

УДК 621.43

DOI: 10.31388/2078-0877-2020-20-4-156-167

СООТНОШЕНИЯ МЕЖДУ ОСНОВНЫМИ РАЗМЕРАМИ ШЕСТЕРЁН МАСЛЯНЫХ НАСОСОВ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ АВТОТРАКТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Стефановский А. Б., к.т.н.

ORCID: 0000-0002-5851-5918

*Таврический государственный агротехнологический университет
имени Дмитра Моторного*

Тел. (0619) 42-04-42

Постановка проблемы. Основными размерами шестерён масляного насоса (МН) с внешним зацеплением можно считать их ширину или осевую длину b и наружный диаметр d_{ex} (или диаметр окружности выступов). Если учесть количество зубьев шестерни z_t , то можно определить и такой размер, как модуль зацепления $m_z = d_{ex}/(z_t + 2)$.

Известно [1 – 3], что теоретическая величина подачи масла таким насосом при заданной частоте вращения шестерён пропорциональна произведению $z_t b m_z^2$. Поэтому при разработке конструкции МН для системы смазки двигателя нужно правильно выбрать значения перечисленных размеров. Но, как показано ниже, эти значения, рекомендуемые в учебной литературе, в ряде случаев заметно отличаются от фактически реализованных на практике.

Анализ последних исследований. Выполнен анализ справочной литературы [4 – 6] и описаний конструкций отечественных автотракторных (в широком смысле, то есть устанавливавшихся только на автомобилях или только на тракторах, либо на тех и других с некоторыми модификациями) двигателей, выпускавшихся в течение ряда последних десятилетий. В результате установлены фактические пределы изменения количества зубьев и выше перечисленных размеров шестерён МН с внешним зацеплением, применявшихся в системах смазки этих двигателей (для 2-секционных МН рассматривались параметры основной, более производительной секции, за исключением МН 2-цилиндрового дизеля 2ДТХ, выпускавшегося харьковским заводом имени Малышева [7]). В случаях, когда конкретные значения размеров шестерён МН не указывались в литературе, они определялись приближённо по приведенным в ней иллюстрациям, на основе известных значений диаметров цилиндров двигателей и иных размеров, а также путём обследования макетов двигателей.

В автомобильных двигателях с искровым зажиганием (АДИЗ) – как карбюраторных, так и со впрыском бензина последние десятилетия применяются МН с прямыми зубьями и $z_t=7$. Исключением служит МН карбюраторных двигателей, выпускавшихся Волжским автозаводом (ВАЗ), имевший косые зубья с $z_t=9$ [8] и, по-видимому, унаследованный от итальянского прототипа FIAT 124.

В дизелях, устанавливавшихся на автомобилях и в ряде случаев также на тракторах (далее называемых «автотракторными» – в узком смысле), применялись МН с $z_t = 8...10$, а в дизелях, которые были разработаны именно для тракторов (далее называемых «тракторными») – с $z_t = 8...12$. Во всех случаях использовались прямые зубья у шестерён МН.

Ширина шестерён исследованных МН АДИЗ находится в пределах примерно $b = 19...50$ мм (минимальная в 4-цилиндровом двигателе МЗМА-407, максимальная в 8-цилиндровом ЗИЛ-111 [6]). Для современных моделей b находится в более узких пределах $30...40$ мм; например, шестерни МН двигателей, выпускаемых Заволжским моторным заводом (ЗМЗ), имеют ширину, соответствующую границам 2-го интервала [9; 10].

Значения b в исследованных МН автотракторных дизелей находятся в пределах $30...55$ мм (минимальное у универсальных дизелей «авиационного» типа семейства Ч15/18, максимальное у 6-цилиндрового ЯМЗ-236Д [11]), а в МН тракторных дизелей – в пределах $10...55$ мм (минимальное у менее производительной секции МН 2-цилиндрового дизеля 2ДТХ с масляным охлаждением, обслуживавшей систему смазки, максимальное у 6-цилиндрового А-01М [5] (хотя по другим данным в этом дизеле ранее применялся МН с $b \approx 39$ мм [12])).

