Міністерство освіти і науки України
Академія наук вищої освіти України
J.J.Strossmayer University of Osijek, Mechanical Engineering Faculty (Хорватія)
University of Zielona Góra (Польща)
Higher Technical School Trstenik (Serbia),
DAAAM International Vienna,
Belgrade University Faculty of Mechanical Engineering in Podgorica (Montenegro),
Міжнародний університет безперервної освіти
ГО «Юнацький технопарк»
Навчально-науково- виробничий комплекс «Спеціаліст»,
ПАТ «Новокраматорський машинобудівний завод»
ТОВ Corum Group
Донбаська державна машинобудівна академія,
Кафедра «Технології машинобудування»
Студентське наукове товариство з технологій машинобудування
Мала академія наук з науково-промислового профілю

МОЛОДА НАУКА – РОБОТИЗАЦІЯ І НАНО-ТЕХНОЛОГІЇ СУЧАСНОГО МАШИНОБУДУВАННЯ

Збірник наукових праць

Міжнародної молодіжної науково-технічної конференції

За загальною редакцією

д-ра техн. наук, проф. С. В. Ковалевського

Краматорськ
ДДМА
2019

УДК 621
М 75

Рецензенти:

*Соколов В.І.***,** д-р техн**.** наук, проф., завідувач кафедри машинобудування та прикладної механіки Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля,

Самотугін С. С., д-р техн. наук, проф., зав. каф. металорізальних верстатів ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет».

Затверджено
на засіданні вченої ради ДДМА
(протокол № 10 від 28.03.2019 р.)

М 75 Молода наука – роботизація і нано-технології сучасного машинобудування: збірник наукових праць Міжнародної молодіжної науково-технічної конференції / за заг. ред. С. В. Ковалевського, д-ра техн. наук., проф. – Краматорськ : ДДМА, 2019. – 208 с.
ISBN 978-966-379-885-1

У збірнику опубліковано матеріали праць аспірантів, магістрантів і студентів у галузі технології машинобудування. Пропонуються перспективні ідеї, аналіз конкретних проблемних питань автоматизації машинобудування, створення робочих функціональних поверхонь деталей машин; подано розробки, готові до впровадження.

Призначений для використання в практичній діяльності студентів, магістрів ВНЗ і фахівців машинобудівних підприємств.

УДК 621
ISBN *978-966-379-885-1* © ДДМА, 2019

ЗМІСТ

1. **Erjon Selmani, Arian Bisha** (Universiteti Politeknik i Tiranes). **HOW THE GAS ESCAPE IN A COMBUSTION CHAMBER IS AFFECTED BY PISTON-RING TOLERANCES.** **9**

2. **Gritsai N.A., Stetsko A.E.** (Ukraine, Lviv, UAP) **THE NANOSTRUCTURE COMPOSITE DIFFUSION COATING AFTER BORIDING** **21**

3. **Duvanskyi V. S., Virych S. O.,** Ph.D., Associate Professor (SHEI «DNTU», Pokrovsk, Ukraine), **Nestoruk N. A.,** Ph.D., Associate Professor (HIFL SHEI «DSPU», Bakhmut, Ukraine) **THE EXPERIMENTAL ACTIVITY IS THE BASIS OF THE COMPETENCE OF MECHANICAL ENGINEERS** **25**

4. **Milutin Živković, Predrag Dašić** (Technical College of Applied Studies in Mechanical Engineering Trstenik,Serbia), **Igor Jevremović** (Company "Ziđin Majning" – RTB – Bor, Serbia), **Predrag Pravdić** (Technical College of Applied Studies in Mechanical Engineering Trstenik,Serbia) **A MECHATRONICS SYSTEM FOR MANIPULATION AND DETECTION OF CONDITION OF 35/6 KV ELECTRICAL SUBSTATION AT THE RTB BOR OPEN - PIT MINE** **29**

5. **Nikšić, D.** student of Graduate study, **Milinović, A.** Menthor, **Filipčić, E.** student of Undergraduate study (MEFSB, Slavonski Brod, Croatia) **CHARACTERIZATION OF SURFACE LAYER OBTAINED BY BORONIZING OF C45 STEEL** **38**

6. **Pereglin, L**. student of Graduate study, **Marušić, V.** Menthor, Full prof., **Opačak, I.** mag.ing.mech. (MEFSB, Slavonski Brod, Croatia) **WEAR RESISTANCE OF STEEL X210Cr12 IN CONDITIONS BY OIL LUBRICATION** **42**

7. **Shyshenko M. master, supervisor N. Tsyvinda, cand. of technical sciences, assistant professor,** (State institution of higher education "KryvyiRih National University") **RESEARCH OF INFLUENCE OF THE METHODS OF PROCEEDING THE WORN-OUT SURFACES OF THE CAST-IRON ROLLS ON THEIR LONGEVITY** **48**

8. **Strelina A.A., supervisor – candidate of technical sciences, prof. Ivanov V.G.** (Ukraine, Kharkov, KNURE) **IMPLEMENTAION OF ROBOTIZATION IN MODERN MECHANICAL ENGINEERING** **51**

9. **Біленець К.Є., Корчак О.С.** (Україна, м. Краматорськ, ДДМА) **РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ЗБІЛЬШЕННЯ РЕСУРСУ БЕЗВІДМОВНОЇ РОБОТИ БАЗОВИХ ВУЗЛІВ ГІДРАВЛІЧНИХ ПРЕСІВ** **53**

10. **Бондар І. В., аспірант, Криворучко Д. В., доцент** (СумДУ, м. Суми, Україна) **ВПЛИВ ЗАЛИШКОВИХ ГРЕБІНЦІВ НА ПОВЕРХНІ МАТОЧИНИ РОБОЧОГО КОЛЕСА НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОТОКУ В ПРОТОЧНІЙ ЧАСТИНІ ВІДЦЕНТРОВОГО КОМПРЕСОРА** **56**

11. **Боровий І.Б. наук. керів. д.т.н., проф. Ковалевський С.В.** (Україна, м. Краматорськ, ДДМА) **ПРОГРЕСИВНІ МЕТОДИ АНАЛІЗУ І ОБРОБКИ ВЕЛИКИХ МАСИВІВ ДАНИХ** **58**

12. **Бурлака С.А., Гунько І.В.** (Україна, м. Вінниця, ВНАУ) **АКТУАЛЬНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ РОБОТОТЕХНІКИ В ПРОМИСЛОВОСТІ ТА МАШИНОБУДУВАННІ** **60**

13. **Віштак І.В.** (Україна, м. Вінниця, Вінницький національний технічний університет) **ВЛАСТИВОСТІ НАНОПОКРИТТІВ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ НАНОТЕХНОЛГІЙ В СУЧАСНОМУ ВИРОБНИЦТВІ** **64**

14. **Гайворонський О.О., Голуб Д.М., Кущій Г.М.** (Україна, м. Краматорськ, ДДМА) **ВПЛИВ ТЕРМООБРОБКИ НА ВМІСТ КАРБІДІВ В ШТАМПОВИХ СТАЛЯХ** **67**

15. **Гуменюк Ю.В., Мазур А.Г.** (Україна, м. Вінниця, ВНАУ) **ВПРОВАДЖЕННЯ РОБОТИЗОВАНОЇ ТЕХНІКИ В ОБЛАСТІ МАШИНОБУДУВАННЯ І ВПЛИВ НА МАКРОЕКОНОМІЧНУ СИТУАЦІЮ В СВІТІ** **71**

16. **Деміда Н.В., магістр, наук. кер. д.т.н., проф. Кіяновский М.В.,** (Криворізький національний університет, м. Кривий Ріг, Україна) **ВСТАНОВЛЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ УТВОРЕННЯ ЕКСЦЕНТРИСИТЕТУ ОСІ РОБОЧОГО ОРГАНУ РОТОРНОЇ МАШИНИ** **75**

17. **Держановський Б.І., Чеботарьов Є.В., Рібоженко М.В., Задорожня І.М.** (м. Краматорськ, ДДМА) **ОСОБЛИВОСТІ ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ УСТАТКУВАННЯ ДЛЯ ВІБРОСТАБІЛІЗУЮЧОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ** **79**

18. **Дубограй Д.О., Шайда М.А., студенти,** наук. кер. Васильченко К.В., Олянюк Н.О., викладачі спеціальних дисциплін, к.т.н., доц. Цивінда Н.І. (Політехнічний коледж Криворізького національного університету м. Кривий Ріг, Україна) **ЗАСТОСУВАННЯ STEM ПІДХОДУ У НАУКОВОМУ ПРОЦЕСІ ЗА РАХУНОК ВПРОВАДЖЕННЯ ПРОЕКТУ ВИКОРИСТАННЯ АЛЬТЕРНАТИВИ ДИЗЕЛЬНОМУ ПАЛИВУ** **82**

19. **Єфименко О. В., к.т.н., доц.,** (Кафедра будівельних та дорожніх машин, Державний вищий навчальний заклад «Харківський національний автомобільно – дорожній університет») **ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ МАШИННОГО КОНТРОЛЮ LEICA(ШВЕЙЦАРІЯ)** **84**

20. **Єфименко О. В., к.т.н., доц., Мусаєв З. Р., асистент** (Кафедра будівельних та дорожніх машин, Державний вищий навчальний заклад «Харківський національний автомобільно – дорожній університет») **ДОСЛІДЖЕННЯ ТРАНСПОРТНОГО РЕЖИМУ КОРОТКОБАЗОВОГО КОЛІСНОГО НАВАНТАЖУВАЧА (КБН)** **88**

21. **Зоря Я.І., Болтенко О.О., Ушкварок І.О., Задорожній М.О.** (м. Краматорськ, ДДМА) **ПРОБЛЕМАТИКА ТА ПИТАННЯ РАЦІОНАЛЬНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ МЕТАЛУРГІЙНИХ МАШИН** **92**

22. **Іванова О. Р., магістрант,** наук. кер. д.т.н., проф. Кіяновский М.В., (Криворізький національний університет, м. Кривий Ріг, Україна) **КОНТРОЛЬ ТА КОРИГУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ЗАКРІПЛЕННЯ ЗАГОТОВОК** **94**

23. **Іванова О.Р., магістр,** наук. кер. к.т.н., доц. Пікільняк А.В., (Криворізький національний університет, м. Кривий Ріг, Україна) **ВПРОВАДЖЕННЯ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В МАШИНОБУДУВАННЯ: СИСТЕМА FACTORY FLOWСУЧАСНОЇ УКРАЇНСЬКОЇ ШКОЛИ** **98**

24. **Ізмайлов М.М., Сіротюк В. А., Тунгасова К.В., Задорожній М.О.** (м. Краматорськ, ДДМА) **АСПЕКТИ ОПТИМІЗАЦІЇ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ ЕНЕРГІЇ В ЕЛЕКТРОПРИВОДАХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ МАШИН З УРАХУВАННЯМ ПРУЖНИХ ЗВ'ЯЗКІВ** **100**

25. **Клименко С. Ан., к.т.н., Найденко А. Г. к.т.н.,, Кореляк Т.О., Чумак Т.О.** (Україна, м. Київ, ІНМ ім. В. М. Бакуля НАН України) **ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ КОМПОЗИТУ З СУМІШІ НАНОПОРОШКІВ «алмаз – WC» ТА ЙОГО ВИКОРИСТАННЯ В РІЗАЛЬНОМУ ІНСТРУМЕНТІ** **102**

26. **Корчма Д.О, наук. кер. д.т.н., проф. Ковалевський С.В.** (Украина, м. Краматорск, ДГМА) **ДОСЛІДЖЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ СТРУМІВ ФУКО, ДЛЯ НАНЕСЕННЯ НАНОПОКРИТТЯ НА ДЕТАЛІ МАШИНОБУДУВАННЯ** **106**

27. **Коткова В.В., Корчак О.С.** (Україна, м. Краматорськ, ДДМА) **ЗАПОБІГАННЯ РІДИННОМУ ГОЛОДУВАННЮ СИЛОВИХ ЦИЛІНДРІВ АВТОМАТИЗОВАНИХ ГІДРОПРЕСОВИХ КОМПЛЕКСІВ** **112**

28. **Кравцова Д.Ю., канд. фіз.-мат. наук, Дубровський С.С., канд. техн. наук, доц.** (Криворізький національний університет, м. Кривий Ріг, Україна) **СУЧАСНА ТЕХНОЛОГІЯ ОСАДЖЕННЯ НАНОКОМПОЗИЦІЙНОГО ПОКРИТТЯ ІЗ ФУНКЦІОНАЛЬНО-ГРАДУЮВАНОЮ СТРУКТУРОЮ (ОГЛЯД)** 116

29. **Куратнік Т.В.** (Україна, м. Полтава, Комунальний заклад Полтавська гімназії «Здоров'я» №14 Полтавської міської ради Полтавської області) **STEAM ОСВІТА ЯК ВИЗНАЧАЛЬНИЙ ВЕКТОР РОЗВИТКУ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ УЧНІВСЬКОЇ МОЛОДІ В ОСЕРЕДКУ МАН** 118

30. **Ларіонов М.О., наук. кер. д.т.н., проф. Ковалевський С.В.** (Украина, м. Краматорск, ДГМА) **ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДУ ЗМІЦНЕННЯ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ ВИРОБІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВИГЛАДЖУВАННЯ** 124

31. **Лупа Ю.В., наук. кер. Олійник С.Ю.** (Україна, м. Краматорськ, ДДМА) **АДИТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ В МАШИНОБУДІВНІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ** 128

32. **Малаков О.І., Веселовська Н.Р.** (Вінницький національний аграрний університет) **ФУНКЦІОНАЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ПІДГОТОВКИ ВИРОБНИЦТВА ДЛЯ ПРОЕКТІВ СТВОРЕННЯ НОВОЇ ТЕХНІКИ** 133

33. **Мунтяну В.І., учениця 10-А класу, Васильєва І.Г., наук. кер. вчитель хімії вищої категорії, к.т.н., доц. Цивінда Н.І.** (КЗОШ І-ІІІ ступенів № 17 м. Кривий Ріг, Україна) **ДОСЛІДЖЕННЯ РІВНЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ КУЛЬТУРИ ШКОЛЯРІВ** 137

34. **Олексенко Ю.Ю., Миронов К.А.** (Україна, м. Харків, НТУ «ХПІ») **АНАЛІЗ ПОТОКУ РІДИНИ В ПРОТОЧНІЙ ЧАСТИНІ ВИСОКОНАПІРНОЇ РАДІАЛЬНО-ОСЬОВОЇ ГІДРОТУРБІНИ РО500** 139

35. **Перевозник К.Р., наук. кер. Фролов В.К.** (Україна, м. Київ, КПІ ім. Ігоря Сікорського) **ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЖОРСТКОСТІ КОНСОЛЬНИХ ІНСТРУМЕНТІВ НА ТОЧНІСТЬ ОБРОБЛЕННЯ ГЛИБОКИХ ОТВОРІВ** 143

36. **Петренко Ю.А., Михайлова А.І.** (Україна, м. Харків, ХНАДУ) **КОМП'ЮТЕРНА ТЕХНОЛОГІЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ УПРАВЛІННЯ СИСТЕМОЮ ПІДГОТОВКИ ВОДИ НА АТП** 147

37. **Печенка В.Л., науч. керівник. Ковалевський С.В.** (Україна, м. Краматорськ, ДДМА) **АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ СКЛАДАННЯ ГРУПОВИХ БОЛТОВИХ З'ЄДНАНЬ ВЕЛИКОГАБАРИТНИХ РЕДУКТОРІВ** 151

38. **Поборцев А.Г. магістр, наук. кер. к.т.н., доц. Пікільняк А.В.,** (Криворізький національний університет, м. Кривий Ріг, Україна) **УПРАВЛІННЯ ЖИТТЄВИМ ЦИКЛОМ ВИРОБУ НА МАШИНОБУДІВНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ КРИВОРІЖЖЯ ШЛЯХОМ ВПРОВАДЖЕННЯ TEAMCENTER PLM** 154

39. **Рагулін В.М.** (Україна, м. Харків, ХНАДУ) **ДОСЛІДЖЕННЯ НАВАНТАЖЕННЯ МЕХАНІЗМУ ПІДВІСКИ ТЯГОВОЇ РАМИ АВТОГРЕЙДЕРА З ВИКОРИСТАННЯМ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ** 157

40. **Рошкова В. О., студентка, Несторук Н. А., к. пед.н, доц.** (Україна, м. Бахмут, ГІІМ ДВНЗ «ДДПУ») **ПСИХОЛОГІЧНА ПІДТРИМКА КАДРОВОГО ТА НАУКОВОГО ПОТЕНЦІАЛУ ВИРНОБНИЦТВ НА ЗАСАДАХ ГЕШТАЛЬТ-ТЕРАПІЇ** 162

41. **Самарін В.В., к.т.н. Аврунін Г.А.** (Україна, Харків, ХНАДУ) **ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В СУЧАСНИХ ТРАКТОРАХ ЗА ДОПОМОГО ОБ'ЄМНОГО ГІДРОПРИВОДА** 166

42. **Сивоконь М. Л., к.т.н. Залога О.О., д.т.н, проф. Залога В.О.** (Україна, м. Суми, СумДУ) **ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИРОБІВ ОРТОПЕДИЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ (СУПІНАТОРІВ)** 170

43. **Сидюк Д.М., наук. кер. Ковалевський С.В.** (Україна, м. Краматорськ, ДДМА) **АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИПРОБУВАННЯ ЯКОСТІ СКЛАДАННЯ ВЕЛИКОГАБАРИТНИХ КОНІЧНИХ РЕДУКТОРІВ** 174

44. **Сорокіна А. О., студентка, Несторук Н. А., к.пед.н, доц. (Україна, м. Бахмут, ГІІМ ДВНЗ «ДДПУ») СОЦІАЛЬНО-ПСИХОЛОГІЧНИЙ СУПРОВІД ІНДИВІДА В СУЧАСНИХ УМОВАХ** 177

45. **Суязов О.П., наук. кер. д.т.н., проф. Ковалевський С.В.** (Україна, м.Краматорськ, ДДМА) **ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ НАВЕДЕННЯ ПЕРЕХРЕСНИХ ПЕРЕШКОД НА ПАРАЛЕЛЬНИХ ПРОВІДНИКАХ** 181

46. **Тимченко Н. В., студентка, Несторук Н. А., к.пед.н., доц.** (Україна, м. Бахмут, ГІІМ ДВНЗ «ДДПУ») **УПРАВЛІННЯ ТА РОЛЬ СОЦІАЛЬНО-ПСИХОЛОГІЧНОГО КЛІМАТУ В КОЛЕКТИВІ** 184

47. **Хода Я.А., наук. кер. Ковалевський С.В.** (Україна, м. Краматорськ, ДДМА) **ДОСЛІДЖЕННЯ ПОВЕРХНЕВОГО ЗМІЦНЕННЯ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ ВИГЛАЖІВАТЕЛЕМ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИМ** 188

48. **Чернишова Д.С., наук. кер. Олійник С.Ю.** (Україна, м. Краматорськ, ДДМА) **АНАЛІЗ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ОБРОБКИ ЦИЛІНДРИЧНИХ ЧЕРВ'ЯЧНИХ ПОВЕРХОНЬ ВАЛІВ** **190**

49. **Щабельський М.А., наук. кер. Онищук С.Г.** (Україна, м. Краматорськ, ДДМА) **АНАЛІЗ МЕТОДІВ ОБРОБКИ ГЛОБОЇДНИХ ЧЕРВ'ЯКІВ** **194**

50. **Щукин А.В., к.т.н., доцент; Орел О.В., к.т.н., доцент** (Україна, Харків, ХНАДУ) **МЕТАЛОГРАФІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОВЕРХНЕВОГО ШАРУ ДЕТАЛЕЙ ЗЕМЛЕРИЙНО-ТРАСНПОРТНИХ МАШИН З ІОННО-ПЛАЗМОВИМ ПОКРИТТЯМ** **198**

51. **Ярижко О.В. к.т.н., доцент** (м. Харків, Україна, ХНАДУ) **АНАЛІЗ НАВАНТАЖЕНОСТІ ТЕЛЕСКОПІЧНОЇ СТРІЛИ КРАНОВО-МАНІПУЛЯТОРНОЇ УСТАНОВКИ** **202**

Erjon Selmani, Supervisor Arian Bisha. (Albania, Tirana, U.P.T)

HOW THE GAS ESCAPE IN A COMBUSTION CHAMBER IS AFFECTED BY PISTON-RING TOLERANCES.

