною факторами:

1. Більші циклічні навантаження від газових й інерційних сил.
2. Висока температура, тиск при більших градієнтах температур.
3. Значні швидкості руху сполучених поверхонь циліндрів поршневої групи й підшипникових вузлів при більших питомих тисках.

Через те,що головка є найбільш навантаженою деталлю від анкерних болтів і термічних напруг, при не вдало організованому охолодженні в перемичках між клапанами можуть утворюватися тріщини.

При більших деформаціях може з'явитися розгерметизація клапанів і газового стику. Було прийнято рішення підсилити конструкцію, збільшивши поперечний переріз корпусу головки циліндрів (рис. 5).

При проектуванні розміщення клапанів враховувалися:

1. Виключення зон головки циліндрів, де спостерігалися контрастні температури.
2. Спрощення технології виготовлення головки циліндрів за рахунок об'єднання каналів однойменного газопостачання.

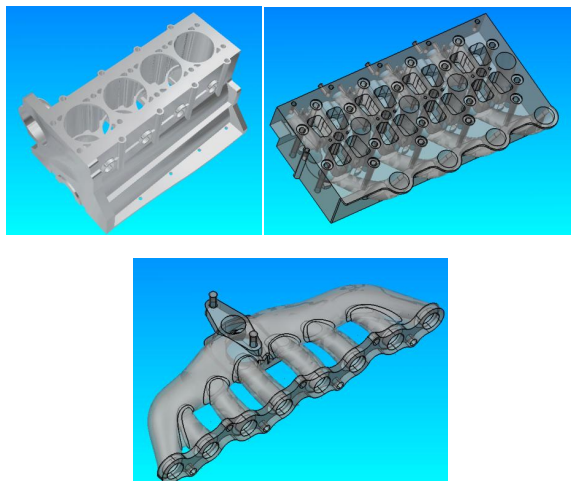


Рис. 5. Моделювання корпусних деталей двигуна

У завершенні проекту, варто врахувати, що особливу роль грає стійкість, композиційна рівновага, розподіл навантажень щодо центра ваги виробу і його опір. Це приводить до симетрії конструкції. Тому проєктований прототип двигуна теж симетричний щодо вертикальної площини, що проходить через вісь колінчатого вала, і має чотири точки опори (рис. 6).



Рис. 6. Складальник спроектованого двигуна

Агрегати двигуна також слід рівномірно розподілити щодо цієї площини симетрії. Формування симетричних виробів припускає фізичну рівновагу частин, забезпечення твердості й належного функціонування вузлів.

3. Висновки

У процесі проєктування були виконані всі основні розрахункові й конструктивні етапи, які підтверджують доцільність прототипування. Можливості інте-

грації *CAD/CAM* систем дадуть змогу виготовити елементи кривошипно-шатунного механізму прототипу на верстатах з ЧПК. Конструкція прототипу двигуна має експериментальний характер й у ході випробувань може бути піддана модифікації. Подальші дослідження будуть спрямовані на створенні керуючих програм для виготовлення деталей двигуна за допомогою *Delcam PowerMILL* та *FeatureCAM*.

Література

1. Nosov, P. S. 3D modelling of rehabilitation corset with use of PowerSHAPE Delcam [Текст] / P. S. Nosov, A. D. Yalansky, V. O. Iakovenko // Інформаційні технології в освіті, науці та виробництві. Збірник наукових праць – Вип. 1(2) – Одеса: Наука і техніка, 2012. - С. 222-231.
2. Sung, H. Internet-based CAD/CAM System [Текст] / H. Sung, V. Sundararajan// Mechanical Engineering and Computer Science. ASME Journal of Computing and Information Science in Engineering. - Vol.1, No. 1. - 2001.
3. Gupta, S. K. Integrating DFM with CAD through design critiquing [Текст] / S. K. Gupta, W. C. Regli, D. S. Nau// Concurrent Engineering: Research and Applications. - 1994. - Vol. 2, No. 2. - pp. 85-95.
4. Shah, J. J. Parametric and Feature-Based CAD/CAM [Текст] / J. J. Shah, M. Mantyla// Concepts, Techniques and Applications, A Wiley-Interscience Publication. - John-Wiley & Sons, Inc. - 1995.
5. Wang, Hui-Fen. CAD/CAM integrated system in collaborative development environment [Текст] / Hui-Fen Wang, You-Liang Zhang// School of Manufacturing Engineering, Nanjing University of Science and Technology, Nanjing 210094, People's Republic of China. - 2013.
6. Radhakrishnan, Srinivasan. Finger-based multitouch interface for performing 3D CAD operations [Текст] / Srinivasan Radhakrishnan, Yingzi Lin, Ibrahim Zeid, Sagar Kamarthi// International Journal of Human-Computer Studies. - Academic Press, Inc. - 2013.
7. Lin, Bor-Tsuen. Application of an integrated CAD/CAE/CAM system for stamping dies for automobiles [Текст] / Bor-Tsuen Lin, Chun-Chih Kuo// The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. - January 2008. - Volume 35, Issue 9-10. - pp 1000-1013.
8. Zeid, Ibrahim Mastering Cad/Cam [Текст] / Ibrahim Zeid// McGraw-Hill, Inc. - 2004.
9. Zeid, Ibrahim CAD/Cam Theory and Practice [Текст] / Ibrahim Zeid// McGraw-Hill Higher Education. -1991.
10. Носов, П. С. Побудова складальних вузлів двигунів внутрішнього згоряння засобами САПР у 3D [Текст] / П. С. Носов// Збірник наукових праць за матеріалами Всеукраїнської науково-практичної конференції „Інновації у підготовці фахівців технологічної, професійної освіти та готельно-ресторанного бізнесу”. – Херсон: Видавництво ХДУ, 2012. – С. 88-93.