Наружный диаметр шестерён МН АДИЗ находится в пределах около $d_{ex} = 29...43$ мм (минимальный в 4-цилиндровом двигателе МеМЗ-966А с воздушным охлаждением, максимальный в ЗИЛ-111), а для современных моделей – в пределах примерно $34...40$ мм. При этом $d_{ex} \approx 34$ мм применяется в МН упомянутых двигателей ВАЗ, $d_{ex} \approx 40$ мм – в МН двигателей ЗМЗ, а промежуточные значения d_{ex} из 2-го интервала применялись в МН ряда устаревших карбюраторных двигателей (моделей 412, ЗМЗ-24Д, ЗИЛ-164А, М-21, МеМЗ-968, МЗМА-407, -408).

Значения d_{ex} в МН автотракторных дизелей находятся в пределах около $40...55$ мм (минимальное у 8-цилиндрового дизеля КамАЗ-740, максимальное у более современных КамАЗ-740.11, -740.50 [13]), а в МН тракторных дизелей – в пределах около $36...60$ мм (минимальное у вихрекамерных дизелей Д-16, -35, максимальное у 4-цилиндровых дизелей СМД [4; 5]).

Модуль зацеплення шестерён МН АДІЗ при $z_t=7$ знаходиться в межах $m_z \approx 3,4 \dots 4,7$ мм, а в МН карбюраторних двигателів ВАЗ був близьок до 3,3 мм. Значення модуля в МН автотракторних дизелів знаходяться в межах около 4...5 мм, а в МН тракторних – в межах около 3...5 мм (мінімальне у 2-циліндрових дизелів Д-16 і -120 з повітряним охолодженням і 2ДТХ – з масляним, максимальне – у більш крупних дизелів з повітряним охолодженням (предкамерного 4-циліндрового Д-30 і 8ДВТ-330 з непрямым впрыском), 4- і 6-циліндрових дизелів А-41, -01М).

В табл. 1 сопоставлені вище перераховані і приведені в навчальній літературі [14 – 20] інтервали зміни параметрів шестерён МН вітчизняних автотракторних (в широкому сенсі) двигателів. Дизелі автотракторні (в вузькому сенсі) позначені буквою А, а тракторні – буквою Т. З приведених даних видно, що інтервалами значень цих параметрів, рекомендованих в такій літературі, може не враховуватися різниця конструкцій МН, застосованих в АДІЗ і дизелях.

Хоча величина шестерён МН, встановленого в системі мащення двигателя, до певної ступені пропорційна робочому об'єму $i_{cyl}V_s$ останнього, чітких залежностей їх розмірів від цього об'єму немає. Часто одна і та ж конструкція МН застосовувалася (і до сих пор застосовується) в ряду двигателів, помітно відрізняються величинами робочого об'єму. Так, це властиво: карбюраторним двигателям ВАЗ ($i_{cyl}V_s \approx 1,2 \dots 1,7$ л), Горьківського автозавода (ГАЗ) і ЗМЗ (2,1...3,5 л), сучасним двигателям ЗМЗ – карбюраторним і з впрыском бензину (2,3...4,25 л); дизелям 4- і 6-циліндровим А-41 і -01М, 6-, 8- і 12-циліндровим Ярославського моторного заводу (ЯМЗ), 6- і 12-циліндровим родини Ч15/18. Тому статистичні залежності розмірів шестерён МН від $i_{cyl}V_s$ характеризуються невисокими значеннями коефіцієнта кореляції, для МН АДІЗ, наприклад, рівними 0,74 для b і 0,51 для d_{ex} [21].

Але в роботах [21; 22] показано, що більш чіткі статистичні залежності від робочого об'єму двигателя не самих цих розмірів, а таких їх функцій, як $b + d_{ex}$ або $\sqrt{bd_{ex}}$. Це дозволило побудувати метод наближеного розрахунку цих розмірів на основі рішення системи двох рівнянь, описуваних такими залежностями двох функцій b і d_{ex} від $i_{cyl}V_s$. Це веде спочатку до значення ширини шестерні, а потім – до зв'язаного з останнім значенням d_{ex} , які несуть певну похибку відносно розмірів шестерён МН передбачуваного прототипу.