ABSTRACT:
One of the losses of an engine's combustion chamber is the gas leakage toward the crankcase due to imperfect sealing of the rings, commonly known as blow-by it affects the efficiency and emissions of the engine. The paper introduces the phenomenon through a brief bibliographic review and describes the equations that rule the ring dynamics, inter-ring pressures and mass flows. The piston and rings dimensions of a turbodiesel engine are investigated and upon being solved using Ricardo RINGPAK and Matlab, their impact on the sealing behavior and amount of blow-by gasses is analysed. According to results, the variation of diameters and heights on the piston and on the rings do not affect in the same way the sealing behavior of the ring-pack, regardless of the fact they both alter the inter-ring volumes. The land diameters are more important than land heights for gas flow accros the ring-pack. Furthermore, the second and third land are more important than the top land because they affect in a more marked way the amount of blow-by. On the other hand, the top land diameter seems to be less impactful on the blow-by values, and the same does the comperssion rings axial widths.

Keywords: *internal combustion engines, piston rings, gas escape.*

1 INTRODUCTION

Internal combustion engines plays an utmost importance on the transportation on road, sea and often in air. The power obtained from fuel combustion is used only partly due to several losses, namely thermodynamic and mechanic. Piston rings are the mechanical elements interposed between the piston and the liner to guarantee air tightness, oil distribution and oil scrapping. However, their tightness is not perfect and part of the intake gas mixture is lost toward the crankcase, known as blow-by gases. In addition, some trapped gasses may go back to the combustion chamber during the exhaust stroke and be ejected as unburned hydrocarbons, also known as blow-back. The amount of gas escape is dependent on many factors, which may be mechanical, thermodynamic, operational etc. In the revised literature is given a general overview of the dependence of the gas escape on some parameters but a deep investigation is missing. In the present paper, the effect of some of the most important geometrical features of the piston-rings region has been analysed and their effect on the gas flow has been investigated.

2 RING AXIAL DYNAMICS

Piston rings are curved beams with an end gap that must seal the contact and guarantee a radial force toward the cylinder liner. This force is an important element of the sealing capacity of a ring but the gap is the first way of escape for the high-pressure gas. In [1], a historic review of piston ring technology is given. The standard solution for the majority of the applications is a three-ring pack,

made by two-compression rings ad one oil-ring [2], however in literature different solutions have also been proposed [3]. In order to compensate the thermal expansion in axial direction, ring axial width is smaller than the respective groove height. This clearance is responsible for an additional way for the gas to escape when rings are in motion. Eweiss [4] and Englisch [5] are among the first scientific publications on this topic. They employed the ideal gas law applied to an orifice and made the assumption of adiabatic gas flow (no heat exchange with surrounding walls). Furuhama in [6] proved experimentally that the gas temperature in a region is almost the same to the wall temperature (Isothermal). Namazian and Heywood in [7] proposed more realistic models of the system, including ring motion, the effect of the squeezed oil on the grooves and the friction force due to the oil in the liner wall, according to Figure 1.

Equation 1 describes the mechanical equilibrium of forces, meanwhile equation 2 gives the ideal gas law combined with the continuity law, the flow was assumed to be fully laminar, isothermal and compressible.

$$(1)\quad mr\frac{\boldsymbol{d^2h}}{\boldsymbol{dt^2}} = F_P + I_P + F_F - F_S$$

mr = mass of the ring
h = ring-groove axial clearance
F_P = Force due to gas pressure
I_P = force due to inertia
F_F = Force due to the oil in the ring-liner interface
F_S = Force generated from the squeeze of the oil in the groove.

$$(2)\quad \frac{1}{RT}\left(P\frac{dV}{dt} + V\frac{dP}{dt}\right) = \left(\frac{dm_{in}}{dt} - \frac{dm_{out}}{dt}\right)$$

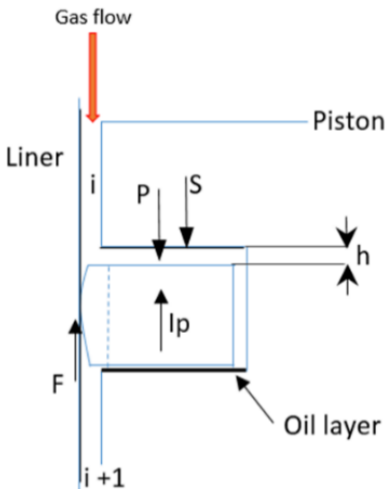


Figure 1: Ring axial movement

Similar models were also developed by Kuo et.al. [8], Keribar et.al. [9], Koszalka [10], Tian [11 12]. The most important forces are gas pressure and inertia, friction remains almost constant and of low magnitude. The most critical

situation is at high speed and low load, where inter ring pressures are lower and inertial force are higher. Under this situation the second ring flutters, increasing the amount of gas escaped in the crankcase. Ring lift is not uniform over its circumference and seems to lift initially near the gap. Tian in [12] explains in detail also the phases of the blow back.

2.1 RING RADIAL DYNAMICS

The radial degree of freedom of a piston ring, is imposed by the necessity to compensate thermal expansion. This motion of the ring gives the so-called "conformability" to the cylinder bore, i.e. the capacity to adapt to the bore surface. In Figure 2 are showed forces acting in the radial direction of a ring cross section. When the inward force overcomes the outward one, the ring face lifts from the liner and a direct path opens for the gasses, this is called "radial collapse" and sharply increases the quantity of escaped gas. Equation (3) models this motion of the ring

$$m_r \frac{d^2y}{dt^2} = F_{gas_{back}} + F_{tension} - F_{gas} - F_{Poil} \quad (3)$$

y = ring-groove radial clearance
F_{gas_back} = Force due to gas pressure at the ring back
$F_{tension}$ = Force due to the elastic property of the ring
F_{gas} = Force generated from the gas in the front face of the ring.
F_{poil} = Force generated from the oil in the cylinder liner.

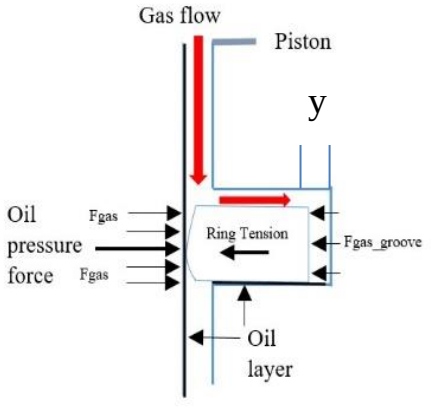
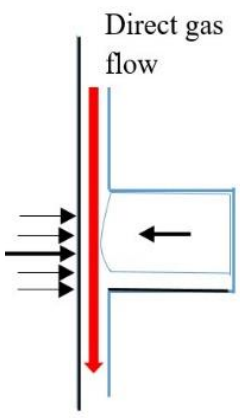


Figure 3: Ring radial movement



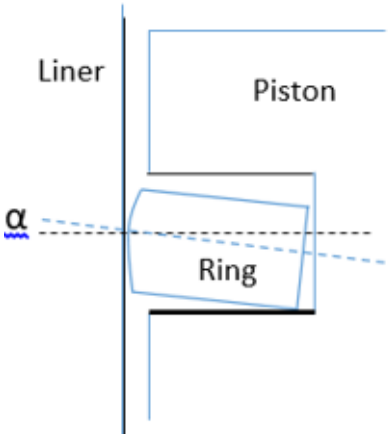


Figure 2: Ring twist angle

Dukes [13], recorded experimentally that collapse occurs when ring lifts from lower to upper groove flank. Tian in [12] and Rabutè et.al. in [14], discovered that radial collapse is sensitive to operating conditions, to the design of ring cross section and to the extent of lubricated area on ring face. Lijima et.al [15] and Przesmitzki et.al. [16] made experiments and observed the radial collapse.

2.2 RING TWIST

The third degree of freedom is the twist of the ring around its circumference axis. Figure 3 shows the positive twist angle for a ring section. When twist angle is accounted, the equation of the moments acting on the ring must include the effect of asperity of the contact and oil squeeze. References[9], [12], [17-18] addresses the topic.

Namazian [7] defines the blow by flow as a direct power loss and quantifies to weigh between 0.5 and 1.2% of the total cylinder charge for a new engine. The and efficiency loss from blow by were calculated to lay between 2-7%. According to Min [19] inter ring crevices are accounted to be responsible for nearly 38 percent of the total hydrocarbon emissions meanwhile Rao [20] quantifies power the effect of the gas leakage on engine performances.

3 SIMULATION

In [21] Selmani et.al developed a similar analysis for the blow by, where the investigated parameters were the ring gap variation, the ring mass variation and the static twist variation. In work [22] authors investigated the effect of the cylinder bore distortion on the sealing capacity of a ring-pack, analyzing separately each distortion order. In the present work the analysis was extended on the effect of the piston lands geometry and ring diameters, which affect the inter-ring volumes.

Table 1 summarize the parameters which were investigated and their magnitude of variation from the original value. In order to understand the impact of each geometrical feature, each of the changes has been analysed as a study case. Case 1 considers axially thinner top and second rings by 5 % with respect to the nominal design, all the remaining parameters of the rings or piston were left unchanged from the original. In case 2 the top land diameter was reduced by 0.5 % while in case 3 it was increased by the same amount. In case 4 the second and third land diameters were reduced by 0.5 % while in case 5 they were increased. In case 6 all the land heights were reduced by 5 % while in case 7 they were increased

Simulations were performed using RINGPAK Solver of ©Ricardo and Matlab®. The investigated engine was a turbodiesel engine of medium size, run at 2000 r.p.m. and at full load condition. The minimum oil film thickness on the cylinder wall was set to 5.4 micrometers. The piston section together with the nomenclature is depicted in figure 4.

Table 1: Piston land and Ring geometry variations

Case 1	Axial width ring 1 and 2: - 5 %
Case 2	Land 1 diameter : - 0.5 %
Case 3	Land 1 diameter : + 0.5 %
Case 4	Land 2 and 3 diameter : - 0.5 %
Case 5	Land 2 and 3 diameter : + 0.5 %
Case 6	Land heights : - 5 %
Case 7	Land heights : + 5 %

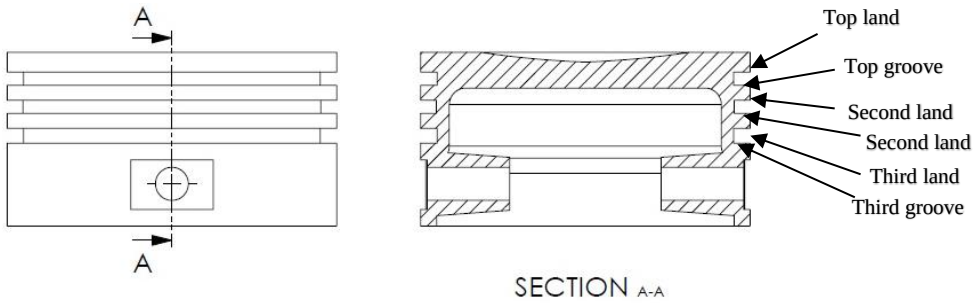


Figure 4: Cross section of a piston and nomenclature of the geometry.

4 RESULTS

The results are grouped for each simulation case. In Figure 5 are depicted the results for the "base" condition: 2000 r.p.m at full load, with the nominal design parameters of the ring and the piston. In this figure are given only the most relevant results from the simulation, which can allow to discuss about the gas and ring dynamics and to evaluate the sealing efficiency of the ring-pack. In particluar are given the ring axial positions, the ring radial positions, the inter-ring gas pressures, the total flowrates of gas mass and the cumulative blow-by, expressed as fraction of the base cylinder gas mass at BDC.

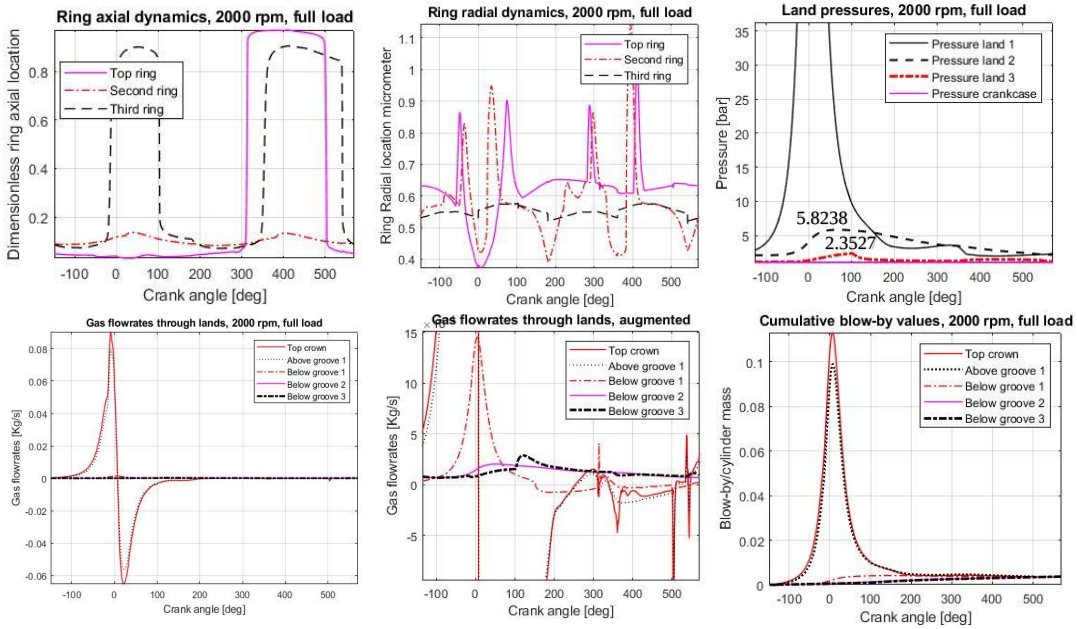


Figure 5 : Results for the base case.

According to Figure 4, at 2000 rpm and full load, the top ring lifts at the end of the expansion stroke, in correspondence with the second land pressure surpassing the first land pressure (crossover point). From mid of exhaust to mid of intake stroke it stays lifted, in contact with groove upper flank. The second ring stays sit on the lower groove flank meanwhile third ring lifts even during the expansion stroke, driven by the inertia force. The maximum pressure in land 2 is

5.82 bar while in the third land is 2.35 bar. Since the minimum oil film thickness is 5.4μm, no ne of the rings undergoes to radial collapse.

In the graphs that follow are given the gas flow rates across each land and the cumulative blow-by. The gas flow rates are calculated from the given equations, while the cumulated blow-by [kg] is obtained integrating the gas flows over the cycle time according to formula (4) below.

$$(4) \quad m_{blow-by} = \int_0^{t_cycle} \dot{m}_{gas-flows}$$

After being calculated, the values have been reported to the cylinder mass of gas when the piston is at the bottom dead center in order to obtain a fraction.

According to the gas flow rates graph, the amount of gas that flows below the second and third groove is entirely lost in the crankcase as blow-by, the flows above the second groove exhibit also a flow back to the upper regions. According to this graph, the positive values means a downward gas flow while the negative values means an upward gas flow. The integration of these flows allow us to understand the dynamics of the gas through the piston-ring crevices.

In the following figures the results obtained for each case of the table 1 will be discussed. Differently from the base case, here will be described only the ring axial and radial dynamics and the inter-ring gas flows, the cumulated blow-by will be given at the end of the section in a separated graph in order to make a comparison of the results. According to theory the gas flows are related to the inter-ring volumes, hence any change which increases these volumes would increase the flows and any volume reduction would reduce them.

Figure 6 show the results of case 1, where the axial widths of the top and second ring are 5 % smaller than the original design. Reducing the axial widths for the rings is equivalent to an increment of the ring-groove volume, this variation has also been mirrored in the results because the top ring lifts earlier and stays lifted up for a longer time. The second ring is stable while the third ring makes an additional motion by the end of the cycle. An earlier and longer top ring lift allows a higher amount of gas, which is also responsible for the increased pressure of the second land in comparison to figure 5. This pressure is responsible for the position of the top ring due to the increased force applied from beneath the ring. According to the second graph, all the rings were stable and made contact with the liner in the radial direction.

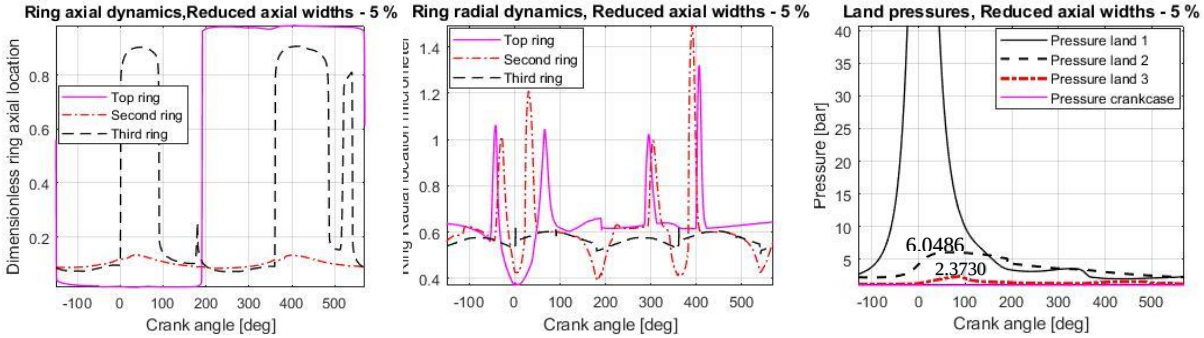


Figure 6 : Results for case 1.

In figure 7 are depicted the results for case 2 simulation, where the top land was reduced 0.5 % in diameter. This change allows to an increase in volume between the piston and the liner, but this volume is available for housing more gas at the combustion chamber level. The ring dynamics is similar to the base case and the same can be said for the inter-ring pressures. Nonetheless, the third land pressure is slightly higher than the previous cases.

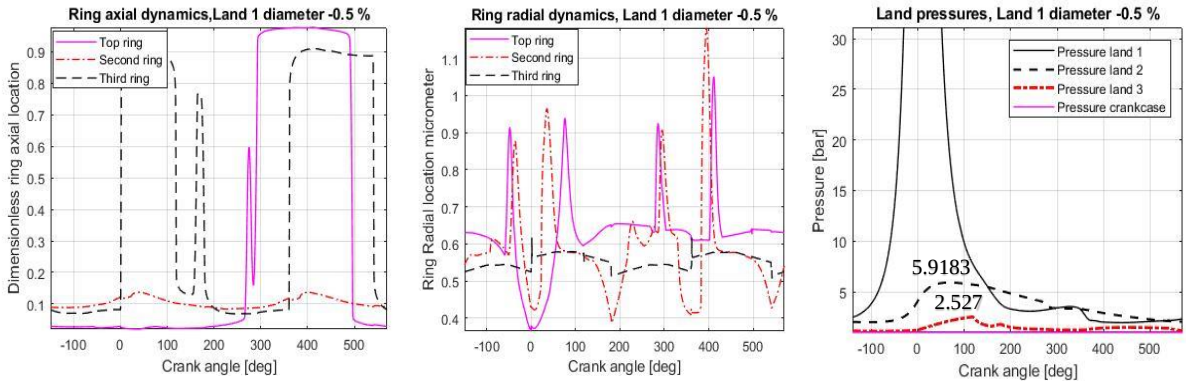


Figure 7: Results for case 2

Figure 8 gives the results for case 3, where the top land diameter has been increased with 0.5 % from nominal value. In this case the top land crevice is smaller than the base case, nevertheless the second land pressure is similar or even slightly higher than figure 7. The reason of such a small variation can be attributed to the top ring motion, which is more stable and lifts later in time. Furthermore, this variation increases the top land diameter and reduces the piston-liner crevice. The gas can flow anyway through this small orifice as long as the system is considered sealed in other parts, therefore there will be a pressure build up above this land, which will enforce more gas to flow through it.

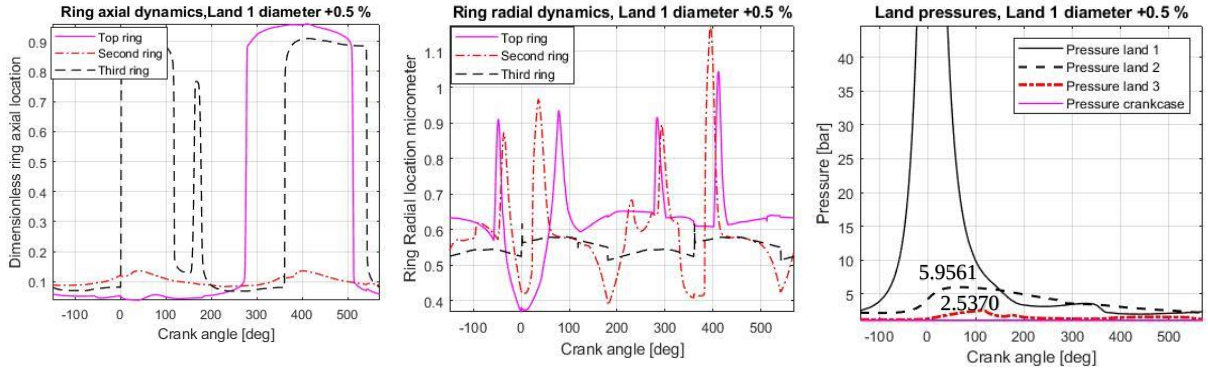


Figure 8: Results for case 3

According to the ring dynamics graphs, the axial motion of the top and second ring is similar to the base case while the third ring is more prone to move in this direction. The radial motion of all the rings suggests a stable behavior.

