

Миколаївський національний аграрний університет
Полянський П.М.,
канд. екон. наук, доцент, в.о. завідувача кафедри загальнотехнічних
дисциплін,
Миколаївський національний аграрний університет

УДК 621.815.1:621.753.2

Застосування посадок з гарантованим зазором

Ростислав Дмитренко, Ілля Скачков,
здобувач вищої освіти спеціальності 208 Агроінженерія
Миколаївський національний аграрний університет
м. Миколаїв, Україна

В'ячеслав Хмілевський,
здобувач фахової передвищої освіти 208 Агроінженерія
ВСП «Технологічно-економічний фаховий коледж МНАУ»
м. Миколаїв, Україна

Анотація: розглянуто особливості застосування посадок із зазором у машинобудуванні для рухомих і нерухомих з'єднань деталей. Показано, що у рухомих з'єднаннях зазор забезпечує вільне переміщення деталей, утворення мастильного шару, компенсацію температурних деформацій, похибок форми та складання. Для відповідальних вузлів величину зазору визначають на основі гідродинамічної теорії змащування, що забезпечує роботу в умовах рідинного тертя. У нерухомих з'єднаннях посадки із зазором застосовують для полегшення складання та розбирання деталей, а нерухомість забезпечують додатковими кріпильними елементами. Розглянуто умови вибору мінімального і максимального зазорів з урахуванням параметрів шорсткості поверхонь та допустимого ексцентриситету.

Ключові слова: посадки із зазором, рухомі з'єднання, нерухомі з'єднання, зазор, гідродинамічне змащування, точність посадок, центрування деталей, машинобудування, вузли тертя, вали і отвори.

Посадки з зазором застосовують як у рухомих, так і в нерухомих з'єднаннях. У вузлах, що передбачають взаємне переміщення деталей, наявність вільного простору є критичною для безперешкодного руху, формування стійкого мастильного шару, а також для компенсації температурних розширень та можливих похибок виготовлення чи монтажу. Для відповідальних механізмів, які працюють у режимі рідинного тертя, оптимальні параметри зазорів розраховують на основі принципів гідродинамічної теорії змащування.

Якщо ж умови експлуатації допускають роботу при напіврідинному, напівсухому або сухому терті, вибір конкретної посадки зазвичай базується на методі аналогій з уже перевіреними та ефективними конструкціями.

У нерухомих з'єднаннях зазори передбачають насамперед для полегшення процесу складання. Фіксація деталей у таких випадках реалізується за допомогою додаткових елементів, як-от шпонки або гвинти. При виборі посадки для нерухомого вузла виходять з того, що мінімальний зазор S_{\min} має бути достатнім для нівелювання відхилень форми та взаємного розташування поверхонь. Водночас максимальний зазор S_{\max} обмежують, виходячи з гранично допустимого ексцентриситету e (зміщення осей деталей), дотримуючись встановлених технічних умов.

$$S_{\max} \leq 2e - 2(R_{zD} + R_{zd}); \quad (1)$$

$$S_{\max} \leq 2e - 5(R_{aD} + R_{ad}), \quad (2)$$

де $R_{zD}, R_{zd}, R_{aD}, R_{ad}$ – параметри шорсткості поверхонь отвору і вала.

Посадки типу H/h характеризуються тим, що їхній мінімальний зазор дорівнює нулю, і вони широко застосовуються у діапазоні від 4-го до 12-го квалітету як для рухомих, так і для нерухомих з'єднань. У нерухомих вузлах, що потребують частого розбирання або базового центрування деталей, ці посадки використовують разом із додатковими кріпильними елементами, тоді як у рухомих з'єднаннях вони забезпечують точне спрямування при зворотно-поступальному русі або повільне переміщення деталей у поздовжньому напрямку. Посадки найвищої точності, такі як $H5/h4$ та $H6/h5$, призначені для особливо відповідальних нерухомих з'єднань, що часто демонтуються, наприклад, для встановлення вимірювальних зубчастих коліс на шпинделі або монтажу шпинделя в корпусі задньої бабки токарного верстата, проте їхнє застосування обмежене через високу складність та вартість виготовлення.