Таблица 1 - Интервалы изменения количества зубьев и основных размеров шестерён МН автотракторных двигателей

Наименование	Фактические		Рекомендуемые	
	для АДIZ	для дизелей	Значения	Источник
Количество зубьев	7; 9	(А) 8...10 (Т) 8...12	7...12 6...15 6...12	[14; 15] [16; 20] [17 – 19]
Ширина шестерни, мм	19...50	(А) 30...55 (Т) 10...55	20...50 12...48	[14] [15]
Наружный диаметр шестерни, мм	29...43	(А) 40...55 (Т) 34...60	25...60 27...60* 24...84* 16...84*	[14] [15] [18; 20] [19]
Отношение b/d_{ex}	0,5...1,35 (рис. 1,а)	0,2...1,3 (рис. 1,б)	0,3...1,3	[16; 20]
Модуль, мм	3,3...4,7	(А) 4...5 (Т) 3...5	3...6 3...4,25 2...5 2...6	[14, 17, 18] [15] [16] [19]

Примечание: * верхний предел ограничен условием, что окружная скорость выступов зубьев не более 10 м/с, и может быть меньше указанного числа.

Точность расчёта одного из размеров шестерни МН (например, d_{ex}) можно улучшить, если вычислять его в увязке со значением другого размера (b), найденного путём решения выше упомянутой системы уравнений, с помощью более чёткой математической зависимости (близкой к функциональной), связывающей оба эти размера.

Формулирование цели. Выявить достаточно чёткие математические зависимости между основными размерами шестерён МН с внешним зацеплением, установленных в отечественных автотракторных двигателях.

Основная часть. В результате анализа информации о размерах шестерён МН этих двигателей, выявлены зависимости между их функциями, которые в ряде случаев по чёткости близки к функциональным. Этими функциями служат отношение b/d_{ex} ,

разность размеров $b-d_{ex}$ и более сложная функция $\beta_{b/d} = \sqrt{\frac{b^2 + d_{ex}^2}{bd_{ex}}}$,

графики зависимостей между которыми приведены на рис. 1 и 2.

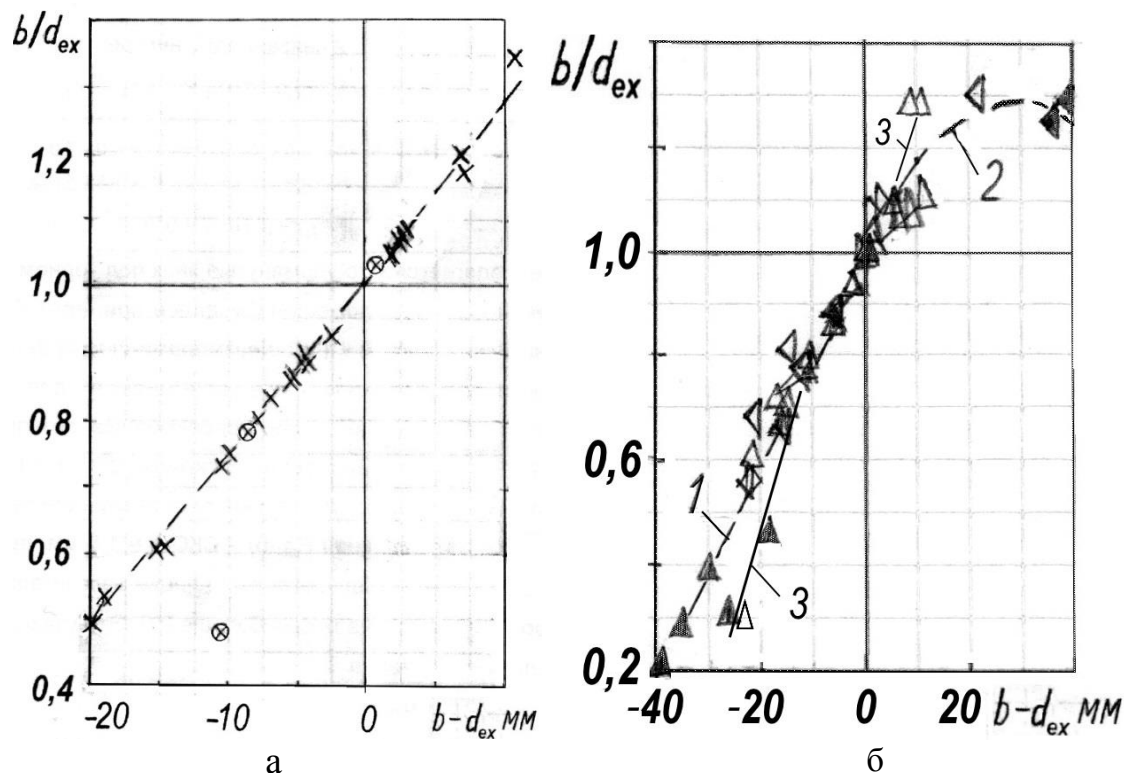


Рис. 1. Зависимости отношения размеров шестерён МН b/d_{ex} от их разности: а – для АДИЗ (точки: двигатели с жидкостным охлаждением – карбюраторные х и со впрыском бензина ж ; карбюраторные с воздушным охлаждением \otimes); б – для дизелей разного назначения (\triangleright автотракторные, \triangleleft \blacktriangleleft стационарные и судовые, \triangleright тепловозные, Δ \blacktriangle тракторные).