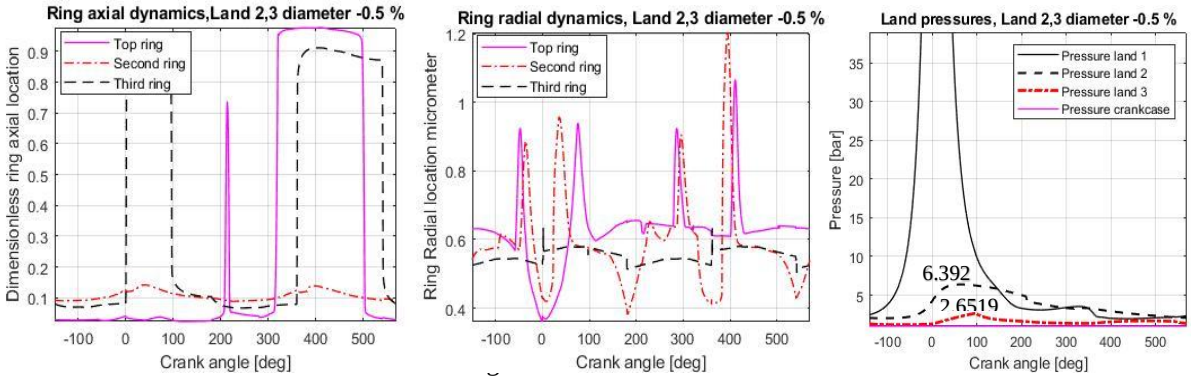


Figure 9: Results for case 4

In figure 9 are provided the results for case 4, where the second and third land diameters were reduced 0.5 %. As for the top land, this reduction will directly increase the inter-ring volumes. In this case the top ring experiences a slight lift-up at approximately 200 deg. crank angle and subsequently a usual lift at the end of the cycle. The second ring is stable at the bottom of its groove while the third ring experiences two lifts, both in correspondence of the piston motion reverse. The radial dynamics is stable for all the rings while the inter-ring pressure graph indicates a high value of the second and third land pressures. This result is in line with the expectations because a reduction in diameters in these regions directly increases the volume and the storage capacity. Hence, an increment in the capacity is equivalent to a higher amount of gas flowed.

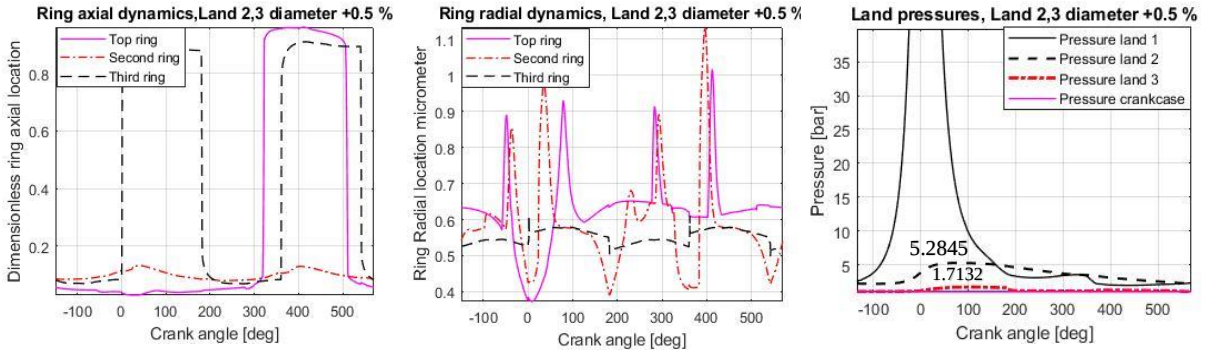


Figure 10: Results for case 5

In figure 10 are given the results for case 5, where the second and third land diameters have been increased by 0.5 %. This variation reduces the piston-liner gap and consequently there will be a smaller crevice for the gas to flow in these regions. The rings trend motions in the axial and radial directions are similar to the base case but the inter-ring pressures are noticeably different and smaller if compared to the base case and to case 4.

Figure 11 show the results for case 6 where all the land heights have been reduced by 5 %. In this simulation case the top ring experiences an earlier lift and this causes a high amount of gas to flow in the second land, confirmed by the high

pressure value. The third land pressure is high regardless of the second ring stability which is an indication of the gas flow though the gap, which is common for all the cases of this work since the second ring didn't moved during the cycle. The radial dynamics of all the rings shows a stable behavior for all of them.

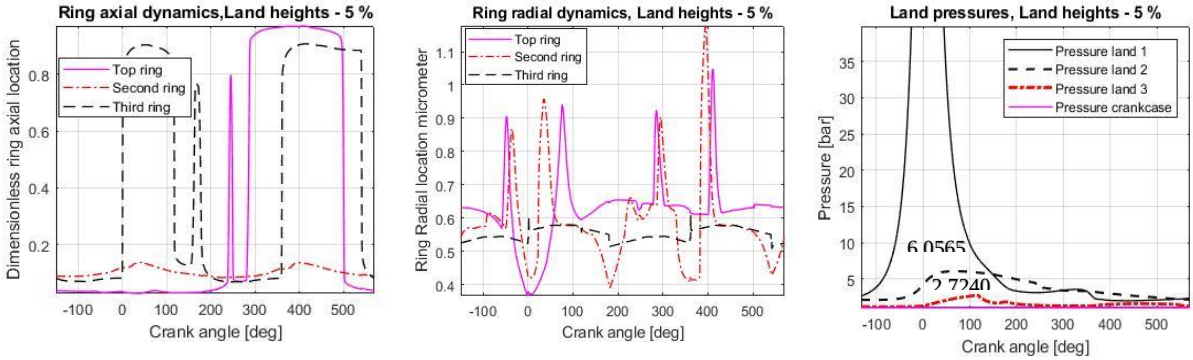


Figure 11: Results for case 6

Figure 12 gives the results of the simulation for case 7, where all the land heights were increased by 5 %. Regardless of an augmented volume of the inter-ring region, the inter-ring pressures are lower than the previous case and more similar to the base case in terms of maximum values. The ring axial motions indicates a top ring which experiences a short axial flutter in the region where the second land pressure is higher than the top land pressure (between 200 and 280 deg. crank angle). This behavior of the top ring goes confirms the theoretical expectations, because a higher second land pressure pushes the top ring up in its groove. The radial motion of all the rings is stable for the level of speed and load used in the simulations.

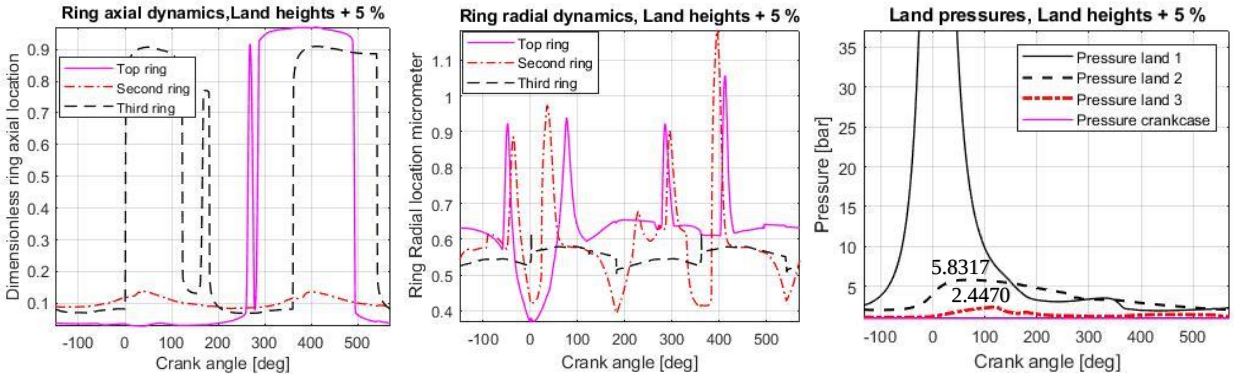


Figure 12: Results for case 7

5 DISCUSSION

In order to have a comparison between the different cases, the results obtained from the different simulations in terms of cumulative blow-by values have been grouped in one graph and plotted in figure 13. Referring to the figure, it is possible to see how the different cases affected the performance of the ring-pack.

As depicted, cases 4 and 5, which were referred to land 2 and 3 diameter variations, are responsible for the highest deviation from the base case results. The other cases showed to have roughly the same impact between them and above all they worsened the ring-pack effect.

The top land region, which was changed in the same range as the other lands, didn't affected the gas flow in the same way. In addition, it responded differently from the other lands, increasing the gas flow when the diameter increased.

The reduction of the compression rings axial width, affected the results in an expectable way, because the variation increased the inter-ring volumes and consequently more gas could be housed in these regions.

The land heights, which were changed with an order of magnitude higher than the diameters, affected in the same way in terms of total amount of lost gas in the crankcase. This result may be an advice to the lowest importance of this parameter on the phenomenon, but also to increase the understanding of the gas flow dynamics in the axial and radial direction, which was not the focus of the work.

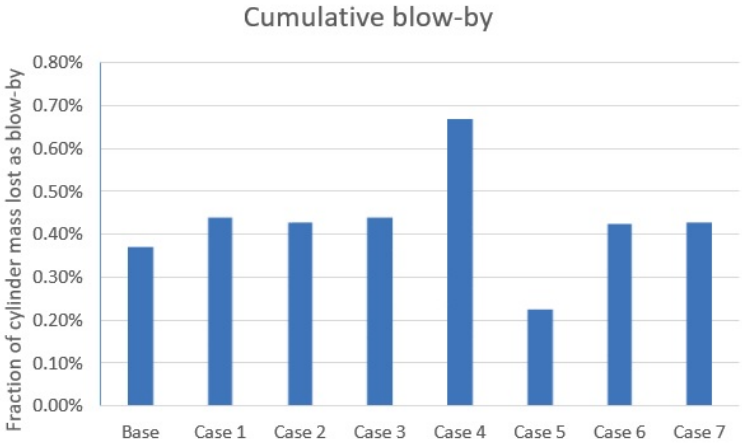


Figure 13. Results of the simulations

6 CONCLUSION

In the present paper the behaviour of a piston ring-pack was analysed in terms of sealing efficiency against the gas escape from the combustion chamber to the crankcase, which are commonly known as blow-by. According to previous studies piston ring is considered as a curved beam with three degree of freedom, two translations and one rotation around its central axis. Furthermore, gas flow between inter-ring crevices is considered as isothermal and compressible, the ideal gas equation is employed for modeling the gas dynamics. In this work the piston lands and ring axial widths were variated, within a standard range of variation, in order to investigate their effect on the tightness of the pack. All the changes were aimed to variate the inter-ring volumes. According to results, the ring-pack behaviour is highly sensitive to those volumes. The highest variation was seen when the second and third land diameters were variated within the range +/- 0.5%

from the original values, showing the highest deviation from the base case, increasing the blow-by when diameter was reduced and decreasing the blow-by when diameter was increased.

The other regions, namely the top land diameter, the compression rings axial widths and the land heights, all changed the results from the base case but they performed in almost similar way between them. In addition, all the second set of parameters showed to worsen the blow-by of the engine. These results indicate that the piston regions have different impact on the sealing efficiency of the pack. Among the two main parameters, land diameters and land and ring heights, the most important in terms of sealing efficiency showed to be the land diameters. Furthermore, the highest sensitivity was seen when the second and third land diameters were modified and the lowest when the top land diameter was variated.

The land heights didn't affected the blow-by with the same magnitude as the land diameters.

Common result for all the cases is the stability of all the rings in the radial direction, where no radial collapse was obtained from the simulations.

These results can be further extended to other ranges of speed and load of the engine, in order to understant the behaviour also in other regimes of work. Nonetheless, they can be used as a guideline when a piston and ring-pack set must to be modified or designed new.

7 REFERENCES

[1] Economou P, Dowson D and Baker A. Piston Ring Lubrication-Part 1. The Historical Development of Piston Ring Technology. J Lub Tech 1982; 104:118-126.

[2] Ellermann, Jürgen, Manfred D. Röhrle, and Herbert Schelling. Oil Consumption and Blowby of Truck Diesel Engines-Test Bench Results. No. 810937. SAE Technical Paper, 1981.

[3] Yoshida, Hideki, Hiroyuki Sugihara, and Kazunori Kusama. Practical Use of Two Piston Ring Set for Gasoline Engine. No. 950817. SAE Technical Paper, 1995.

[4] M. Eweiss: Forsch-h. 371 (1935)

[5] C. Englisch: ATZ, Jg. 41, HT, 22 (1938), S.579

[6] Furuhama, Shoichi, and T. A. D. A. Tosio. "On the flow of gas through the piston-rings: 2nd Report, The character of gas leakage." Bulletin of JSME 4.16 (1961): 691-698.

[7] Namazian, M., and John B. Heywood. Flow in the piston-cylinder-ring crevices of a spark-ignition engine: effect on hydrocarbon emissions, efficiency and power. No. 820088. SAE Technical Paper, 1982.

[8] Kuo, Tang-wei, et al. Calculation of flow in the piston-cylinder-ring crevices of a homogeneous-charge engine and comparison with experiment. No. 890838. SAE Technical Paper, 1989.

[9] Keribar, Rifat, Zafer Dursunkaya, and Michael F. Flemming. "An integrated model of ring pack performance." ASME, Transactions, Journal of Engineering for Gas Turbines and Power 113 (1991): 382-389.

[10] Koszałka, G. "Modelling the blowby in internal combustion engine. Part I. A mathematical model." Archive of Mechanical Engineering 51.2 (2004): 245-257.

[11] Tian, T., et al. "Modeling piston-ring dynamics, blowby, and ring-twist effects." TRANSACTIONS-AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS JOURNAL OF ENGINEERING FOR GAS TURBINES AND POWER 120 (1998): 843-854.

[12] Tian, T. "Dynamic behaviours of piston rings and their practical impact. Part 1: ring flutter and ring collapse and their effects on gas flow and oil transport." Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part J: Journal of Engineering Tribology 216.4 (2002): 209-228.

[13] de Dykes, P. K. "Piston Ring Movement during Blow-by in High-Speed Petrol Engines." Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers: Automobile Division 1.1 (1947): 71-83.

[14] Rabutè, Remi, and T. I. A. N. Tian. "Challenges involved in piston top ring designs for modern SI engines." TRANSACTIONS-AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS JOURNAL OF ENGINEERING FOR GAS TURBINES AND POWER 123.2 (2001): 448-459.

[15] Iijima, Naoki, et al. An experimental study on phenomena of piston ring collapse. No. 2002-01-0483. SAE Technical Paper, 2002.

[16] S. Przesmitzki and Tian Tian. An Experimental Study of the Time Scales and Controlling Factors Affecting Drastic Blow-by Increases during Transient Load Changes in SI Engines, SAE Paper 2008-01-0794

[17] Ruddy, B.L., Parsons, B., Dowson, D., and Economou, P. N., 1979b, "The Influence of Thermal Distortion and Wear of Piston Ring Grooves Upon the Lubrication of Piston Rings in Diesel Engines," Proceedings of the 6th Leeds-Lyon Symposium on Tribology, ASME, NY.

[18] Richardson, D. E. Comparison of measured and theoretical inter-ring gas pressure on a diesel engine. No. 961909. SAE Technical Paper, 1996.

[19] Min, Kyoungdoug, Wai K. Cheng, and John B. Heywood. The effects of crevices on the engine-out hydrocarbon emissions in SI engines. No. 940306. SAE Technical Paper, 1994.

[20] Rao, V. K., D. P. Gardiner, and M. F. Bardon. Effects of gas leakage and crevices on cold starting of engines. No. 940078. SAE Technical Paper, 1994.

[21] Selmani, E. Bisha, A. Delprete, C. Blow by gases from combustion chamber to crankcase. A dynamic analysis of parameters affecting the phenomenon. ,_1st International Conference "Engineering and Enterpreneuship" Proceedings ICEE-2017, Tirana, ALBANIA.

[22] Selmani, Erjon, Cristiana Delprete, and Arian Bisha. "Simulation of the cylinder bore distortion and effect on the sealing capacity of the ringpack." SN Applied Sciences 1.4 (2019): 314.

УДК 621.785

Gritsai N.A. Stetsko A.E., supervisor (Ukraine, Lviv, UAP)

THE NANOSTRUCTURE COMPOSITE DIFFUSION COATING AFTER BORIDING

It is advisable to change the sample surface areas for a large number of parts. For this purpose a promising technology development with strengthening Boriding backcoat (local Boriding), which takes place between the interim Boriding of powders and melts. Boriding is used to increase durability plugs oil pump drive five turbodrill, exhaust, bending and forming dies, parts, molds and machines for injection molding, heavy duty friction pairs, and so on. The stability of these parts after Boriding increases in 2 – 10 times.

Materials and Methods

As you know, Boriding is called chemical-thermal treatment, which is a diffusion saturation of the surface layer of boron steel by heating in an appropriate environment [1]. The thickness of the diffusion layer is 100 microns. Borovan layer has high hardness HV 1800–2000 (18000–20000 MPa), durability, corrosion resistance, cinder resistance (to 800ºC) and heat resistance.

In the study, AISI P20, H13 and D2 steels were pack borided at 900 and 950 C for retention times of 2, 4 and 6 h [2]. The hardness of borides that formed on the surface of AISI P20, AISI H13 and AISI D2 steels were 1897 HV(50 g), 1989 HV(50 g) and 1916 HV(50 g), respectively. On the other hand, the Vickers hardness values of the untreated steels were 532 HV(50 g), 485 HV(50 g) and 408 HV(50 g), respectively.

In work [3], the EN-GJS-400-15 cast iron was pack-borided in a powder mixture composed of 5% B_4C, 5% $NaBF_4$ and 90% SiC at the three temperatures: 900, 950 and 1000°C for 2, 4 and 6 h, respectively. The pack-borided EN-GJS-400-15 cast iron was characterized by the following experimental techniques: optical microscopy, XRD analysis and Microhardness Vickers tester. As a consequence, the boron activation energy was found to be 212.28 kJ mol^{-1} for the EN-GJS-400-15 cast iron.

In study [4] the behavior of the borided 316L stainless steel and 1018 steel is evaluated under micro-abrasion wear. The boriding was carried out at 1223 K over 6 h of exposure time, resulting in a biphase layer composed of FeB/Fe_2B phases. In order to evaluate Fe_2B phase with no influence from FeB phase, AISI 1018 steel samples were borided at 1273 K for over 20 min and then diffusion annealed at 1273 K over 2 h to obtain a Fe_2B mono-phase layer. Wear resistance of 316L stainless steel increases after boriding.

From the analyzed work, we can draw the following conclusions.

The surface layers covered hard phases type borides, nitrides et al. It is very difficult to provide high efficiency across a large number of defects that cause significant stress concentration. In addition, boride surface layer has a small thickness, which is not enough to abrasion wear. In this regard, there is a need to use new method of hardening machines, which would give an opportunity to get hardened layers of increased thickness were quite plastic, in the process of strengthening economic, and allowed to re-recovery of such parts.

Objective

Create a new economic method for strengthening steel surfaces of friction pairs by diffusion Boriding that provides selective strengthening of them (in the areas of load) and simultaneously is economically feasible to manufacture or restorate relevant details.

Discussion

It is suggested to apply boride with paste. Technology hardening of paste (coating) involves the following operations: preparation of coating; chemical coating; preparation of the surface reinforcing parts to saturation in pastes (coating); application of coating and drying strengthening; heat and endurance prepared according to the details given saturation modes; cooling and cleaning parts of paste.

Before the pouring process, the chemical coating of the Ni-Co-P of different 10 recipes is applied to the parts. The main components of the paste thoroughly mixed in a special mixer and diluted binder component to the desired consistency. As a binding material hydrolyzed Ethyl silicate, liquid glass, sulfite-alcohol bard, a solution of glue BF-2 in acetone, glue, etc are used. The consistency of the paste is mainly determined by the selected technology application in its detail: spraying, brush or diving. The thickness of the coating should be at 1.5 – 2.5 mm.