Більш розповсюджена посадка $H7/h6$ ефективно використовується у нерухомих з'єднаннях з високими вимогами до точності центрування, як-от у змінних шестернях металообробних верстатів чи фрикційних муфтах, а також у рухомих парах на кшталт «поршень — циліндр».

Своєю чергою, посадка $H8/h7$, маючи аналогічне призначення, вирізняється ширшими допусками, що значно полегшує виробництво деталей, тому їй надають перевагу при великій довжині сполучення, зокрема для монтажу змінних наконечників вимірювальних приладів або встановлення зубчастих коліс на довгих гладких валах.

Посадки серій $H8/h8, H8/h9, H9/h8, H9/h9$ належать до найбільш затребуваних і пріоритетних варіантів як для рухомих, так і для нерухомих з'єднань, причому посадка $H10/h10$ часто виступає базовою альтернативою для $H9/h9$. Для вузлів, що не потребують високої прецизійності, застосовують посадки низької точності $H11/h11$ та $H12/h12$: перша є оптимальною для деталей під зварювання (наприклад, зірочки ланцюгів на валах) або для елементів, що мають вільно зміщуватися під час регулювання. Посадки типів H/g та G/h , які виконуються у високих квалітетах (4–7), призначені для точних рухомих механізмів, де

критичною є плавність ходу, або для нерухомих вузлів з метою максимально легкого монтажу. Прикладами використання $H7/g6$ та $G7/h6$ є напрямні повзунів верстатів, коромисла клапанів або пересувні шестерні КПП, тоді як екстремально точні варіанти $H5/g4$ чи $G6/h5$ незамінні у плунжерних парах та шпинделях ділильних головок.

Посадки H/f та F/h створюють помірний гарантований зазор для вільного обертання при швидкостях до 150 рад/с, що робить $H7/f7$ та $F8/h6$ кращим вибором для підшипників у коробках передач, головних валів верстатів та гальмівних циліндрів. Для вузлів із підвищеними вимогами до центрування, як-от шийки колінчастих або розподільних валів двигунів, обирають високоточні $H6/f6$ та $F7/h5$, тоді як для менш відповідальних гідропідійомників чи домкратів цілком достатньо посадок зниженої точності типу $H8/f8$ чи $F9/h9$.