Зависимость, изображённая на рис. 1а, в диапазоне отношения $b/d_{ex} = 0,5 \dots 1,2$ достаточно близка к линейной. Чтобы соответствующая математическая функция прошла через точку с координатами $b-d_{ex} = 0$; $b/d_{ex} = 1$, эта функция была описана более сложным выражением (в двух вариантах), числовые параметры которого найдены с помощью метода наименьших квадратов и округлены:

$$\hat{b}/d_{ex} = \begin{cases} 1 + 0,032(b - d_{ex})^{0,95} & \text{для } b \geq d_{ex} \\ 1 - 0,0284(d_{ex} - b)^{0,96} & \text{для } b < d_{ex} \end{cases} \quad (1)$$

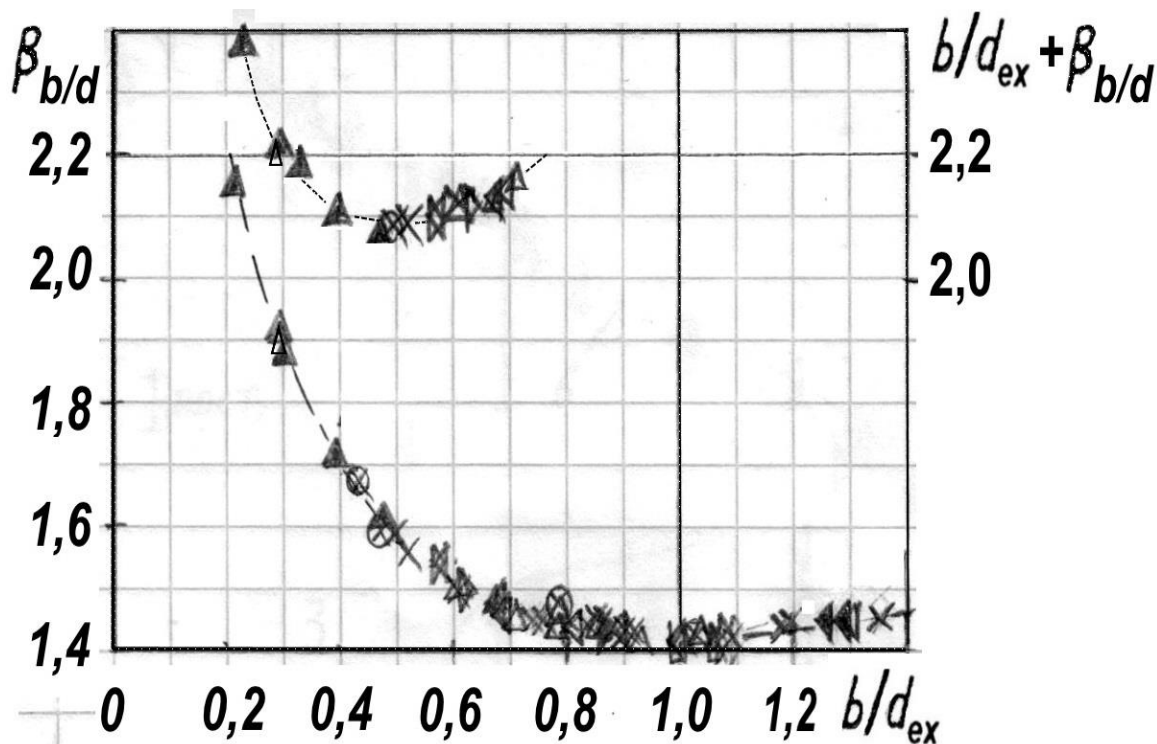


Рис. 2. Зависимость функции размеров шестерён МН $\beta_{b/d}$ от их отношения b/d_{ex} (для МН всех рассмотренных двигателей).