The case of studies to strengthen the samples of boron coating technology with heating by high frequency current is investigated [5], [6], [7]. Strengthening steel (0.45%C) carried by drawing on previously cleaned and degreased surface coating of coating and drying the air. Then Strengthening detail with image coating is heated at a temperature of 1150-1200°C by high frequency. The existing structure is reinforced with a layer of white layers (Fig. 1) and containing borides, has a thickness of 170 microns and microhardness 9000 MPa.

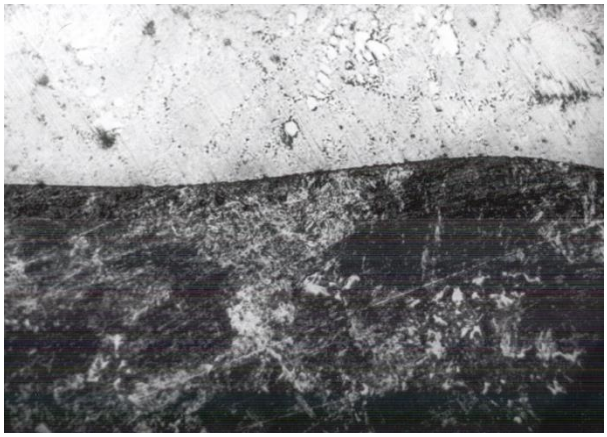


Fig. 1. Consolidated borovan layer obtained economical way to strengthen steel (0.45%C), magnification $^{x}600$

Often changing rotation surface and planar surface. This surface friction pairs "shaft-hub" or "slide-guide".

Strengthening of theresearch sample made of steel (0.45%C) is made by drawing on previously cleaned and degreased surface coating, comprising (wt.%) boron carbide–48; cryolite–16; iron oxide–4; sodium fluoride–4; liquid glass–8; 90% solution of glue BF and 10% acetone–20 of coating and drying it on air.

Then the Strengthened detail with the covered coating is set in the rotational installation centers of microwave and heat at 1150ºC during 35 seconds by the high frequency power 100 kW, frequency 0.066 MHz.

The finished hardened bushing is fixed in the hole of the hub of a Renewable detail. If necessary, the finishing processing of the work surface assembled parts si performed.

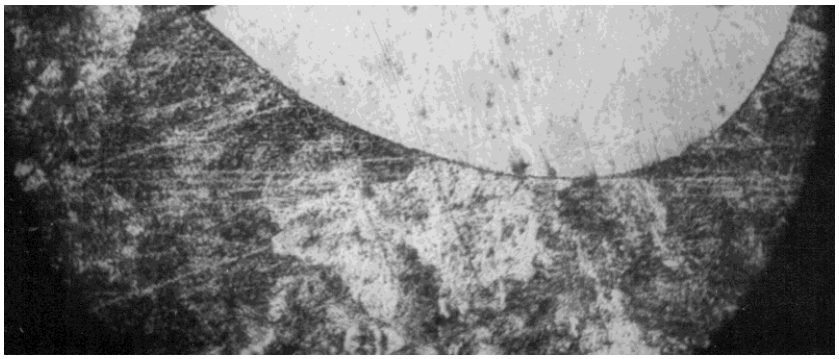


Fig. 2. Structure borides hardened layer obtained in steel (0.45%C), magnification $^{x}600$

In the study of the morphology of hardened covering the diffusion of individual Boriding backcoat with heating by high frequency current was revealed that coverage is not continuous strengthened across the whale surface. The structure of the coating was not solid, "spotted". Borides strengthens the coverage of about 90-95% of the surface (Fig. 2). This structure of hardened layers speaks about the selective saturation of backcoat adopted by modes. This may be a slight blowing of coating during the heating by high frequency, and therefore, lack of source diffusion element in these places.

This hardened layer structure during conjugate machine parts, work will realize the random wearing on the work surface – softer the hardness areas. Formed worn areas will serve as reservoirs for oil and also the reservoirs for product wear collecting. Such an implementation scheme is similar to wear composite material, which is currently the most promising.

Boron refers to the elements with a small atomic radius (0,91Å), which contributes the diffusion of boron in to steel. Boron stand elements that have minimal radius, and that diffuse into the iron by appearance (hydrogen, nitrogen, carbon) and elements that diffuse slowly – by substitution. Researchers are inclined to think that the boron solution forms a substitution of α-iron and appearance solution of γ-iron.

The solubility of boron in α-iron and γ-iron is low. After saturation of iron by boron the reaction of diffusion layer zone is seen under microscope (zone borides). In the system B-Fe reaction diffusion is carried out mainly by diffusion of boron through the borides layer to the main front of the reaction, that are posted on the phase boundaries between iron – Fe_2B borides and boride Fe_2B – boride FeB. Obviously, boron diffuses through the lattice borides in the form of positive ions.

Microhardness of the hardened layer (Fig. 3), received on steel (0.45%C) is at least 9000 MPa. The thickness of the diffusion hardened layer is 200 microns. The roughness is 1,6 - 1,25 microns.

Fig. 3. Microhardness boron hardened layer obtained in steel (0.45%C)

These figures of hardened layer obtained by Boriding from coating and heating by high frequency current are sufficient to strengthen the overwhelming amount of machine details wearing and as a result their, reliability and durability of parts, reinforced by this way. The thickness of the resulting hardened layer can be used to the method of repair sizes significantly which simplifies and reduces the cost of repeated restoration and repairment.

Conclusions

1. Positive is the use of high frequency settings. This reduces the duration of boriding to tens of seconds and significantly increases the speed of heating, providing fine-grained structure of steel of austenite. This structure increases the penetration of boron diffusion in to the core metal and its strength as a whole. Accelerating of heating rate and therefore heating exposure time allows to raise the temperature of heating to 150-200°C without the threat of metal structure change.

2. By adjusting the heating mode, it is possible to get not solid ("spotted") boron hardened layer that will work well in heavy wear (thickness of 200 microns and microhardness of at least 9000 MPa).

3. This method of strengthering makes it possible to strengthen when necessary only the separate working surfaces of details, including the large parts. The method is economical because the use of microwave heating provides fast (tens of seconds) heating without requiring special training of details from previous coating for protection against oxidation. The greatest effect is achieved in unalloyed carbon steel that gives reduce the cost of parts, significantly improving their basic characteristies.

References

1. *Luiz Carlos Casteletti, Amadeu Neto Lombardi, George Edward Totten, Encyclopedia of Tribology, Springer ScienceþBusiness Media New York 2013, 249-255.*

2. *Kara, R., Çolak, F. & Kayali, Y. Trans Indian Inst Met (2016) 69: 1169. https://doi.org/10.1007/s12666-015-0698-2*

3. *Azouani, O., Keddam, M., Allaoui, O. et al. Prot Met Phys Chem Surf (2017) 53: 306. https://doi.org/10.1134/S207020511702006X*

4. *Reséndiz-Calderon, C.D., Rodríguez-Castro, G.A., Meneses-Amador, A. et al. J. of Materi Eng and Perform (2017) 26: 5599. https://doi.org/10.1007/s11665-017-3004-0*

5. *UA 102035, C23C 8/68, C23C 8/70(2006.01), C23C 10/02, 27 May 2013, patent*

6. *UA 109096, C23C 8/68, C23C 20/08, 10 Jul 2015, patent*

7. *UA 117794, C23C 8/70, C23C 10/02, C23C 22/60, 25 Sep 2018, patent*

UDC 621.7/9.048

UDC 378.147.88: 621.3

Duvanskyi V. S., student (SHEI «DNTU», gr. PRMp-18, Pokrovsk, Ukraine)

Virych S. O., Ph.D., Associate Professor (SHEI «DNTU», Pokrovsk, Ukraine)

Nestoruk N. A., Ph.D., Associate Professor (HIFL SHEI «DSPU», Bakhmut, Ukraine)

THE EXPERIMENTAL ACTIVITY IS THE BASIS OF THE COMPETENCE OF MECHANICAL ENGINEERS

Abstract. *In work it is found out that professional competence in the projection on experimental research activities of mechanical engineers should be based (except for social, personal, general scientific and instrumental competences) on general professional and specialized professional competencies. Based on the practice study of engineers students of the mechanical profile training, it has been established that experimental studies in the process of studying professionally oriented (technical) disciplines of mechanical specialties have a leading role in forming a set of competencies in the future specialists sufficient for professional activity in conditions of a real production or training process.*

Keywords: *experimental research, competence, technical disciplines, mechanical engineers.*

Formulation of the problem. The analysis of the trainees and graduates activity on the industrial enterprises indicates that they have adequate knowledge of the modern and innovative technology, labor, economics and management, but not prepared to actual practice. Thus, there is an urgent need to training of the mechanical specialists, the formation of future specialists complex competencies sufficient for professional work in a real production or the educational process.

The analysis of studies and publications that highlight the decision of the given problem. The issues competences were considered by Wahlgren, B. [1], Blândul, V. C., & Bradea, A. [2], Zarubinskaya I. B. [3], etc. Meanwhile the basic element of qualitative training of students majored in mechanics subjects is not studied and specified enough.

The purpose of this article was theoretically substantiation competence complex for the professional activity of mechanical engineers.

Description of basic material. From a large number of definitions it follows that "competence is the ability to adequately select, combine and use knowledge, skills and other acquisitions in the values and attitudes that allow to successfully solve a certain category of the work or educational situation, as well as to achieve an effective professional and personal development" [1, 2 P. 335].

In engineering, as in many others activities, one of the methods of cognition is engineering experience. It is used in the design and development work, in the experimental and experimental stages of the development of new technology and etc. At the same time, engineering experience is applied limitedly in the process of technological or operational activities, and it is widely used in experimental studies conducting.

Limited application of the experiment in operational activities is due to the fact that the latter is oriented to servicing, industrial systems repair, as well as transporting, storing, preparing for the intended use (in particular installation, testing and commissioning) of production equipment. Operation involves monitoring the operation of equipment in order to ensure the optimal mode of its operation, control its operation.

In the professional activity of specialists in the mechanical profile, an important role is assigned to several areas that determine the subject-activity complex, which is formed by organizational and managerial and engineering-technical activities that cover the social and professional spheres of being a specialist [3].

Organizational and managerial activity of engineering employees provides systematic and purposeful leadership of the team in the production process.

Engineering and technical activity provides preparation of production, direct production, as well as maintenance of production facilities in the course of practical training. Engineering and technical activities have following components: design, technology, research, operational.

The design component of the specialists' activity of the mechanical profile in practical terms is guided by the development of new technology, refinement, modernization of the existing one. Results of the design activities are presented in the form of technical documentation designed to organize the production and operation of new equipment or the modernization of the existing one.

Technological component of the specialist's activity of the mechanical profile ensuring compliance with the design parameters of those production processes in which future specialists participate in the acquisition of practical experience and skills in performing technological operations, notes V. V. Borisov [4, P. 20-21].

Research component of the specialist's activity of the mechanical profile is directed to obtaining new scientific knowledge, clarifying and generalizing the already available ones. In the process of such activities, scientific assumptions are confirmed or disproved, new ways of known problems' solving are searched, etc., which, in our opinion, is an important element in the formation of the competence basis for the future specialist, his readiness for practical activities.

Depending on which methods (theoretical or empirical) prevail in the study, individual steps that are listed above can become irrelevant and not be included in the research plan. But practically in any research a special place is given to the experiment.

Since the experiment is usually a stage in a study in which, using certain empirical methods, some results are obtained, that are included in the so-called empirical research cycle, then in the future we can call this stage in the projection for educational activity experimental research and think of it as about a cyclic process in which several mental acts (steps) are used, successively replacing each other and interpolating the researcher closer to the informative result, on the basis of which it will be possible to formulate conclusions and propose

recommendations on the possible introduction of the obtained results into production or intellectual activity.

Experimental studies are studies based on an experiment, which is based on scientific experience or observing a phenomenon under given conditions and allows you to monitor its progress, control it, obtain the necessary data and restore it when the initial conditions are repeated.

"The subject of the technical disciplines study are real objects of practice – mechanisms, devices, machines, means of their construction, the effectiveness of their functioning, etc. These disciplines examine large classes of homogeneous objects (technical devices and machines of a certain class) and look for a correlation and transformations that make it possible to reduce complex and cumbersome tasks and calculations to simple ones. At the same time, theoretical knowledge is not separated from practice one (as in natural sciences), but combined with it" [5, c. 52].

Experimental research in the professional activity of electrical engineers begins to form the professional competencies (qualities) of the specialist, active management of the cognitive process associated with the analysis of the qualitative and quantitative characteristics of those objects, properties, qualities, characteristics, magnitudes, etc., are investigated in the experiment. Specificity of experimental studies in the activity of mechanics is the fact they are carried out for:

- theoretical obtaining of analytic dependence, which uniquely and exhaustively characterizes the investigation process;
- establishment of the dependence by theoretical means (which leads to an increase in the scope of the experiment);
– implementation of search activities to establish dependencies, which could not be obtained theoretically.

It was found out that professional competence in the projection on experimental research activities of mechanical engineers should be based (except for social, personal, general scientific and instrumental competences) on general professional and specialized professional competencies.

Among the general professional competencies that play a significant role in experimental research are those that are directed to:

- formation of basic ideas about electromechanical devices (objects), their diversity, understanding of their purpose and principles of work;
- mastering the methods of observation, description, identification, finding the features of the electromechanical devices (objects) functioning;
- maintenance of actions and operating modes of electromechanical devices (objects).

Among the specialized professional competencies required for the experimental and research activity of engineers of the mechanical profile are the following:

- to analyze, plan and organize experimental studies of mechanical devices (objects);

- apply general, technological, analytical and special methods of experimental research to determine statistical and dynamic characteristics, modes of operation of mechanical devices (objects);

- use professionally profiled knowledge in the field of mechanics for statistical processing of experimental data and mathematical modeling of mechanical phenomena and processes;

- apply the mathematical apparatus in engineering experimentation.

In the process of preparing specialists for conducting experimental research while mastering the content of technical disciplines, in addition to practical exercises, they take laboratory work, since they provide the opportunity to directly simulate situations in which the engineering experiment is the main means of obtaining information for decision-making, and also provide a source of practical experience for experimental activities.

Conclusion. Based on the practice study of engineers students of the mechanical profile training, it has been established that experimental studies in the process of studying professionally oriented (technical) disciplines of mechanical specialties have a leading role in forming a set of competencies in the future specialists sufficient for professional activity in conditions of a real production or training process.

References

1. Wahlgren, B. (2016). Adult educators' core competences. International Review of Education, 62 (3), 343-353. doi: 10.1007/s11159-016-9559-4.

2. Blândul, V. C., & Bradea, A. (2017). Developing psychopedagogical and methodical competences in special / inclusive education teachers. Problems of education in the 21st century, 75(4), 335-344.

3. Zarubinskaya I. B. Formation of social competence of students of higher educational institutions (theoretical and methodological aspect): [Monograph] / Irina Borisovna Zarubinskaya. – K. : KNEU, 2010 – 348 p.

4. Borisov V. V. Use of design and engineering tasks in the lessons of labor training / Vyacheslav Viktorovich Borisov // Newsletter of the Chernigov State Pedagogical University named after T. G. Shevchenko. – Release 93. – Series: Teaching Science / Head Editor M. O. Nosko. – Chernihiv: CNPU – 2011. – № 93. – p. 19–22.

5. Gryzun L. E. Determination of the specifics of educational disciplines of various types as one of the factors forming the content of higher professional education / Lyudmila Eduardovna Gryzun // Pedagogy, psychology and medico–biological problems of physical education and sport: Science journal. – 2008. – № 8. – p. 51-56.

A MECHATRONICS SYSTEM FOR MANIPULATION AND DETECTION OF CONDITION OF 35/6 KV ELECTRICAL SUBSTATION AT THE RTB BOR OPEN – PIT MINE

Milutin Živković[1]; Predrag Dašić[2]; Igor Jevremović[3]; Predrag Pravdić[4]
[1,2,4]Technical College of Applied Studies in Mechanical Engineering Trstenik (Serbia)
[3]Company "Ziđin Majning" – RTB - Bor (Serbia)
milutinzivkovicts@gmail.com; dasicp58@gmail.com;
zanatjevremovic@gmail.com; thepera81@gmail.com

***Summary**: At the Open-pit Mine Veliki Krivelj, electro-motor operative systems are used for the machinery. In case of network breakdowns and the need for an intervention, it is necessary to turn off the electricity, which is done manually, while the commands are transmitted via radio bands. However, accidents happen because of human errors. That is the reason for development of a mechatronics device that shorten the time needed for the operation and excludes possibilities for human errors. The system functions remotely, autonomously and via SMS commands.*

***key words**: electro drive, protection system, high voltage switch, GSM, SMS*

1. INTRODUCTION

Today, life is unthinkable without contact with electricity. It is necessary but, for life, it can also be deadly. For this reason, its use reduces the human feeling for all risky situations, which it can cause. In order to avoid risky situations, the basic safety rules, which derive from the manner of its use, must be respected, as well as all electrical systems and auxiliary devices. They can be classified as answers to a group of questions [1,2,3]:

- Electrical systems and tools must be designed and constructed for safe and safe operation;
- All electrical systems and tools must be used safely. Periodic testing must be in accordance with applicable regulations to guarantee the safety of electrical equipment;
- Electrical systems and tools should be repaired in a safe manner, allowing them to be safe and secure for future use.

The danger of electricity depends on the flow of electricity, which occurs when the worker comes into contact with parts under voltage. The same occurs as a result of damage to electrical equipment or a malfunction of the circuit. The value of the current flowing through the human body is defined by the "Law of the Om's", which defines the relationship between voltage, current and resistance. This means that the higher the voltage or the lower the resistance, the higher the current is. The current can be concurrent, moving in one direction or alternating, which means that it moves harmonically in both directions along the conductor. Any increase in voltage or current is potentially a danger to human health and life. Risks and safe ways of working with electric current are defined by the legal regulations and special instructions of the equipment supplier [1,2]. On the surface mine Veliki Krivelj - TRB Bor are also used electric powered machines

(excavators, drills, pumping plants, etc.), and distribution for their supply is distributed on the floors of the pit, fig. 1 [4].

Figure 1. Detail of work machine on pit "Veliki Krivelj"

The main power is supplied from the distribution plant (substation), and the distribution system is shown in Figure 2 [1]. In the excavation, there often occurs a collapse of the wall material and separation from the power supply due to sudden atmospheric precipitation. The exclusion, in the distribution plant, must be quickly realized because of the safety of people, machines and related equipment. Now the GSM port has been provided, after its intervention, by its restart. In the light of the above deficiencies, a more reliable and long-lasting control system (switching on/off) is proposed to eliminate the possible fault of the operator.

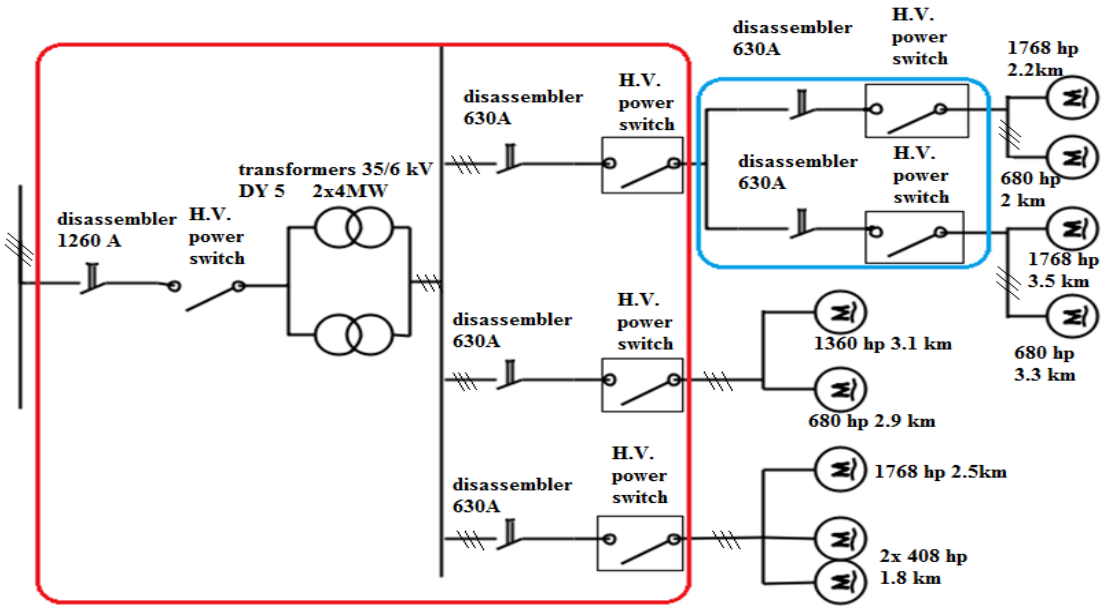


Figure 2. Simplified single-pole scheme of electrical substation and distribution of electrical power to the mine

As the excavation of the mine was covered by the signal of the mobile phone, it was suggested that the same be achieved with SMS messages. All this is provided by a developed mechatronic device, which can be found in applications similar to those used in power plants.