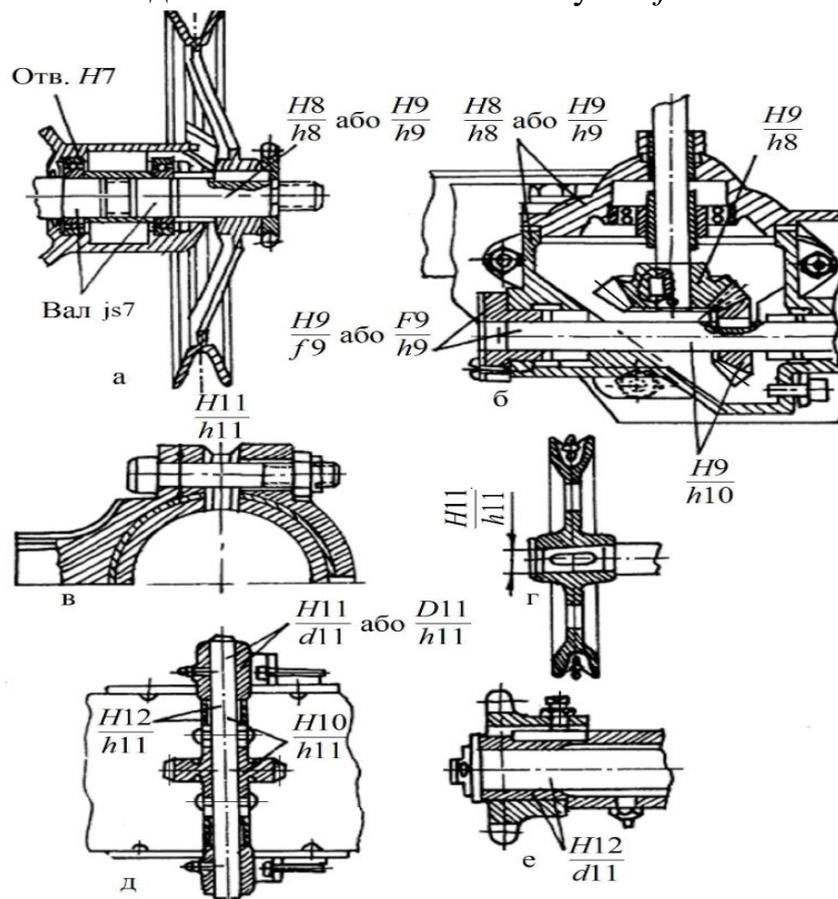


Рис. 1. Приклади застосування посадок із зазором [2]: а – складана одиниця кріплення шківів; б – коробка передач; в – нижня головка шатуна колінчастого вала трактора; г – зірочка тягового ланцюга; д – ведений валик колосового елеватора; е – контрпривід мотовила

У з'єднаннях, що працюють у важких режимах зі швидкостями понад 150 рад/с або під значними навантаженнями, використовують посадки H/e та E/h зі збільшеним зазором. Серед них пріоритетними є $H7/e8$ та $E9/h8$, які разом із $H8/e8$ застосовуються у вузлах тертя ДВЗ, зокрема для клапанів у напрямних. Для підшипників рідинного тертя в машинах з високим ресурсом призначаються точні посадки $H6/e7$ або $E8/h6$. Посадки з найбільшими зазорами H/d та D/h , такі як $H7/d8$ та $D8/h7$, забезпечують надійну роботу поршневих кілець у канавках та

клапанів у втулках, а посадка $H8/c8$ традиційно використовується безпосередньо для поршнів двигунів внутрішнього згорання. Комплексні приклади впровадження цих рішень у сільськогосподарському та тракторному машинобудуванні систематизовані на графічних схемах (рис. 1).

Список використаних джерел:

1. Іванов Г. О., Шебанін В. С., Бабенко Д. В., Полянський П. М. Взаємозамінність, основи стандартизації та технічних вимірювань : підручник / за ред. Г. О. Іванова і В.С. Шебаніна. [вид. перероб. і допов.]. Миколаїв : МНАУ, 2016. 412 с.
2. Іванов Г. О., Шебанін В. С., Бабенко Д. В., Полянський П. М. Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання. Практикум : підручник для студ. вищ. навч. закл. освіти / за ред. Г. О. Іванова і В. С. Шебаніна. – Миколаїв: МНАУ, 2016. 428 с.
3. Batsurovska, I.V., Dotsenko, N.A., Gorbenko, O.A., Polyansky, P.M. and Ivanov, G.O., 2024. Pedagogical technologies for teaching environmental engineering in the online learning system of higher education institution. Educational Dimension [Online]. Available from: <https://doi.org/10.55056/ed.806> [Accessed 27 November 2024].
4. Ivanov Gennady. Calculation of failure probability of ship diesels in conditions of operation / Gennady Ivanov, Pavlo Polyansky // Вісник аграрної науки Причорномор'я. Науковий журнал. Том 26, № 4. МНАУ, м. Миколаїв. 2022. Р. 62 –72. <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/11982>.
5. Kernytskyu I, Hlinenko L, Yakovenko Y, Horbay O, Koda E, Rusakov K, Yankiv V, Humenuyk R, Polyansky P, Berezovetskyi S, Kalenik M, Szlachetka O. Problem-Oriented Modelling for Biomedical Engineering Systems. Applied Sciences. 2022; 12(15):7466. <https://doi.org/10.3390/app12157466>.

Abstract: *the features of the use of clearance fits in mechanical engineering for movable and fixed connections of parts are considered. It is shown that in movable connections the clearance ensures free movement of parts, the formation of a lubricating layer, compensation for temperature deformations, shape and assembly errors. For critical nodes, the clearance value is determined on the basis of the hydrodynamic theory of lubrication, which ensures operation under conditions of fluid friction. In fixed connections, clearance fits are used to facilitate assembly and disassembly of parts, and immobility is ensured by additional fasteners. The conditions for selecting the minimum and maximum clearances are considered, taking into account the parameters of surface roughness and permissible eccentricity.*

Keywords: *clearance fits, movable connections, fixed connections, clearance, hydrodynamic lubrication, accuracy of fits, centering of parts, mechanical engineering, friction nodes, shafts and holes.*

Наукові керівники:

Іванов Г.О.,

канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри загальнотехнічних дисциплін,
Миколаївський національний аграрний університет