Показатели точности для этой зависимости таковы. При $b \geq d_{ex}$ коэффициент корреляции расчётных и фактических значений отношения b/d_{ex} равен 0,977; средняя по абсолютной величине относительная погрешность (САОП) расчёта 0,0104; пределы относительной погрешности (ОП) $\pm 0,035$. При $b < d_{ex}$ эти же показатели равны, соответственно, 0,997; 0,013 и менее $\pm 0,03$. Выпавшая вниз точка \otimes относится к МН стационарных двигателей типа УД с воздушным охлаждением, размеры шестерён которого были намного меньше, чем у МН АДИЗ [4].

Аналогичная зависимость на рис. 1б, характеризующая МН различных дизелей, менее чёткая и может быть описана выражением (2), правая часть которого имеет три варианта. В области $b \geq d_{ex}$ к немногим точкам, характеризующим автотракторные дизели, добавлены точки для МН дизелей другого назначения [23], чтобы получить более представительную зависимость. Однако её описание в виде верхнего варианта (2) является предварительным и может в дальнейшем корректироваться при увеличении базы сведений о МН дизелей при $b \geq d_{ex}$.

$$\hat{b}/d_{\text{ex}} = \begin{cases} 1,0 + 0,020(b - d_{\text{ex}}) - 0,00035(b - d_{\text{ex}})^2 & \text{для } b \geq d_{\text{ex}} \\ 1,0 + 0,020(b - d_{\text{ex}}) & \text{для } b < 1,1 \cdot d_{\text{ex}} \\ 0,971 + 0,0264(b - d_{\text{ex}}) \text{ или } 1,0 \pm 0,016 \cdot |b - d_{\text{ex}}|^{1,17} & \end{cases} \quad (2)$$

Здесь для верхнего варианта (кривая 2) коэффициент корреляции 0,89; САОП 0,0306; пределы ОП $-0,069$ (для 8-цилиндрового дизеля ЯМЗ-238БЕ) и $+0,080$ (для одной из точек, характеризующих МН тепловозного дизеля 16ЧН 25/27). Для среднего варианта (прямая 1), соответственно, коэффициент корреляции 0,986; САОП 0,039; пределы ОП $-0,17$ (для судового дизеля 6Ч 12/14) и $+0,086$ (для тракторного дизеля Д-21А).

Выпавшие вниз точки \blacktriangle и Δ относятся к МН 2-цилиндровых тракторных дизелей: Д-120 и Д-16 с воздушным охлаждением (в однотипных дизелях Д-120 и Д-21А, как следует из имеющихся сведений, применялись различные МН); 2ДТХ с масляным охлаждением. Как видно на рис. 1б, эти три точки, а также две точки Δ (для МН дизелей ЯМЗ), находящиеся выше кривой 2, можно описать отдельной зависимостью 3, близкой к линейной. Ей соответствует нижний вариант (2), представленный в двух возможных формах: линейной функции, не проходящей через точку с координатами $b - d_{\text{ex}} = 0$; $b/d_{\text{ex}} = 1$, и более сложной функции, проходящей через эту точку (в последней функции после единицы берётся знак плюс, если $b \geq d_{\text{ex}}$, и минус, если $b < d_{\text{ex}}$). Значения коэффициента корреляции для обеих этих форм выше 0,997. Для линейной функции САОП 0,058, пределы ОП $-0,13$ (для дизеля Д-120) и $+0,15$ (для 2ДТХ); для более сложной САОП 0,078, а пределы ОП $-0,16$ (для дизеля Д-120) и $+0,15$ (для 2ДТХ). Что касается МН дизелей ЯМЗ-236Д и -238БЕ, то обе формы нижнего варианта (2) дают для этих точек относительную погрешность расчёта b/d_{ex} около 1%.

Зависимость, изображённая на рис. 2, универсальна (характеризует МН всех рассмотренных двигателей), весьма близка к функциональной и может описываться двумя вариантами квадратичной функции отношения b/d_{ex} или его натурального логарифма:

$$\hat{\beta}_{b/d} = \begin{cases} 2,4 - 2(b/d_{\text{ex}}) + (b/d_{\text{ex}})^2 & \text{или} \\ 1,416 - 0,0072 \ln(b/d_{\text{ex}}) + 0,333 \ln^2(b/d_{\text{ex}}) & \end{cases} \quad (3)$$

Здесь показатели точности таковы: для верхнего варианта коэффициент корреляции 0,961; САОП 0,017; пределы ОП $-0,074$ (для

дизеля Д-21А) и +0,045 (для Д-16); для нижнего варианта, соответственно, этот коэффициент очень близок к единице, САОП 0,0013 и пределы ОП –0,0049 (для карбюраторного двигателя МЗМА-408) и +0,0028 (для Д-21А и 8-цилиндрового карбюраторного двигателя ЗМЗ-511.10). Следовательно, нижний вариант описания кривой на рис. 2 точнее верхнего, но тот проще.