2. EXISTING SYSTEM OF PROTECTION OF ELECTRICAL SYSTEM ON PIT VELIKI KRIVELJ

Machinery and electrical distribution system operators, such as electrical machines of work machines, are arranged in the floor, i.e. at workplaces of excavators and drills. Due to the nature of the work, people are dealing with tasks that are performed at locations remote from the power supply system, i. substations. In all manipulations in the substation, which is designed to operate without a permanent crew - the executor (workplace "contractor"), it is necessary to hire an expert to perform these activities [2,3,4].

In the event of an electrical failure, due to unforeseen circumstances, as well as in all planned shutdowns (due to interventional operation of the network), which require dynamics and the process itself, it is necessary to react as quickly as possible i.e. turn off the power. Electric workers engaged in manipulation operations in the substation and at angular locations where high-voltage switches are located (due to labor shortages) are often needed in field work. Time spent on human development (to automata and substation) affects the reduction of productivity, slowdown and their efficiency.

In the event of a power failure, due to unforeseen circumstances, as well as in all planned disconnections (due to network operation), which requires dynamic and process of production, it is necessary to react quickly, i.e. turn off the power. Electric workers engaged in manipulation operations in the substation and at angular locations where high-voltage switches are located (due to labor shortages) are often needed in field work. The time spent on human development (on machinery and substations at the corner) affects the reduction of productivity, time lag and their efficiency. For this reason, the proposed mechatronic system would improve all this, through timely information, the speed of response and execution of tasks, but also to eliminate the human impact of error in high voltage manipulation tasks. Since one shift consists of four electricians, two of which are deployed for manipulation, such a system would double the number of workers in the field. The advantages of this system are to protect people from risky operations (explosions of low voltage high-voltage switches (VNP) due to degradation or lack of oil), eliminating the possibility of error (due to human factor) when multiple networks are running at the same time. It is possible to turn on the wrong network (where people are still engaged) or possibly turn off the wrong statement (to the mine). Wrong manipulations, when working with high voltage, are accompanied by accidents that can often be the dead end result. The pictures show the existing way of GSM communication, i.e. Request for disconnection from the network

(Figure 3) and receipt of this information by the emergency electrician, for separation, figure 4 [4].

Fig. 3. Request from the pit to turn for disconnection

Fig. 4. The receipt of the request of the power

Upon receipt of the information, the duty electrician goes to the main distribution cabinet (plant) and also excludes the power supply of the drive machines, figure 5 [4]. The same is turned off by the pushbutton distribution cabinet and by mechanical, i.e. by disconnecting from the power by pulling the handle down and fixing it.

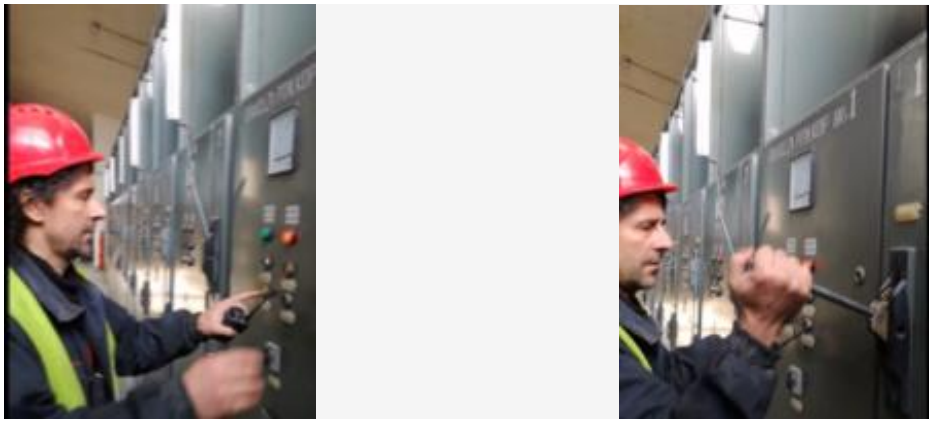


Figure 5. Example of disconnection from the power supply in the distribution cabinet

After turning off access to intervention on angular transformers or on electric drive systems of machines, see figure 6 [4]. The order of the re-engagement activity of the system under voltage is now reversed. It begins with the report that the intervention has been completed and the issuance of a warrant for the re-entry with the GSM connection as well as the information that it has been implemented, figures 7 and 8 [1]. All communications are documented by recording all communication activities.

Figure 6. Example of intervention on corner transformers

Figure 7. Turning on the power and noting that the system is under voltage

3. MECHANICAL APPROACH TO DESIGN A NEW SOLUTION FOR A MANUFACTURING MANIPULATED WORKS WITH HIGH VOLTAGE

Regardless of the type of mechatronic system, the fundamental principle of the operation of mechatronic systems is shown in figure 8 [5,6]. The process of the hierarchical method of analyzing the state of any technical system is shown in the form of six block units, as shown in figure 9 [5,6,7].

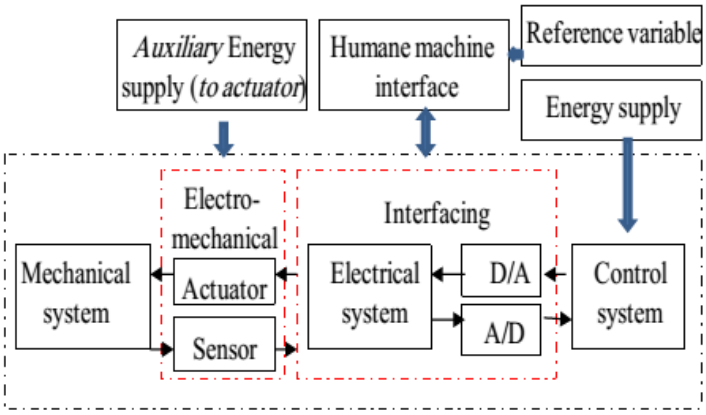


Fig. 8 Display of mechatronic system operations

The properties of mechatronic systems and products are systematized as:

- *Functional interaction* between mechanical, electronic and IT technology.
- *Spatial connection of the subsystem* into a functional whole; their intelligence is connected with the management function of the mechatronic system.
- *Adaptability*, convenience with which possible mechatronic products can be adapted to changing tasks and situations.
- *Multi-functionality* that relates to microprocessor functions determined by a built-in computer program.
- *Invisible functions performed by microelectronics*, hard to see and understand forconsumers/users.
- *Technological interdependence*, associated with available manufacturing technologies.

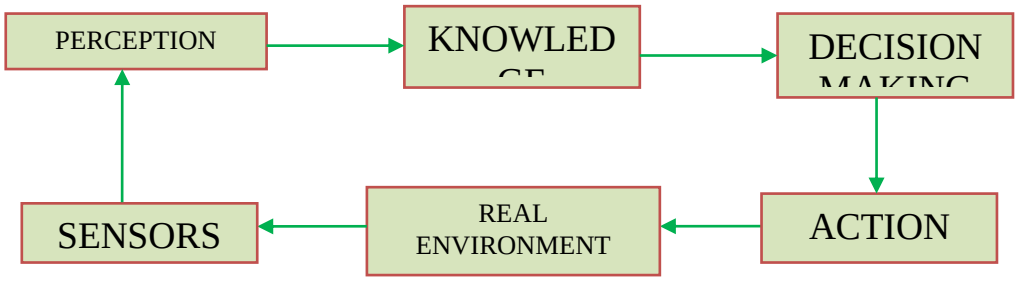


Figure 9. Process analysis of behavior/diagnostics of the state of the technical system

Distribution of mechanical and electronic functions:

- Decentralized electric drives with microcomputer control (such as multi-axis machining systems, automatic gears, etc.).
- Elastic (lightweight) constructions: damping with electronic/ectronic return connection (drive of a series of connected technical systems, elastic robots, modern space constructions, etc.).
- Total linearly linear mechanisms with appropriate feedback (hydraulic and pneumatic actuators, valves, etc.).
- Operator adaptations through programmable characteristics (automatic gas pedal control - for modern hydraulic pump drives, manipulators, etc.).
- Operating Characteristics - A Process of Adjusting Behavior Using the Management System With backlinks. This allows us to:
- Increases mechanical precision (by introducing a backlink).
- Enable adaptive compensation for friction.
- Model and adaptive control: allows for a wide range of operations (flow, power and speed control, various propulsion engines, vehicles, aircraft, various devices, etc.).

- Execution of extremely demanding control performance due to narrow (close) set (reference) size with functional constraints (motors, turbines, production lines for paper production, etc.).
- New features - they would not be possible without the built-in microtoprocessor and the corresponding ones control algorithms and sensors: Manage physically immeasurable variables (slipping on the frozen path, internal stress and temperature of the metal structure, damping parameters, angle and slip speed of the vehicle, etc.).

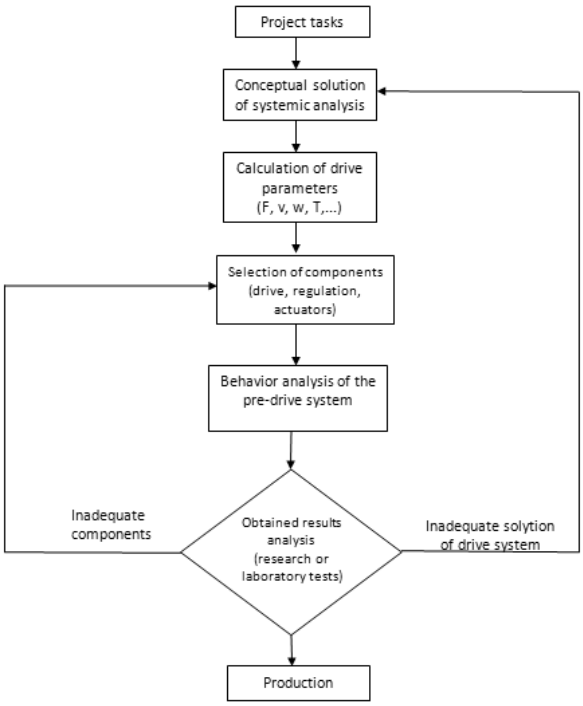


Fig. 10 Algorithmic principle of dimensioning of components of mechatronic systems

4. CHARACTERISTICS OF THE PROPOSED SOLUTION OF A MECHANICAL SYSTEM FOR MANIPULATING WORKS WITH HIGH VOLTAGE

The new system solution is an integrated electro-pneumatic functional control system designed in a functional unit: pneumatic actuator, data acquisition control system as well as actuator system with controlled operating parameters (included-off) VNP. As the source of power is used for safety reasons. The components of the device and its basic control modules are shown in figures 11. and 12 [1]. The value of the force is obtained by the calculation and the proven dynamometer of the built-in power supply to the VNP in RTB Bor. Calculation, checking and selection of the pneumatic cylinder was performed algorithmically according to figure 10. and the mode of its connection corresponds to the implemented (existing) mechanical protection system of the VNP (manual command). The position is controlled by the sensor [8]. The conceptual solution is

based on the ability to communicate with mobile telephony, thanks to network coverage on the dump. The wireless via SMS sends all the manipulations in the substation as well as the identification in the outage from the power supply system. Communications module with the microcontroller provides information about the state of the VNP (on-off), the PLC serves to control the electropneumatic divider, the relay for switching on and off and visual identification of the status user.

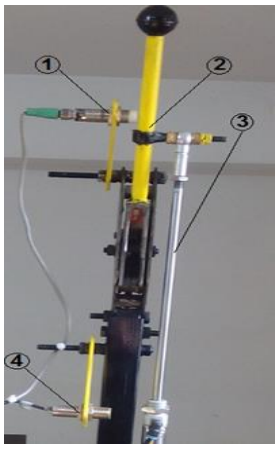


Figure 11. Connection of actuator connection with mechanical part VNP

1. Inductive passive proximity sensor (the lever is in the extreme worse position, the knives are connected to the sinks);
2. Lever of stophead; 3 Cylinder clip;
3. Inductive passive proximity sensor (the lever is in a short range of position, knife setters are responsible for the syringe)

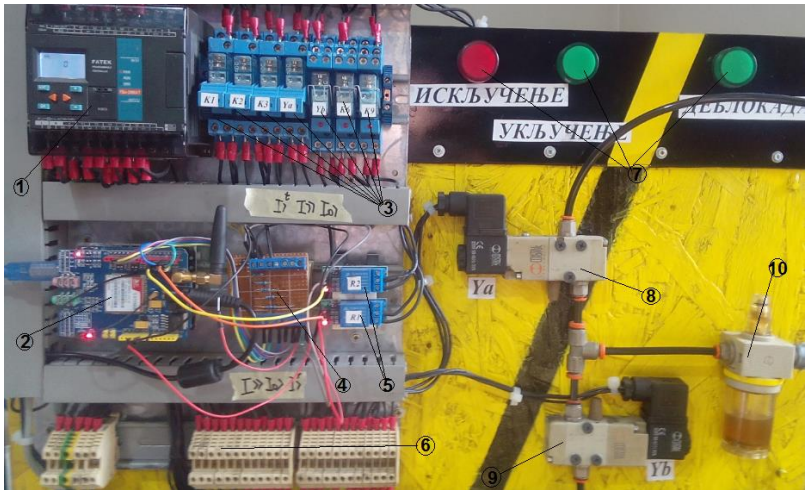


Fig. 12. The appearance of the command and control part of the actuator position control

Components on the control unit of a mechatronic device:

1. Logic Controller Program (*Fatek FB-s 20MAT*)
2. Module for mobile communication that is embedded in the development board (GSM/GPRS *SIM900 shield and Arduino Uno*)

3. RLI output of the PLC, from left to right (Push Button, Push Button, Push Button, Solenoid Push Button (Set), and Relay Signal for Handling Manipulation (Dollar Signal to Terminal 4.).
4. Terminal for signaling events in the development system (SMS notification)
5. Arduin name (sending a signal to the PLC for manipulating the inclusion of R1 and excluding R2.
6. Terminal for reporting the event signal in the development system (signals for manipulation of provisions on the PLC).
7. Light signaling. ; 8. 2/3 electronic valve (installation).
8. 2/3 electropneumatic valve. 10. Enamel.

5. CONCLUSION

This is a true basic design saver with a Mechatronic approach with all the specific properties. The paper focused on the control security systems of the undefined identification of the desired state of the VPN with the choice of control algorithms, the design of the actuator system (mechanical system - pneumatic cylinders) and their synergic integrations. The design and development of the mechatronic system of the implemented methodology defines the main concept of management with the specification of the main elements for controlling them. The proposed mechatronic system is being upgraded to the existing equipment and apparatus of the distribution plant, so that there is economic justification and sustainability of the proposed solution. It is not known that similar solutions are implemented in the next project task is to solve the problem of winding/unwinding of power cables on electric drive, which can be seen in figure 2.

6. REFERENCES

[1] SRPSKIH STANDARDA IZ OBLASTI ELEKTRIČNE OPREME NAMENJENE ZA UPOTREBU U OKVIRU ODREĐENIH GRANICA NAPONA, ("Sl. glasnik RS", br. 59/2014),

[2] PRAVILNIK O BEZBEDNOSTI MAŠINA ("Sl.glasnik RS", br. 58/2016) (pp. 65),

[3] Vukosavić S.(2010); ELEKTRIČNE MAŠINE, Univerzitet u Beogradu – Elektrotehnički fakultet – Akademska misao Beograd (pp. 613),

[4] Jevremović I. (2019); Integrisani elektropneumatski sistem za detekciju stanja visokonaponskog prekidača (VNP) – (završni rad) mart 2019,Viska tehnička mašinska škola strukovnih studija Trstenik,(pp.56)

[5] Farhan A. Salem (2015);The Role Of Control System/AlgorithmSubsystems In Mechatronics Systems Design, Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology (JMEST)ISSN: 3159-0040Vol. 2 Issue 10, October – 2015, JMESTN42351005 (pp. 2717 – 2732),

[6]Rolf Isermann (2007); Mechatronic systems—Innovative products with embedded control, ELSEVIER, Control Engineering Practice 16 (2008) (pp.14 – 29),

[7] Živković M., Miljojković J., Petrović., Karić M. (2017); BASIC CHARACTERISTICS OF DESIGNING MODERNMECHATRONIC SYSTEMS, Informacione tehnologije, obrazovanje i preduzetništvo,Čačak ITOP 17, (pp. 405 - 414),

[8] FESTO (2018); Sensoren135217 de 2018/08–Änderungen und Irrtümer, (pp.20),

Nikšić, D. student of Graduate study, **Milinović, A.** Menthor, **Filipčić, E.** student of Undergraduate study (MEFSB, Slavonski Brod, Croatia)

CHARACTERIZATION OF SURFACE LAYER OBTAINED BY BORONIZING OF C45 STEEL

This study deals with characterization of surface layers obtained by pack boronizing C45 steel at 870 ℃ for 6 h. Analysis is performed to assess average thickness, change of volume share of boride phase and the surface microhardness in the layer cross section. Thickness of obtained layer varies in range from 76 to 97 μm, with average value of 81 μm. As the hardness, results indicate that cross sectional changes of surface hardness strongly depends not only on hardnesses of base material and obtained borides, but on their volume share as well.

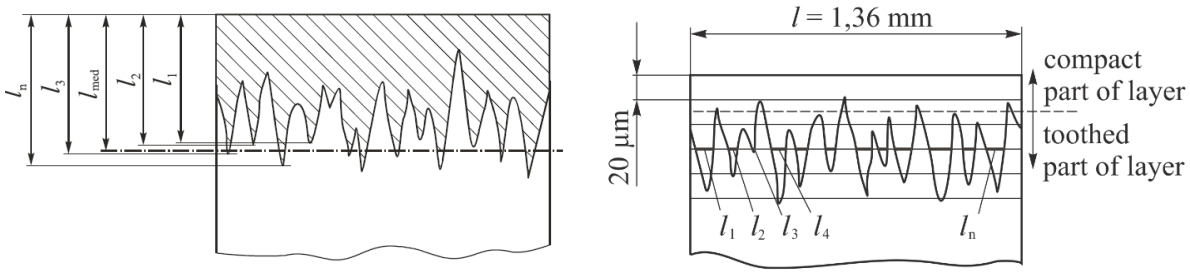
INTRODUCTION

Tools and the majority of machine parts are commonly exposed to wear during their use, so surface properties are often most important for their reliable and long service life. A number of treatments for obtaining acceptable surface properties are developed within surface engineering. One of the treatments for improvement of surface properties developed within surface engineering is boronizing. Boronizing is thermo-diffusion process in which boron atoms at elevated temperatures diffuse into a metal surface and form intermetallic compounds with atoms of base metal. Resulting boride layer is extremely hard and increases abrasive wear resistance, as well as resistance to adhesion wear and corrosion. As the wear resistance, boride layer is suitable for application at elevated temperatures since it maintain hardness up to 900 °C. Moreover, above 650 °C oxidation of boride layer occur which causes friction coefficient decrease [1,2]. With proper selection of boronizing parameters and materials, machine parts lifetime can be extended 3 - 10 times [3]. Boronizing can be carried out in solid, liquid or gaseous media, and the most frequently used is pack boronizing. Boronizing of carbon steels is usually carried out at temperatures 800 - 1050 ºC K and treatment durations 1 - 12 h. Obtained surface layer has saw-tooth morphology, and may consist of one iron boride phase (Fe_2B) or can be dual-phased ($FeB+Fe_2B$). FeB is harder (1800 – 2100 HV) than Fe_2B (1400 – 1600 HV), however it is considered as an undesirable due to its brittleness. Furthermore, since FeB and Fe_2B borides have different coefficients of thermal expansion, crack formation on FeB / Fe_2B interface can often be observed [3-6]. The main objective of the present study is to investigate boride layer obtained by pack boronizing of C45 steel, in terms of analysing the thickness, cross sectional changes of volume share of boride phase and hardness of the obtained layers.

EXPERIMENTAL INVESTIGATIONS

For this study C45 carbon steel is used. Specimens with nominal dimensions Ø16x7 mm have been cut, cleaned and ground using 600 grit emery paper. Pack boronizing is carried out at 870 °C for 6 h.