Анализ координат точек, характеризующих на рис. 2 отдельные МН, показал, что для значительного их большинства (при $b/d_{ex} = 0,73 \dots 1,35$) величина функции размеров шестерён $\beta_{b/d}$ изменяется незначительно и в среднем для этой совокупности МН (условно названных «нормальными») равна 1,424 со среднеквадратичным отклонением 0,0104. Для МН с отношением $b/d_{ex} < 0,73$, условно названных «плоскими», величина $\beta_{b/d}$ уже непостоянная, но сумма $b/d_{ex} + \beta_{b/d}$ довольно стабильна и немного превышает 2, как видно по верхней кривой на рис. 2. Лишь при $b/d_{ex} < 0,3$ (МН 2-цилиндрового дизеля Д-21А с воздушным охлаждением) эта сумма существенно зависит от отношения b/d_{ex} , причём можно использовать аппроксимацию квадратичной функцией последнего:

$$b/d_{ex} + \hat{\beta}_{b/d} = 2,90 - 3,13(b/d_{ex}) + 3,0(b/d_{ex})^2 . \quad (4)$$

Здесь коэффициент корреляции 0,973; САОП 0,0062 и пределы ОП около $\pm 0,015$. Поэтому при $b/d_{ex} < 0,73$ функцию $\beta_{b/d}$ можно вычислить также с помощью (4).

Зависимости (1) – (4) позволяют вычислять один из размеров шестерни (b или d_{ex}), если известен второй из них. В следующей статье будут рассмотрены некоторые особенности и результаты таких вычислений.

Выводы. 1. В учебной литературе [14 – 20] недостаточно учитываются различия конструкций МН, установленных в отечественных АДЗ и дизелях разного назначения, и также не учтены особенности конструкции МН ряда автотракторных дизелей, в которых ширина шестерён превышает 50 мм, а модуль зацепления не превышает 5 мм.

2. Получены зависимости отношения ширины шестерни МН к её наружному диаметру b/d_{ex} от разности этих размеров, наиболее чёткие для АДЗ и менее чёткие для дизелей.

3. Предложена универсальная зависимость функции указанных размеров $\beta_{b/d}$ от их отношения b/d_{ex} . Она позволила разделить исследованную совокупность МН на две подгруппы: «нормальных» насосов ($b/d_{ex} = 0,73 \dots 1,35$) и «плоских» насосов ($b/d_{ex} < 0,73$). Для первой подгруппы в среднем $\beta_{b/d} = 1,424$, а для второй сумма $\beta_{b/d} + b/d_{ex}$ несколько выше 2.

Список используемых источников:

1. Лепешкин А. В., Михайлин А. А. Гидравлические и пневматические системы: учебник. Москва: Академия. 2015. 332 с.
2. Гідропривод і гідроавтоматика сільськогосподарської техніки: посібник / Б. М. Гевко та ін. Тернопіль: ТНТУ, 2015. 384 с.
3. Двигатели внутреннего сгорания. Системы поршневых и комбинированных двигателей. Москва: Машиностроение, 1985. 456 с.
4. Гугин А. М. Быстроходные поршневые двигатели: справочник. Ленинград: Судостроение. 1967. 260 с.
5. Тракторные дизели. Справочник. Москва: Машиностроение, 1981. 536 с.
6. Конструкция и расчет автотракторных двигателей / М. М. Вихерт и др. Москва: Машиностроение. 1964. 552 с.
7. Грицюк А. В., Парсаданов И. В., Мотора А. А. Новое направление в дизелестроении Украины. *Двигатели внутреннего сгорания*. 2011. № 1. С. 48-53.
8. Кузнецов А. С. ВАЗ-2101, ВАЗ-2102. Руководство по эксплуатации, техническому обслуживанию и ремонту. Москва: Третий Рим, 2008. 208 с.
9. Двигатель ЗМЗ-40522.10. Руководство по эксплуатации, техническому обслуживанию и ремонту. Заволжье, 2015. 162 с.
10. Двигатель ЗМЗ-5231.10 со сцеплением. Руководство по ремонту. Заволжье, 2019. 165 с.
11. Тракторы ХТЗ-150К-03, ХТЗ-150К-09. Руководство по текущему ремонту. Харьков, 2004. 310 с.
12. Дизельные двигатели А-01, А-01М и А-41. Москва: Колос, 1972. 232 с.
13. Двигатели КамАЗ 740.11-240: руководства по эксплуатации, техническому обслуживанию и ремонту. Набережные Челны, 2002. 248 с.
14. Зейнетдинов Р. А., Дьяков И. Ф., Ярыгин С. В. Проектирование автотракторных двигателей: учеб. пособие. Ульяновск, 2004. 168 с.
15. Автомобильные двигатели: курсовое проектирование. Москва: Академия, 2011. 256 с.
16. Запов Ю. И., Лашко В. А. Системы топливоподачи, охлаждения и смазки поршневых двигателей: учеб. пособие. Хабаровск: Изд. ТОГУ, 2009. 202 с.
17. Николаенко А. В. Теория, конструкция и расчет автотракторных двигателей. Москва: Колос, 1984. 336 с.
18. Колчин А. И., Демидов В. П. Расчет автомобильных и тракторных двигателей. Москва: Высшая школа, 1971. 344 с.

19. Калимуллин Р. Ф., Горбачев С. В., Баловнев С. В. Расчет автомобильных двигателей. Методические указания к курсовому проектированию. Ч. 2. Расчеты основных деталей и систем двигателя. Конструирование двигателя. Оренбург: ГОУ ОГУ, 2004. 95 с.

20. Тимченко І. І., Жадан П. В., Жилін С. С. Системи ДВЗ: навч. посібник. Харків: ХНАДУ, 2007. 204 с.

21. Стефановський О. Б. Розрахунок розмірів шестерень масляного насоса за допомогою їх регресійних залежностей від робочого об'єму автомобільного двигуна. *Вісник Приазовського державного технічного університету. Сер. Технічні науки*. Маріуполь. 2020. Вип. 40. С. 187-198.

22. Стефановский А. Б., Болтянский О. В. Расчёт номинальных показателей систем смазки автомобильных двигателей с помощью зависимостей между гидродинамическими критериями подобия. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету ім. Д. Моторного*. Мелітополь. 2019. Вип. 19, т. 4. С. 149-176. DOI: 10.31388/2078-0877-19-4-149-176.

23. Дизели: справочное пособие конструктора. Москва; Ленинград: Машгиз, 1957. 444 с.

СООТНОШЕНИЯ МЕЖДУ ОСНОВНЫМИ РАЗМЕРАМИ ШЕСТЕРЁН МАСЛЯНЫХ НАСОСОВ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ АВТОТРАКТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Стефановский А. Б.

Анотация

В статье рассмотрены пределы изменения основных размеров шестерён масляных насосов с внешним зацеплением, установленных в системах смазки отечественных автотракторных двигателей. Выявлены расхождения между рекомендациями учебной литературы об этих размерах и фактическими пределами изменения последних, вызванные учётом в такой литературе различий конструкций масляных насосов, применяющихся в автомобильных двигателях с искровым зажиганием и автотракторных дизелях. Получен ряд математических зависимостей между функциями основных размеров шестерён, пригодных для отыскания одного из них, если известен другой.

Ключевые слова: двигатель, масляный насос, ширина шестерни, наружный диаметр шестерни, количество зубьев, модуль.

СПІВВІДНОШЕННЯ МІЖ ОСНОВНИМИ РОЗМІРАМИ ШЕСТЕРЕНЬ МАСЛЯНИХ НАСОСІВ ВІТЧИЗНЯНИХ АВТОТРАКТОРНИХ ДВИГУНІВ

Стефановський О. Б.