The morphology and types of borides formed on the surface of the treated steels were confirmed by means of optical microscopy. Average boride layers thicknesses were determined using metallographic line method (shown in Fig. 1 a), and digital Leica MW software [tv 9, 10]. Change of volume share of boride phase concerning cross section of the layer is estimated by the line method at every 20 μm (as in Fig. 1 b). Volume share of boride phase is calculated as the ratio of the sum of all line segments that pass through this phase and the total length of the line. The cross sectional microhardness of boride layers is estimated at every 20 μm by means of the Vickers method test load of 0,981N (HV0,1).



a) b)

Fig. 1 Metallographic examinations of boride layer: a) determination of average thickness; b) determination of volume share of boride phase

RESULTS AND DISCUSSION

Microstructure examinations revealed presence of Fe_2B boride. Measured thicknesses varies in range from 76 to 97 μm with average value of 81 μm. Microstructure of obtained layers is given in Fig. 2. Borides formed on steel surface are compact, porosity free and have pronounced saw-tooth morphology that is characteristic for layers obtained on unalloyed or low alloyed steels. Since carbon practically do not dissolve in iron borides, it will be suppressed under boride layer causing higher share of pearlite in diffusion zone, so higher hardness in diffusion zone compared to the hardness of the core can be expected.

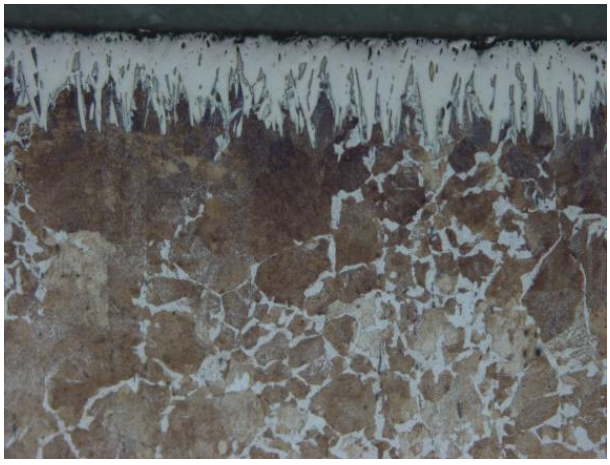


Fig. 2 Microstructure of obtained boride layer

Analysis of volume share of boride phase concerning cross section of the layer was conducted on micrographs captured with 100:1 magnification and for additional accuracy digital magnification was used. Results (Fig. 3) represent mean of 3 measurements for each distance from surface. It can be observed decrease in volume share with increase of distance from the surface due to saw-tooth morphology of layer.

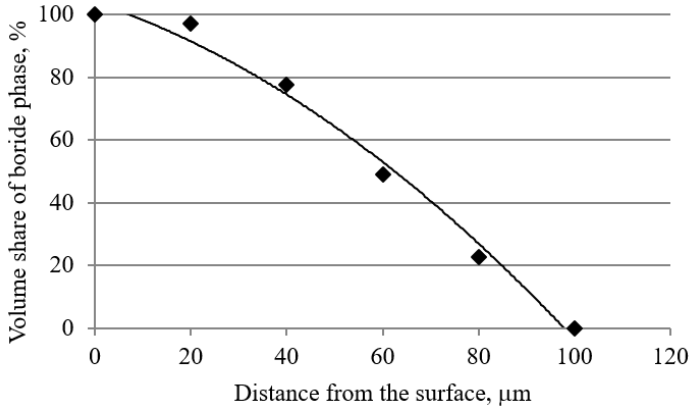


Fig. 3 Cross sectional change of volume share of boride phase

Microhardness of Fe_2B varies between 1463 and 1646 HV with average value of 1549 HV. Cross sectional microhardness is estimated at every 20 μm based on hardness of boride layer, hardness of base material in diffusion zone (Table 1) and theirs volume share according to expression:

$$HV = v_B \cdot HV_B + (1 - v_B) \cdot HV_{BM} \quad (1)$$

where is: HV - hardness of surface layer at observed depth, HV; H_B - hardness Fe_2B, HV; H_{BM} - hardness of base material at observed depth, HV; v_B - volume share of Fe_2B at observed depth, %; $(1 - v_B)$ - volume share of base material at observed depth, %.

Table 2 Microhardness of base material in diffusion zone, HV

Distance from the surface, μm	20	40	60	80	100	120	140	core
HV_{BM}	1020	739	506	340	260	224	215	199

Based on measured hardnesses, volume share of phases and equation (1) cross sectional change of surface layer hardness is calculated and given in Fig. 4. According to the hardness curve, surface layer can be portioned on three areas. Area I is part where the boride layer is still compact so the hardness is very high. Area II is characterised by pronounced hardness decrease due to significant decrease of volume share of boride phase due to saw tooth morphology of boride layer. Additionally, content of supressed carbon also reduces with increasing

distance from surface, resulting decrease in hardness of diffusion zone. Area III is base material.

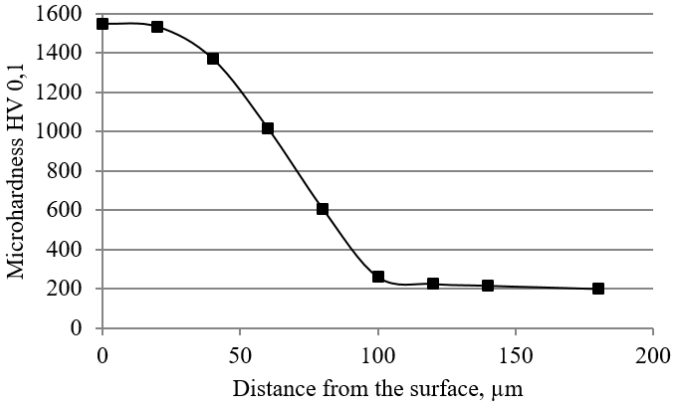


Fig. 4 Microhardness of surface layer

CONCLUSION

Boride layers formed on steel surface are compact, porosity free and have pronounced saw-tooth morphology that is characteristic for boronizing of unalloyed or steels. Obtained layer consist of Fe_2B boride with average thickness of 86 μm. Volume share of boride phase decreases with increase of distance from the surface due to saw-tooth morphology of layer. Surface hardness considerably changes with depth, mainly due to decrease volume share of boride phase, but also due to decrease in hardness of base material in diffusion zone. Based on hardness, surface layer can be portioned on three areas. Area I corresponds to compact part of boride layer. Highest hardness values indicates that highest wear resistance can be expected in this part of layer. Area II I corresponds to "toothed" part of the layer and it is characterised by pronounced decrease in hardness. Compared to area I, lower wear resistance can be expected in this part of the layer. Area III is base material with lowest wear resistance.

REFERENCES

1. Matijević B. Evaluation of boride layer growth on carbon steel surfaces / B. Matijević // Metal Science and Heat Treatment – 2014. – Vol. 56 – No. 5. – P. 269-273.

2. Atik, E.; Yunker, U.; Meriç, C. The effects of conventional heat treatment and boronizing on abrasive wear and corrosion of SAE 1010, SAE 1040, D2 and 304 steels / E. Atik, U. Yunker, C. Meriç // Tribology International – 2003. – Vol. 36 – P. 155-161.

3. Stewart K. Boronizing protects metals against wear / K. Stewart // Advanced Materials & Processes – 1997. – Vol. 151 – No. 3. – P. 23-25.

4. Krumes D. Površinske toplinske obrade i inženjerstvo površina / D. Krumes. Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu – 2004. – P. 103-114.

5. Yu L.G. FeB/Fe2B phase transformation during SPS pack-boriding: Boride layer growth kinetics / L.G. Yu, X. J. Chen, K. A. Khor, G. Sundararajan // Acta Materialia – 2005. – Vol. 53 – No. 8. – P. 2361-2368.

6. Genel K. Boriding kinetics of H13 steel / K. Genel // Vacuum – 2006. – Vol. 80 – No. 5. – P. 451–457.

Pereglin, L. student of Graduate study, **Marušić, V.** Menthor, Full prof., **Opačak, I.** mag.ing.mech. (MEFSB, Slavonski Brod, Croatia)

WEAR RESISTANCE OF STEEL X210Cr12 IN CONDITIONS BY OIL LUBRICATION

Abstract: In this paper the influence of hemp seed oil on the lubrication of two materials in sliding contact as well as the tribological effects of this oil was analyzed. Tribological examination was performed with help of the method by ball and flat disk on tribometer with alternating motion (eng. ball on flat). Material selected for the ball is AISI E52100 steel, while for the disk sample was selected X210Cr12 steel. The examinations were performed for three different oscillation frequencies: 10, 15 and 20 Hz, whereby for each frequency the loads of 10, 13, 16 and 19 N were changed in duration of 30 minutes for each examination, whereby the final result was shown by measuring the loss of sample mass. During examination, the oil showed a very good physico-chemical and tribological properties at higher loads and lower oscillation frequencies and can therefore be used as a lubricant in industrial applications.

INTRODUCTION

Because of the growing care for the environmental and pollution generated by the application of commercial mineral oils and very good lubrication properties that show during examinations in recent years the use of vegetable oils as lubricants in various industrial areas is becoming increasingly higher. The advantages of these oils are reflected in low environmental pollution, simple additive combinations, biodegradability, low production costs, low toxicity, high point of ignition, low volatility and above all high viscosity [1]. Therefore, vegetable oils are present a very good alternative to oils obtained from oil refining. All vegetable oils from a chemical point of view have a triacylglycerol structure and they are chemically composed of saturated and unsaturated fatty acids. The aim of this research is to investigate the influence of hemp oil as a lubricant on the intensity of material wear.

EXPERIMENTAL PART

The procedure of wear examination was performed on tribometer TR-BIO 282 (Ducom instruments) by the method of linear sliding of ball on the disk (eng. ball on flat). Ball by diameter 10 mm and hardness 60 HRC, was made from steel for bearings AISI E52100. It was located and attached to the ball carrier and is in contact with the disk. Disk by diameter 25 mm and thickness 6 mm, was made from steel X210Cr12, similar mechanical properties as ball (hardness 60 HRC). It was located to the disk carrier by diameter 50 mm and thickness 6 mm. Between them the raw hemp oil was applied (without additives), by dosing three drops of oil with the help of a laboratory pipette. During examination the oscillation frequency of ball and load was changed to determine the behavior of the oil under different conditions. The load was changed in the values of 10, 13, 16 and 19 N at ball oscillation frequencies of 10, 15 and 20 Hz. The length of the path (reciprocating stroke length) that the ball was crossed during the examination was amounted to 8 mm. The duration of each test process was 30 minutes at room temperature (20

°C), which was enough to establish a stable state of friction factor. The temperature sensor (RTD) which was placed on the carrier near to the contact place of ball and disk, measured the changes of temperature during the entire wear procedure, and the temperature range was 37 °C to 50 °C. Weighing of samples during the entire test procedure was performed on the laboratory digital scale with an accuracy of 0.0001 g. In Figure 1 was shown the tribometer for sliding wear examination TR-BIO 282 on which was performed the testing procedure of ball and disk.

Fig. 1 Tribometer TR - BIO 282

The procedure of sliding wear examination with more details was shown schematic in Figure 2.

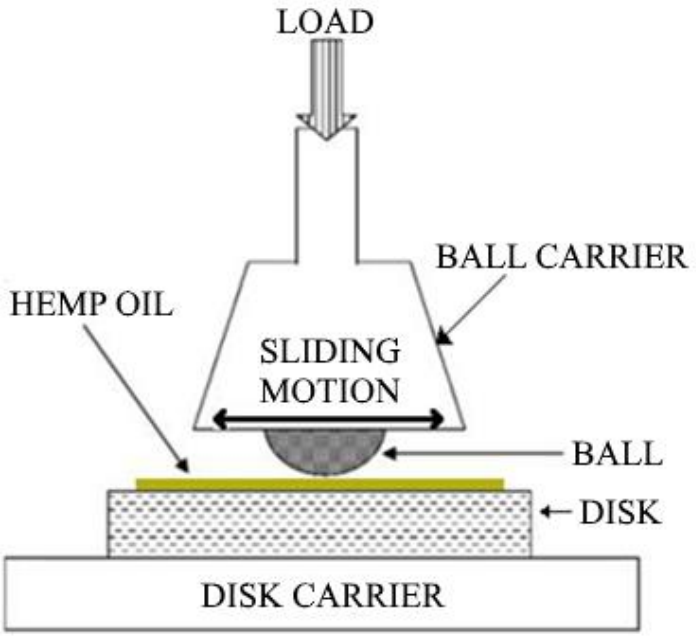


Fig. 2 Schematic representation of the examination procedure [1]

PHYSICAL - CHEMICAL CHARACTERISTICS OF HEMP OIL

In order to acquainted with the characteristics of the oil which was selected for examination, in Table 1 was listed the content of fatty acids that make up the chemical structure of vegetable oils, and in this examination it is hemp oil. It was noticed that the content of linoleic acid (C18:2) is significantly higher than the content of other acids contained in hemp oil. Total percentage of unsaturated fatty acids in hemp seed oil is high 84 % [2]. The content of oil in the grain significantly varies depending on the type and variety, as well as on treatment method of breeding hemp. Therefore, in the other data were noticed a small deviations in the oil composition, so in hemp from Novi Sad the percentage of linoleic acid is 55,5 % [3].

Table 1 The fatty acids content of hemp oil [3, 4]

Content of fatty acids, %	Hemp oil
C16:0	6.5 (7.32)
C18:0	2.6 (2.97)
C18:1 n9	11.1 (14.55)
C18:1 n7	1.1
C18:2	56.4 (55.5)
C18:3	16.2 (14.35)
C20:1	1.3
C22:1	-
$C_{18}H_{34}O_3$	-
Other	4.8

The very essential physical properties of each oil is its kinematic viscosity. In Table 2 it can be noticed that with the increase of temperature rise in the temperature range between 40 °C and 100 °C, is coming to rapid decrease of kinematic viscosity. From that it follows that hemp oil loses lubrication properties at high temperatures, which leads to increased wear, while at lower temperatures it shows very good lubrication characteristics, which results in reduced wear of the triboelements. Therefore, this oil represents a very satisfactory characteristics and possible application as a lubricant in the area of these temperatures.

Table 2 Value of viscosity and iodine [3, 4]

Properties	Hemp oil
Kinematic viscosity on 40 °C, mm^2/s	27.4
Kinematic viscosity on 100 °C, mm^2/s	6.9
Viscosity index	230
Iodine value, g/100g	170 (148)

It should also be noted that hemp oil has a high viscosity index value as compared to other vegetable oils, such as rape oil (viscosity index 218) and significantly higher than commercial mineral oils (mineral chainsaw oil), whose viscosity index is 95 by ASTM D2270 [5].

RESULTS OF THE EXPERIMENT

The procedure of examination begins by disinfection of ball and disk samples before the first weighing. After that followed the weighing of samples on the laboratory digital scale and then setting the samples in their carriers on tribometer and adjusting the test parameters. After the test process was started, the results are displayed in program WinDucom which is compatible with tribometer TR - BIO 282. When the test process was completed, followed by cleaning and weighing again of both samples with three repetitions, after which as the final result is taken the mean value of the measurement. The described measurement process was applied at each change of load and frequency. Samples after performed examination on tribometer TR - BIO 282 are shown in Figure 3.

Fig. 3 Samples after performed examination

Based on the measurement results, diagrams of the average loss of ball mass for all three selected test frequencies are created. The average loss of ball mass at oscillation frequency of 10 Hz was shown in Figure 4. It was noticed that at a frequency of 10 Hz and a load of 10 N and 16 N there was a more pronounced loss of mass, while at the largest test load of 19 N there was a slight loss of mass. Therefore, the loads of 13 N and 19 N at 10 Hz give satisfactory results in relation to the loads of 10 N and 16 N at 10 Hz, where increased mass losses are noticed.

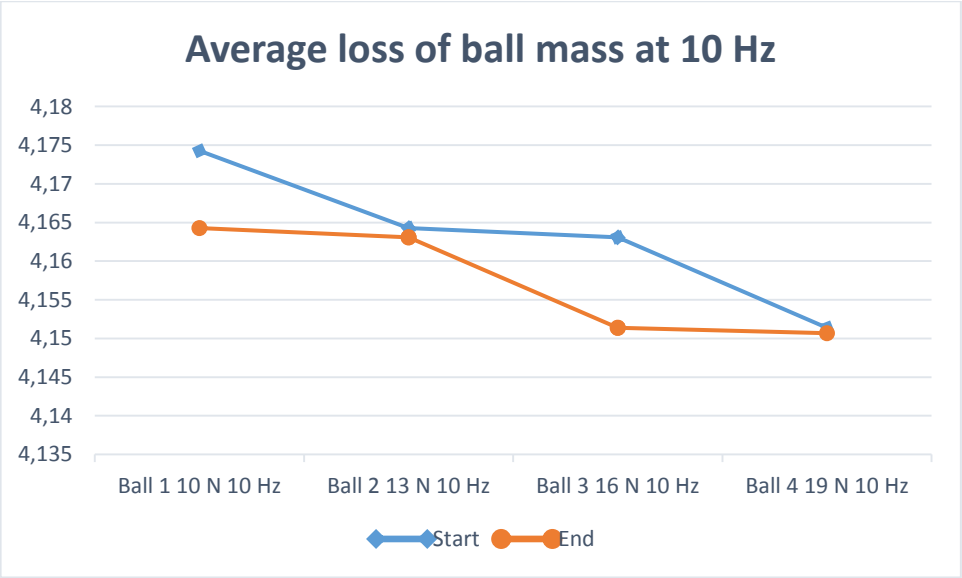


Fig. 4 Loss of ball mass at 10 Hz

The average loss of ball mass at oscillation frequency of 20 Hz was shown in Figure 5. It was noticed that at the lower loads of 10 N and 13 N the mass loss is not significant and that is satisfactory, while with increasing of the examination loads of 16 N and 19 N, there is coming to higher increase of mass loss.

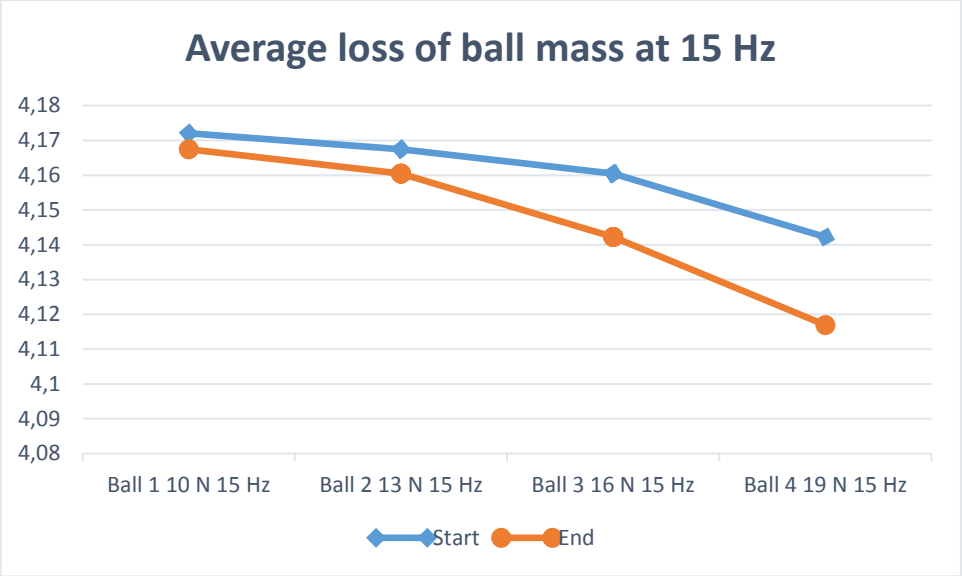


Fig. 5 Loss of ball mass at 15 Hz

The average loss of ball mass at the highest test oscillation frequency which amounted to 20 Hz was shown in Figure 6. Similarly to the frequency of 15 Hz, so at the frequency of 20 Hz, the increase of wear with an increase of load was noticed, just unlike of the previous frequency, in this examination the loss of mass or the ball wear is even more pronounced.