Анотація

У статті розглянуті межі зміни основних розмірів шестерень масляних насосів (МН) із зовнішнім зачепленням, встановлених в системах змащення вітчизняних автотракторних двигунів. Відомості про ці параметри оформлено у

вигляді порівняльної таблиці. Вона дозволяє виявити розбіжності між рекомендаціями навчальної літератури про ці розміри і фактичними межами зміни останніх. Ці розбіжності викликані неврахуванням у даній літературі відмінностей конструкцій МН, що застосовуються в автомобільних двигунах з іскровим запалюванням і автотракторних дизелях. Зокрема, в останніх застосовуються МН з шестернями, ширина яких виходить за межі 12...50 мм, рекомендовані в літературі. Водночас, кількість зубів цих шестерень не перевищує 12 (замість 15, що вважається верхньою межею). Також у досліджуваних МН не застосовується значення модулю зачеплення 2 мм, рекомендоване в деяких навчальних посібниках.

Отримано ряд математичних залежностей між функціями основних розмірів шестерень, придатних для відшукування одного з них, якщо відомий інший. В областях відношення ширини шестерні до її зовнішнього діаметра $b/d_{ex} < 1$ та $b/d_{ex} \geq 1$ залежності цього відношення від різниці вказаних розмірів є більш чіткими для МН автомобільних двигунів з іскровим запалюванням, чим для МН дизелів (переважно автотракторних). Крім області $b/d_{ex} \geq 1$ для МН дизелів різного призначення, вказані залежності є досить близькими до лінійних і проходять через точку с координатами $b-d_{ex} = 0$; $b/d_{ex} = 1$. Середня за абсолютною величиною відносна погрішність розрахунку відношення b/d_{ex} за цими залежностями дещо вище 1% для МН автомобільних двигунів з іскровим запалюванням та знаходиться в межах 3...4% для МН дизелів. Знайдено універсальну досить чітку залежність між функцією розмірів b і d_{ex} (позначену $\beta_{b/d}$) та їх відношенням b/d_{ex} , яка дозволила розділити досліджувану сукупність МН на дві підгрупи: «нормальних» насосів ($b/d_{ex} = 0,73...1,35$) та «площинних» насосів ($b/d_{ex} < 0,73$), причому для першої в середньому $\beta_{b/d} = 1,424$, а для другої сума $\beta_{b/d} + b/d_{ex}$ дещо вище 2.

Ключові слова: двигун, масляний насос, ширина шестерні, зовнішній діаметр шестерні, кількість зубів, модуль.

RELATIONS BETWEEN THE BASIC DIMENSIONS OF GEARS OF DOMESTIC AUTOMOTIVE ENGINE OIL PUMPS

A. Stefanovsky

Summary

The article considers the limits of change of the main sizes of gears of oil pumps (OPs) with external gearing, installed in the lubrication systems of domestic automotive engines. Information about these parameters is presented in the form of a comparative table. It allows identifying differences between the recommendations of the educational literature on these dimensions and the actual limits of change of the latter. These differences are caused by disregard of differences in the design of OPs used in automobile engines with spark ignition and automotive diesel engines in the literature. In particular, the latter engines use OPs with gears, the width of which exceeds 12...50 mm recommended in the literature. At the same time, the number of teeth of these gears does not exceed 12 (instead of 15 considered being the upper limit). In addition, the value of 2 mm for the engagement modulus recommended in some textbooks is not used in the studied OPs.

A number of mathematical relations between the functions of the main sizes of gears are obtained; these relations are suitable for finding one size if another one is known. In areas of the ratio of the width of the gear to its outer diameter $b/d_{ex} < 1$ and

$b/d_{ex} \geq 1$, the regressions of this ratio on the difference of the specified sizes are clearer for OPs of automobile engines with spark ignition than for those of diesel engines (mainly automotive ones). Except of the area $b/d_{ex} \geq 1$ for OPs of diesel engines of various purposes, these regressions are quite close to linear ones and pass through a point with coordinates $b - d_{ex} = 0$; $b/d_{ex} = 1$. The average relative error of calculation of the ratio b/d_{ex} by these regressions is slightly higher than 1% for OPs of spark-ignition automobile engines and is in the range of 3...4% for OPs of diesel engines. An universally applied relation is found between the function of gear sizes b and d_{ex} (denoted as $\beta_{b/d}$) and their ratio b/d_{ex} , which allows separation of the studied set of OPs into two subgroups: "normal" pumps ($b/d_{ex} = 0.73 \dots 1.35$) and "plane" pumps ($b/d_{ex} < 0.73$), where average value of the function equals 1.424 for the first one and the sum of $\beta_{b/d} + b/d_{ex}$ slightly exceeds 2 for the second one.

Key words: engine, oil pump, gear width, gear outer diameter, number of teeth, module.