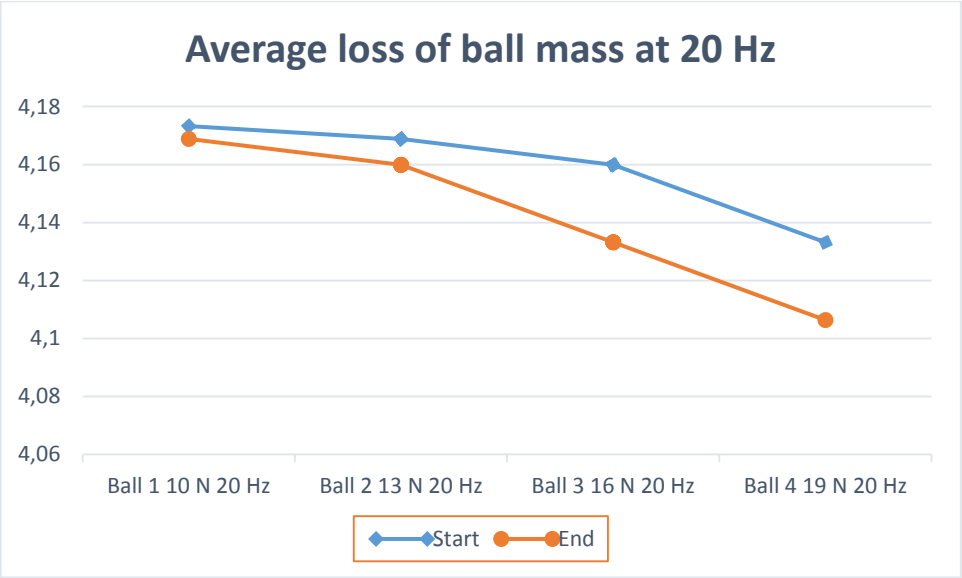


Fig. 6 Loss of ball mass at 20 Hz

CONCLUSION

The examination of tribological characteristics of hemp seed oil was performed on tribometer TR - BIO 282 for examination of sliding wear. During the process as a lubricant was applied the hemp seed oil to the contact surface between steel ball made of AISI E5210 steel and a disk made of X210Cr12 steel. The oil showed a very good physical - chemical properties and can therefore be used as a lubricant in industrial application. The examination was performed for three different oscillation frequencies of 10 Hz, 15 Hz and 20 Hz at four different loads of 10 N, 13 N, 16 N and 19 N in duration of 30 minutes for each cycle. Because of the very high kinematic viscosity value of hemp oil, which is higher than most other vegetable oils, it can be inferred that this oil can be applied at higher loads and lower oscillation frequencies, or lower sliding speeds, which was established by examination. Hemp oil has a fairly high value of ignition point which amounts 240 °C, as well as a boiling point > 300 °C, which is fairly higher values than most oils, especially mineral and vegetable oils, and hence represents a lower probability from ignition [2].

REFERENCES

1. Ruggiero, A.; D'Amato, R.; Merola, M.; Valašek, P.; Muller, M.: Tribological Characterization of Vegetal Lubricants: Comparative Experimental investigation on Jatropha Curcas L. Oil, Rapeseed Methyl Ester oil, Hydrotreated Rapeseed oil. Tribology International 109 (2017), 529-540.

2. Hemptastic, H.: Version 2, Auckland - New Zealand, 2014.

3. Dimić, E.: Hladno ceđena ulja, Tehnološki fakultet u Banjoj Luci, Novi Sad, 2005.

4. Kržan, B.; Čeh, B.; Košir, I.; Vižintin, J.: Study on the tribological performance of vegetable oils. Goriva i maziva 49 (2010) 4, 352-367.

5. Stojilković, M.; Vukolov, D.; Kolb, M.: Tribology testing of biodegradable oils. Goriva i maziva 53 (2014) 2, 129-138.

Shyshenko M. master, supervisor N. Tsyvinda, cand. of technical sciences, assistant professor, (State institution of higher education "KryvyiRih National University")

RESEARCH OF INFLUENCE OF THE METHODS OF PROCEEDING THE WORN-OUT SURFACES OF THE CAST-IRON ROLLS ON THEIR LONGEVITY

Analyzed microstructure of the superficial layer of the cast-iron rolls on the different stages: wear, renewal of the worn-out surfaces and microplasma strengthening, with the aim of providing of their longevity.

The problem and its connection with scientific and practical tasks. For the last decade the problem of increase of reliability of machines and mechanisms had an important value in exception. This problem is mostlyactual for such branches of industry, as machine-building and metallurgical, where equipment works in the closeworking conditions of high temperatures and loading.

The task of the operating cost cutting on repair of flatting mills can be solvedfirst of all by the increase of resource of details of responsibility, that wear out quickly. The increase of longevity of the detail is especially important, if work of high-performance aggregate depends on it, and its replacement is related to the outage. For example, on the states of quarto of the cold rolling of taggers tin the change of working rollers is conducted through each 3-4 hours of their works, thus on this operation it is needed 10-15 min, during that the state does not work.

Increase of life cycle of cast-iron rollers can be carried out due to proceeding in worn-our surfaces [1]. The problem consists in complication of observance of structure of material rollers made – СШХН - cast-iron 50 and СПХН - 69 at the influence of the temperature [2].

Together with the traditional methods of strengthening, such as heat, termochemical treatment, the methods of overcoatingspraying with the use of high temperature sources of heating. It can be related to their number of spraying with plasma, gas-flame spraying, detonation, ion-plasma, high-frequency and gumboil hard-facing. For spraying and hard-facing different powder-like and wire materials, including metallic, ceramic, ceramet, metallopolymeric compositionsare used. Using such coatings, it is possible in most cases to obtain the increase of longevity of details that wear out quickly, in 2...8 times. Lately the methods based on the use of local high temperature sources of heating are widespread, to that it is possible to take a laser, cathode-ray, plasma and microplasma [3,4].

Such method of continuation of operating properties of cast-iron rollers was offered after the detailed analysis of these methods [5], as a microplasma strengthening (Pic.1). Theadvantages of this method are the following - locality of heating and high concentration of thermal energy in the zone of heating, defence of metal processed from oxidization, and also relative simplicity and comparatively low initial cost of apparatus.

Under strengthening the row of requirements produced to the rollers, for example: rollers must be calibrated on a mill-roll lathe, the rollers of pre-clean groups must not have a net shaped roll marks. The state of the central openingsof the roller were checked up so as a bad central opening results in the "radial beating" of a roller body that affects stability of work of plasma arc and quality of the strengthened layer.

The strengthened layer is formed at the treatment of microplasmaarc with the successive forming of the circular path for one "pass" from its edges to the middle, and to the nearby - from the middle to the edges.

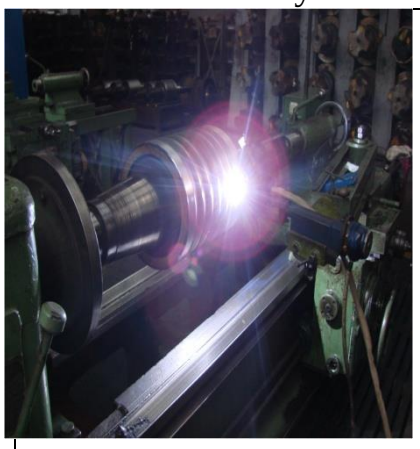
The compression of the arc is usually reached by its intensive cooling by the axial, radial or vertical flux of gas, and also liquid. Wringing out of post of arc allows stabilizing an anodic spotconsiderably, decreasing its moving on the processed surface, considerably to promote the closeness of the energy in an anodic spot.

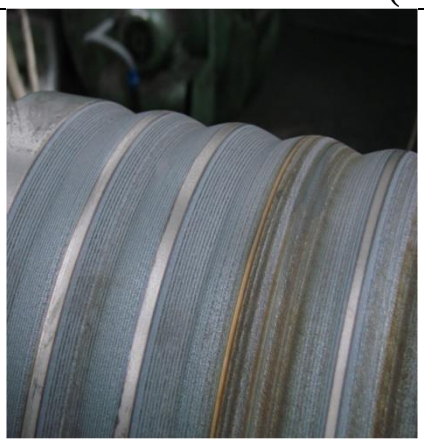
At treatment by a microplasma arc in the mode of burn-off it is possible to distinguish zones (Pic.2):

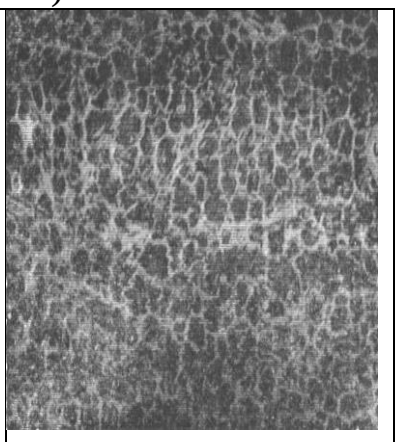
- the first zone is a burn-off, that consists of structure of finely dividedledeburite, areas from an austenite that was melted, and martensite;
- the second zone is transitional, that consists of finely dividedledeburite that appears in a place of cementite and round the graphite includings;
- the third zone is tempering on martensite;
- the fourth zone - phase of the partial transducing.

The geometrical sizes of zones depend on the technological parameters of strengthening and implementation of cast-iron. At strengthening with heating to the temperatures of tempering from the firmly-liquid state of the surface there being the last three zones in a structure. Treatment by a microplasma arc that provides strengthening from the hard state of the surface, stipulates formation of two last zones.

The results of research of structure of superficial layer of cast-iron roller showed after the microplasmastrengthening, that a strengthening effect was reached as a result of growing(to the size of 5 mkm) of pearliticformations against the outgoing 50.60 mkm, increased closeness of defects of crystalline structure, formation of finely dividedmartensite and ledeburite (Pic.3).







Pic.6 – Process of microplasma strengthening of the roller	Pic.7–Types of microplasma strengthening 1-smooth, 2-without burn-off, 3- with burn-off	Pic. 8 – Structure of strengthened cast-iron

Calculations show that maximal depth of the fortified layer with a burn-off and without the burn-off of the surface equals 1,4 and 1,0 mm accordingly. In this case hardness of the burn-off surface reaches 85-90 HSD, and without a burn-off - 80-85 HSD.

Conclusions and recommendations. The increase of microhardness correlates with an increase to the parameter of grate of austenite. Industrial researches of the fortified cast-iron rollers of pre-clean and clean groups of cages of the finely divided states showed the increase of work on a caliber in 1,3…1,5 times on comparing to the cast-iron rollers of current production. The increase of work is explained by structural changes that take place after microplasma treatment of roller materials.

Strengthening of body of rollers of the hot rolling from material of СШХН and СПХН is conducted middling by carbon chromic materials with hardness of working surface 53-57HRC. This technology allows to increase firmness of rollers in 4,5 times.

Thus at strengthening of the worn-out surfaces of cast-iron rollers with the use of high temperature sources of heating their lifetime on the data of the plant practice rises in average on 27%.

Thus, proceeding in the worn-out surfaces of cast-iron rollers byhard-facing and microplasma strengthening increases their longevity.

Bibliography

1. Merzlyakov V.I. Processing andrepairofcasting rollers. - M.:Metallurgizdat., 1957. 224 p.

2. Technical conditions specifications 27.5-24432974-001-2003. Bar cast-iron rollers.

3. O.E.Merlo. The quantity of casting rollers. - M.:Metallurgiya, 1966. 246 p.,graph.

4. Microplasma weld-out/Edited byB.Y. Paton. - Kiev: Naukovadumka, 1979. – 245 p.

5. KobyakovO.S., GinzburgY.G. Use of microplasmaheat intheprocessofhard-facing // Automatic welding. - 1985. - № 5. - 65-67p.

Strelina A.A., supervisor – candidate of technical sciences, prof. Ivanov V.G. (Ukraine, Kharkov, KNURE)

IMPLEMENTAION OF ROBOTIZATION IN MODERN MECHANICAL ENGINEERING

Robotization is a part of the integrated automation of production, its main component. In practice, this process involves using robots and robotic systems in enterprises on an industrial scale. Automatic lines can be equipped with industrial robots, which presence will be positively displayed on the functioning of the whole complex of equipment. Also, these mechanisms can be included in flexible automated production.

In the last decade, robotization has become a global trend, which gives push to the breakthrough development of enterprises. There is necessity to increase competitiveness, to create and introduce new technologies. In the context of market globalization, erasing borders, development of communications, competitiveness depends on quick reaction and more effectively solve tasks. It becomes necessary to apply new methods and decision-making tools in real time.

In January 2017, McKinsey Global Institute published the research about automation in the industry. Almost half of all paid jobs in the world can be fully automated. If we evaluate this in money, then in the near future each of them will receive less than about $15 trillion in wages.

Most part of the processes are subject to automation in the manufacturing industry, food industry, retail industry. Moreover, automation should affect not only on low-paid and primitive types of labor. Somewhere robots replace people at unhealthy production. Machines will take part of work away from people, who have high qualifications and high level of payment. In the US, 51% of professions soon will be changed because of propagation of machines.

Replacing people with robots will result a lower cost for specialists. This factor is important for developed countries, which have expensive labor force. In robotization of production, only one operator is required to carry out the processes. If robots are used incorrectly, if there are some mistakes in the configuration and if robotized cells placed irrationally, all this will lead an increase of actual processing time or an increase of the labor intensity, which will not give the desired savings. Even today machine operators outwardly differ from traditional workers around three or five coordinate machines. Increasingly, they have ergonomic joysticks in their hands, familiar to Nintendo joysticks. New materials and technologies are introduced, and the role of machines in production will manually increase. To handle this, the center operator won't have enough knowledge, for example, in materials science, machine tooling and complex documentation, which in recent years has been produced in 3D programs.

At the moment, we can talk about three generations of industrial robotics:

1. Programmable robots, which are related to the first generation. These machines could operate only within the framework of a given program;

2. Adaptive robots were the second generation in the robotization of production. Using sensors, these machines could analyze information from the environment and, depending on the obtained data, change their behavior during the operation;

3. AI third-generation robots have «common sense», they can differ outside world objects and act independently.

Also, industrial robots can be divided into several groups according to their occupation:

• performing the operations determined by the manufacturing technology - assembly, welding, painting, etc.;

• performing shipping and lifting operations, the supply of blanks and warehousing;

• performing actions of the first two groups.

The main goals of specialists in the robotics industry are: the desire for the maximum possible autonomy of devices; development of ways to maximize the security of human interaction and such a robotic mechanism; work in the most unstructured environment; the easiest management of systems programming.

The achievable effects of robotization in industry are proven and weighty:

• consistently high quality of performance;

• improving the performance and reliability of the equipment;

• work without interruptions and shifts in 24/7 mode;

• minimizing the impact of the human factor.

Literature:

1. Fundamentals of production at the enterprise industry: studies. manual / Ed. V. Ya. Pozdnyakova, E. S. Vasilyeva, O. V. Devyatkina. - M .: Publishing House of REU them. G.V. Plekhanov, 2012.

2. Suslov A.G. Engineering technology: textbook M; KnoRus, 2013.

3. Production and operations management: studies. manual / Ed. V.L. Popov. - SPb .: Peter, 2014.

4. Economics and organization of production: a textbook. / Ed. Yu. I. Treschevsky, Yu. V. Vertakova, L. P. Pidojmo; Avt.koll. Yu. V. Vertakova. - M.: INFRA-M, 2014.

5. Manipulation systems of robots / ed. A. I. Korendyaseva. - M.: Mechanical Engineering, 1989.

6. Mechanics of industrial robots: in 3 kN. / ed. KV Frodlova, E.I. Vorobieva. - M.: Higher. shk., 1988.

7. Design and development of industrial robots / ed. P. N. Belyanin, I. I. Shifrina. - M.: Mechanical Engineering, 1989.

8. Robotic technological complexes in GPS / N. M. Dovbnya [et al.]. - L.: Mechanical Engineering, 1990.

УДК 621.979

Біленець К.Є., Корчак О.С. (Україна, м. Краматорськ, ДДМА)

РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ЗБІЛЬШЕННЯ РЕСУРСУ БЕЗВІДМОВНОЇ РОБОТИ БАЗОВИХ ВУЗЛІВ ГІДРАВЛІЧНИХ ПРЕСІВ

Підвищення ресурсу безвідмовної роботи базових вузлів гідравлічних пресів на основі дослідження їх триботехнічних властивостей, а також розробка заходів зниження загального рівня їх зношення є вкрай важливим. Найбільш визначальними з факторів зношення є тиск сполучення поверхонь тертя та швидкість їх відносного переміщення у базових вузлах, а також рівень перепадів тиску та пов'язані з ним кавітаційні явища для корпусів і плунжерів силових гідроциліндрів.

Increasing the fail-safe operating resource of hydraulic presses base units on the basis of studying of its tribotechnical properties, as well as the development of measures to reduce the general level of its wear is rather decisive. The most important determinants of wear are pressure of friction surfaces coupling and the speed of its relative moving in the base units, as well as the level of pressure drop and related cavitation phenomena for the bodies and plungers of power cylinders.

У сучасних гідравлічних пресах відмови через зношування базових елементів систем керування та їх виконавчих механізмів можуть досягати 80-90% від загальної кількості всіх відмов [1]. При роботі силових циліндрів пресів відмови можуть наступати як наслідок [2]: зношення поверхонь до граничного стану; значної зміни коефіцієнта тертя та різкого його збільшення аж до схоплювання або заїдання у фрикційних і антифрикційних парах; кавітаційного руйнування; похибок монтажу тощо. У загальному випадку відмови внаслідок зношення визначаються наступними характеристиками зношування [3]: станом контактуючих поверхонь; наявністю змащувального матеріалу або іншого середовища; навантаженням; рівнем перепадів тисків; характером взаємних переміщень тощо.

Метою даної роботи є підвищення ресурсу безвідмовної роботи базових вузлів гідравлічних пресів на основі розробки заходів зниження загального рівня їх зношення.

Дослідженнями, проведеними авторам даної роботи та опублікованими у попередніх статтях [4, 5] встановлено, що найбільш визначальними з факторів зношення є наступні:

- тиск сполучення поверхонь тертя та швидкість їх відносного переміщення, для яких після припрацьовування та до граничного зносу швидкість зношення не залежить від часу, тобто є постійною величиною;
- рівень перепадів тиску та пов'язані з ним кавітаційні явища силових гідроциліндрів, в яких швидкість зношення з часом змінюється з можливим переходом зносу у руйнування внаслідок одночасного розвинення яскраво виражених зон кавітаційного роз'їдання та тріщин від втомленості.

При дослідженні ресурсу безвідмовної роботи базових вузлів гідравлічних пресів та послідуючій розробці відповідних заходів для зменшення зношення силових циліндрів необхідно базові вузли машини – силові циліндри та елементи станини – розглядати не окремо один від

одного, а застосовувати системний підхід, який передбачає врахування їх взаємодії та взаємного впливу під час промислової експлуатації. Зазначені базові елементи гідравлічних пресів взаємопов'язані між собою

- як конструктивно – робочі циліндри встановлені у верхню нерухому поперечину та своїми плунжерами спираються на рухому поперечини, а колони своїми кінцями затиснуті у верхню нерухому поперечину та взаємодіють з рухомою поперечиною по напрямним;
- так і функціонально – під час навантаження гідравлічного преса при реалізації технологічних процесів формозмінення заготовки замикання зусиль, що розвиваються, відбувається саме на станині преса, до складу якої входять всі ці базові вузли.

Зазор між плунжером та внутрішньою порожниною корпусу робочого циліндра встановлюється, виходячи з умов його вільного переміщення в корпусі та відсутності перетискання робочої рідини в цьому зазорі. Внутрішня порожнина корпусу схильна кавітаційно зношуватися. Крім того в зазначеному зазорі розміщено напрямну втулку, яка запобігає перекосу плунжера при переміщенні рухомої поперечини. Антифрикційні властивості втулки та можливість підведення до неї системи змащення дозволяють значно подовжити строк експлуатації плунжера, особливо, коли до складу матеріалу втулки входить мідь. В цьому випадку окрім зниження тертя створюються умови для виникнення вибіркового переносу [2]. Експлуатаційні умови сполучення «плунжер – напрямна втулка» порушуються, як правило, з причини виникнення корозійного та абразивного зношення. Перший вид зношення розвивається внаслідок старіння робочих рідин, а другий – внаслідок їх недостатньої фільтрації. Тому якість робочої рідини має вирішальне значення при запобіганні зношенню пар тертя силових циліндрів. Крім того, ресурс безвідмовної роботи силових циліндрів залежить від застосованих конструкцій трубних з'єднань, які сполучають циліндри з джерелами високого та низького тисків. Низька довговічність й надійність трубних з'єднань внаслідок підвищеного зношення ущільнювальних елементів, їх ненадійної фіксації та виникнення витоків внаслідок перепадів тисків в трубопроводі, коливальних та гідроударних явищ призводять до передвчасних відмов силових циліндрів. Тому при конструюванні трубних з'єднань намагаються зменшити ступень їх кавітаційного зносу та подовжити термін експлуатації.

Загалом рекомендації зі збільшення ресурсу безвідмовної роботи силових циліндрів та пов'язаних з ними базових вузлів гідравлічних пресів можна узагальнити за допомогою нижче наведеної схеми (рис. 1).

ВИСНОВКИ

Розробка заходів постійного автоматичного контролю та запобігання наближення роботи гідравлічного преса до аварійної границі є вирішальним фактором забезпечення безвідмовної роботи його базових вузлів при умові раціонального їх проектування та відповідності показників роботи заданим експлуатаційним характеристикам.

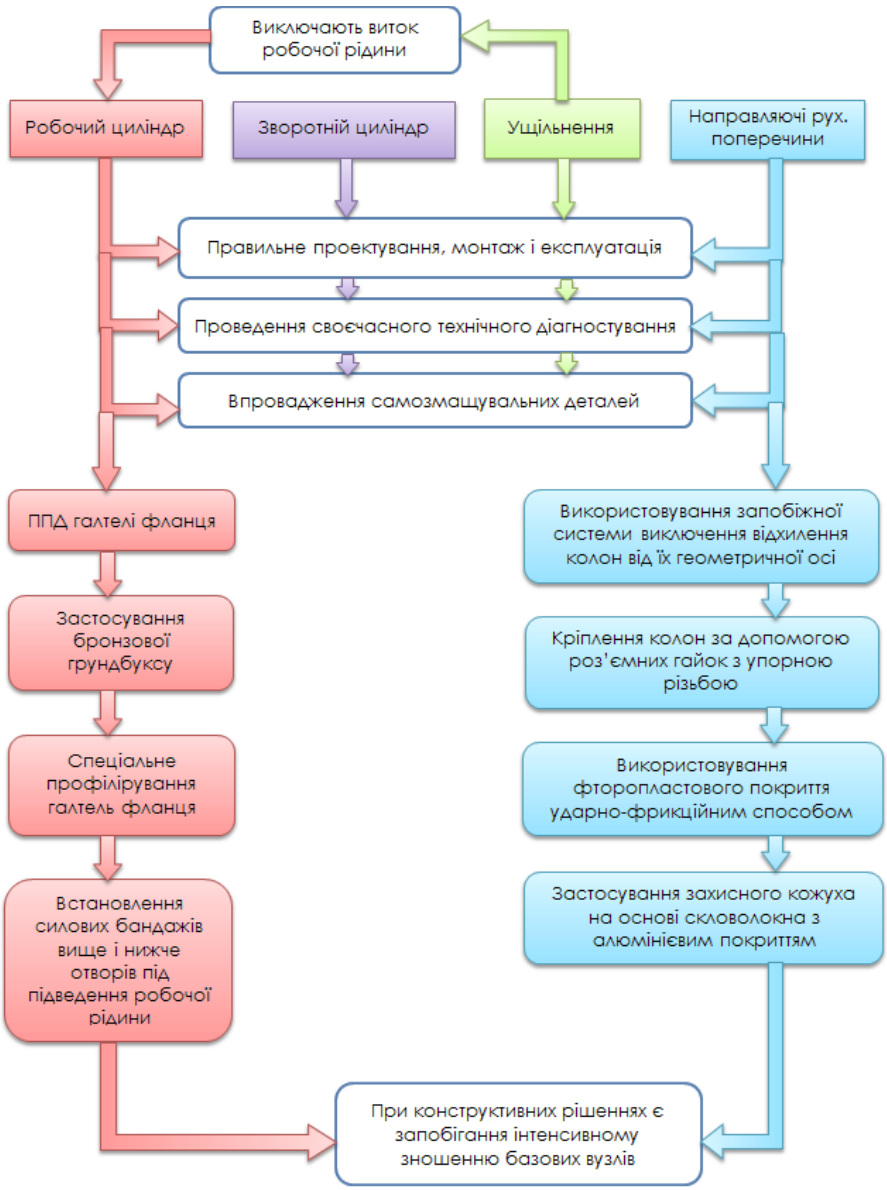


Рис. 1. Рекомендації зі збільшення ресурсу безвідмовної роботи силових циліндрів та пов’язаних з ними базових вузлів гідравлічних пресів

ЛІТЕРАТУРА

1. Анализ отказов, предупреждение разрушений и восстановление базовых деталей мощных гидравлических прессов / Н.П. Коркин, Д.А. Кулагин, А.П. Моисеев, И.А. Сурков // Технология легких сплавов. – №1–2. – 2006. – С.181–189.

2. Трение, износ и смазка (трибология и триботехника) / А.В Чичинадзе, Є.М Берлинер, Э.Д Браун, Н.А Буше ; под ред. А. В.Чичинадзе. – М : Машиностроение, 2003. – 576с.

3. Гойдо М.Е. Технические решения для улучшения характеристик работы гидравлических прессов / М.Е. Гойдо, В.В. Бодров, Р.М. Багаутдинов // Заготовительные производства в машиностроении. – М. : Машиностроение, 2015. – №4. – С. 25 –32.

4. Корчак О.С. Розвиток методів збільшення ресурсу безвідмовної роботи базових вузлів гідравлічних пресів / О.С. Корчак, К.Є. Біленець // Вісник ДДМА. – 2018. – №2 (44) – С. 125–128.

5. Корчак О.С. Дослідження умов експлуатації та причин виникнення зношення в силових циліндрах гідравлічних пресів / О.С. Корчак, М.І. Нагієв, К.Є. Біленець // Обработка материалов давлением. – 2018. – №2 (47).

Бондар І. В., аспірант, Криворучко Д. В., доцент, СумДУ, м. Суми

ВПЛИВ ЗАЛИШКОВИХ ГРЕБІНЦІВ НА ПОВЕРХНІ МАТОЧИНИ РОБОЧОГО КОЛЕСА НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОТОКУ В ПРОТОЧНІЙ ЧАСТИНІ ВІДЦЕНТРОВОГО КОМПРЕСОРА

Робоче колесо є відповідальною деталлю, від якої залежить робота всього відцентрового компресора. У зв'язку з цим, до якості обробки поверхні робочого колеса висувають високі вимоги. Традиційно шорсткість проточної частини колеса відцентрового компресора задається в межах Ra 0,8-1,6. У тезах описано, що в зв'язку з останніми дослідженнями гладкі поверхні маточини робочого колеса не обов'язково більш ефективні, ніж шорсткі поверхні. Розглянуто геометрія залишкових гребінців: взаємозв'язок між діаметром кульової фрези, кроком строчної подачі, глибиною фрезерування і висотою залишкових гребінців, яка в свою чергу визначає шорсткість Ra. Зроблено висновок, що є доцільним проведення експериментів для визначення впливу збільшення кроку строчної подачі при обробці маточини (від традиційного до максимально можливого) на характеристики потоку в проточній частині колеса відцентрового компресора.

The impeller is one of the most important components of the centrifugal compressor. The machining precision of the impeller has a great impact on the compressor's aerodynamic performance; thus, the designing and manufacturing of impellers plays a key role in centrifugal compressors. That's why to the quality of the impeller's hub surface machining high demands are made. Traditionally, the roughness of the flowing part of the centrifugal compressor wheel is set within Ra 0,8-1,6. The thesis describes that in connection with the latest research, the smooth surfaces of the impeller hub are not necessarily more effective than rough surfaces. The geometry of residual riblets is considered: the relationship between the diameter of the ball-end mill, the radial depth of cut, the axial depth of cut and the height of the residual riblets, which in turn determines the roughness Ra. It is concluded that it seems expedient to carry out experiments to determine the effect of increasing of residual riblets of impeller's hub surface from the traditional to the maximum possible on flow characteristics in the flowing part of a centrifugal compressor.

Відцентрові компресори широко використовується в промисловості: металургія, хімічна і нафтова промисловість, транспортування природного газу. Робоче колесо є одним з найважливіших і складних у виготовленні компонентів відцентрового компресора. Точність обробки робочого колеса має великий вплив на аеродинамічні характеристики компресора; таким чином, проектування і виготовлення робочих коліс грає ключову роль у відцентрових компресорах і на його виготовлення витрачається багато часу [1]. В сучасних умовах високої конкуренції актуальним є питання підвищення якості виробленої продукції та скорочення термінів виготовлення.

До якості обробки поверхні робочого колеса відцентрового компресора пред'являються високі вимоги (Ra 0,8-1,6). Останні дослідження показали, що мікроскопічні залишкові гребінці на поверхні маточини робочого колеса, розташовані вздовж напрямку потоку, здатні забезпечити менший в'язкий опір прикордонного шару потоку на поверхні маточини, ніж гладкі поверхні,

що підвищує ефективність компресора в цілому [2-4]. Метою даної роботи є дослідження впливу основних параметрів залишкових гребінців на поверхні маточини на характеристики потоку в проточній частині колеса відцентрового компресора.

Із аналізу сучасних методів п’ятиосьової обробки маточини робочого колеса відцентрового компресора зроблено висновок, що вплив форми, глибини, ширини і напрямку залишкових гребінців на поверхні маточини робочого колеса відцентрового компресора вивчені не повною мірою. Доцільним є проведення обчислювального експерименту з метою визначення діапазону висот залишкових гребінців на поверхні маточини робочого колеса при якому характеристики потоку в робочому колесі відцентрового компресора покращяться або залишаться на тому ж рівні. Передбачається, що дані, отримані в ході експерименту, дозволять рекомендувати збільшення кроку строчної подачі (в порівнянні з традиційним). Отже, час обробки маточини робочого колеса відцентрового компресора значно зменшиться.

Список літератури

1 Тарабрин, Г. CAM-система PowerMILL: изготовление моноколеса турбины за 2 часа! / Г. Тарабрин, М. Савельев, А.Машков, С. Нестеров, Е. Коблова // САПР и графика. – 2009. - №10. – с. 89 - 92.

2 Khade, M. A. Effect of end-wall riblets on radial turbine performance / M. A. Khader, A. I. Sayma. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2017. - V. 232(012075. - doi: 10.1088/1757-899X/232/1/012075

3 Lei, D. Effects of Residual Ribles of Impeller's Hub Surface on Aerodynamic Performance of Centrifugal Compressors / D. Lei, L. Cao // Engineering Applications of Computational Fluid Mechanics. – 2005. - vol. 9. - pp. 99-113.

4 Walsh, M. Riblets as a Viscous Drag Reduction Technique / M. Walsh // AAIA Journal. – 1983. - vol. 21. - pp. 485 – 486.

УДК 629.4.027.23

Боровий І.Б., наук. керів. д.т.н., проф. Ковалевський С.В.(Україна, м. Краматорськ, ДДМА)

ПРОГРЕСИВНІ МЕТОДИ АНАЛІЗУ І ОБРОБКИ ВЕЛИКИХ МАСИВІВ ДАНИХ

Розглянуті сучасні методи і моделі обробки великих даних в великомасштабних системах, в тому числі і технологічних системах. Наведено алгоритми обробки даних, на основі яких можна аналізувати і прогнозувати великих масивах даних. Показано, що в рамках можливостей систем керування базами даних при формуванні та статистичної обробці і візуалізації виникають певні труднощі, які полягають в необхідності забезпечення адекватності математичних моделей.

Modern methods and models of processing large data in large-scale systems, including technological systems are considered. The algorithms of data processing, on the basis of which it is possible to analyze and predict large data arrays, are presented. It is shown that within the capabilities of database management systems, during the formation and statistical processing and visualization, there are some difficulties that arise from the need to ensure the adequacy of mathematical models.

Аналіз великих даних може бути охарактеризований за такими параметрами:

1. Обсяг, тобто кількість генеруються даних. Від цього показника залежить, чи може певний масив даних вважатися великими даними чи ні.
2. Різноманіття, тобто категорія, до якої належать великі дані. Знання такої приналежності дозволяє аналітикам найбільш ефективно працювати з інформацією.
3. Швидкість, тобто швидкість генерування або обробки даних з метою здійснення поставлених цілей.
4. Мінливість, тобто нестабільність даних у часі.
5. Достовірність, тобто якість зібраних даних, від якого залежить точність аналізу.
6. Складність, тобто трудомісткість процесу кореляції та побудови взаємозв'язків між даними.

Обробка великих даних зараз передбачає, як правило, впровадження спеціальних програмних комплексів. Під великими даними розуміється широке розмаїття масивів даних, які не можуть бути належним чином оброблені традиційними додатками через свого величезного обсягу або складного складу. Складність аналізу великих даних полягає в специфіці їх збору, моніторингу, поділу, зберігання, передачі, візуалізації і збереження конфіденційності інформації. Під аналізом великих даних часто розуміється

застосування прогнозної аналітики або інших передових методів з метою вилучення з безлічі даних певної корисної інформації [1,2].

У багатьох джерелах вказується що для об’єктивної побудови моделі необхідно застосувати метод 20%/80%, де 20% - це доля тестової множини від всього масиву даних, на яких будується математична модель, 80% - це доля навчальної множини, на якої здійснюється пошук параметрів моделі. Але цей показник викликає сумнівів, тому необхідне дослідження точності моделі в сукупності з забезпеченням її адекватності.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Franks, B.* Taming the Big Data Tidal Wave Finding Opportunities in Huge Data Streams with Advanced Analytics/ Bill Franks,2012. – 45 с.

2. Hadoop and Big Data [Электронный ресурс] – Режим доступа : http://www.cloudera.com/content/cloudera/en/about/hadoop-and-bigdata.html.

УДК 681.51

Бурлака С.А., Гунько І.В., (Україна, м. Вінниця, ВНАУ)

АКТУАЛЬНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ РОБОТОТЕХНІКИ В ПРОМИСЛОВОСТІ ТА МАШИНОБУДУВАННІ

У статті проаналізовано роль систем комп'ютерної підтримки автоматизації і роботизації технологічних процесів в сучасних умовах. Визначено ряд причин, з яких виникає необхідність створення нових зразків наукомісткої і високотехнологічної продукції з мінімальними витратами на всіх етапах життєвого циклу продукту. Розглянуто такі актуальні форми інноваційної діяльності як автоматизація, роботизація і комп'ютеризація.

The article analyzes the role of computer support systems for automation and robotization of technological processes in modern conditions. A number of reasons have been identified, from which it is necessary to create new samples of high-tech and high-tech products with minimal expenses at all stages of the product's life cycle. The following actual forms of innovation activity such as automation, robotization and computerization are considered.

Постановка проблеми. Одним з найважливіших факторів інтенсифікації виробництва є зменшення частки ручної праці в технологічних процесах, особливо на допоміжних операціях, а також в разі виконання шкідливих, важких і небезпечних робіт [1]. У вирішенні цієї проблеми важлива роль відводиться роботизації виробництва. У загальному випадку роботизація є одним з напрямків та складових елементів комплексної автоматизації та являє собою використання промислових роботів і їх систем в промисловому виробництві.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Промислові роботи ефективно включаються в автоматичні лінії, стають частиною гнучких автоматизованих виробництв, здатні швидко і без істотних витрат перебудовуватися на виробництво виробів різних видів, пристосовуватися до мінливих умов виробництва.

Представляючи собою новий вид робочої машини, роботи можуть експлуатуватися ізольовано або цілими комплексами. Головна цінність промислових роботів - здатність до швидкого переналагодження на виготовлення нової продукції. Ця властивість роботів важлива для обробних галузей промисловості, де близько 50% обсягу виробництва припадає на малі та середні партії. В умовах традиційного виробництва при виготовленні виробів невеликими партіями час механічної обробки займає 5% загального робочого часу, а решта припадає на підготовку верстата та деталей, настройку інструменту, кріплення і зняття деталей тощо. Застосування промислових роботів змінює це співвідношення і значно підвищує продуктивність обробки [2,3]. Крім того, застосування роботів значно економить сировину, матеріали при раціональній організації виробничого процесу.

Широке застосування роботів не тільки в машинобудуванні, а й в інших галузях народного господарства говорить про новий напрямок в технології - робототехнологія, яка представляє собою сукупність методів обробки, зміни стану, властивостей, форми предмета праці з використанням промислових роботів або їх комплексів на основних і допоміжних стадіях процесу виробництва готової продукції.

Виклад основного матеріалу. Сучасне трактування терміну «промисловий робот» було прийнято XI Міжнародним симпозіумом, що присвячений промисловим роботам (Токіо, 1981) [4].

З точки зору історії розвитку робототехніки розрізняють три покоління промислових роботів:

• роботи першого покоління (програмовані роботи) характеризуються тим, що вони виконують сукупність жорстко запрограмованих операцій. Ці роботи «глухі», «німі» і «сліпі»;

• роботи другого покоління (адаптивні роботи) використовують сенсорну інформацію про навколишнє середовище, щоб коригувати свою поведінку при виконанні виробничої операції;

• роботи третього покоління - інтелектуальні роботи, наділені «здоровим глуздом», «почуттями», здатні розпізнавати різноманітні об'єкти зовнішнього світу, що володіють здатністю діяти самостійно.

За рівнем складності Японська асоціація промислових роботів поділяє їх на шість класів:

• перший клас - ручні або дистанційно керовані маніпулятори, тобто пристрою, безпосередньо керовані оператором-людиною;

• другий клас - роботи з жорсткою послідовністю переміщень (типу «взяти-покласти»). Їх не можна перепрограмувати на виконання нового завдання, а потрібно переналагоджувати, як прості автоматизовані механізми;

• третій клас - програмовані маніпулятори, які на відміну від ручних виконують ряд функцій в автоматичному режимі;

• четвертий клас - роботи, запрограмовані на навчання, тобто ті, яких навчають вручну, коли руку робота проводять по всьому циклу заданої роботи;

• п'ятий клас - роботи з програмним управлінням. Зі зміною програми можлива зміна послідовності дій робота;

• шостий клас - роботи, здатні сприймати навколишнє середовище, реагувати виходячи з отриманої інформації здійснювати певні дії.

За родом діяльності промислові роботи підрозділяються на три групи:

• основні (технологічні), які безпосередньо виконують технологічні операції (складання, зварювання, фарбування тощо);

• допоміжні (підйомно-транспортні), зайняті здійсненням операцій складання, переміщення, подачі заготовок;

• комбіновані, що виконують дії роботів перших двох груп.

На основі промислових роботів створюються роботизовані технологічні комплекси (РТК).

Розрізняють такі різновиди РТК:

• маніпуляційні, у яких основний виконавчий орган закінчується захопленням або будь-яким інструментом;

• мобільні (колісні, крокуючі, гусеничні), які використовуються, як правило, в екстремальних умовах роботи (в космосі, під водою, в польових умовах);

• інформаційно керуючі, які можуть не мати механічно рухомих виконавчих пристроїв. Вони стежать за ходом протікання технологічних процесів, обробляють інформацію, що надходить з будь-яких зовнішніх джерел і в разі потреби вносять корективи в перебіг контрольованого технологічного процесу.

Об'єднання групи РТК в один технологічний ланцюжок виготовлення будь-якої продукції дозволяє створювати роботизовані автоматичні лінії (РАЛ) [5]. На одній такій лінії можуть проводитися в автоматичному режимі обробка різанням, термічна обробка, зварювання.

Якщо порівняти витрати енергії роботом і людиною при виконанні однієї і тієї ж роботи, то виявиться, що робот споживає енергії в сто разів більше. Це є проявом технологічної неефективності сучасних робототехнічних приводів в порівнянні з людською м'язовою тканиною.

В даний час в промислових роботах найбільш широко використовуються пневматичні і гідравлічні приводи, електроприводи. Пневматичні приводи порівняно дешеві, безшумні і надійні, їх легко монтувати і обслуговувати. Однак вони непридатні для швидкісного переміщення механічної руки і точного контролю її положення [6].

Правильне розуміння сутності автоматизації є необхідною передумовою формування основ технічної політики в області роботизації виробництва. Тому в конкретних виробничих умовах необхідно керуватися певними принципами, що забезпечують ефективність роботизації.

Перший принцип - принцип досягнення кінцевих результатів: кошти роботизації повинні не просто імітувати або заміщати дії людини, а виконувати виробничі функції швидше і краще, лише тоді вони будуть по-справжньому ефективними.

Другий принцип - принцип комплексності підходу. На жаль, досить часто роботизацію допоміжних елементів виробництва поєднують з відсталою технологією основного виробництва.

Третій принцип - принцип необхідності: засоби роботизації повинні застосовуватися не там, де їх можна пристосувати, а там, де без них не можна обійтися. На жаль, нерідко роботизацію намагаються звести до створення технічних засобів.

Четвертий принцип - принцип своєчасності: не потрібно створювати конкуренцію людині там, де вона справляється ефективніше, ніж робот. Наприклад, при установці деталей на металорізальному верстаті заміна дій

людини на рухи робота якість обробки і продуктивність даного процесу не збільшує. Більш того, на сучасному рівні розвитку робототехніки ручна установка деталей вагою до 4 кг виконується людиною в кілька разів швидше. З іншого боку, застосування роботів при операціях зварювання, фарбування, нанесення гальванопокриття в ливарному виробництві дозволяє істотно підвищувати якість продукції, перш за все, в силу стабілізації технологічних процесів. Продуктивність в цьому випадку збільшується за рахунок швидкодії, збільшення вантажопідйомності, точності рухів. Людина повністю виводиться з робочої зони і позбавляється від праці в несприятливому середовищі.

Висновки. Підводячи підсумки, слід зазначити, що значимість промислових роботів - не в заміні людини на машини. Промислові роботи є ланкою одного механізму яка дозволяє об'єднувати розрізнене технологічне устаткування, створюючи гнучкі автоматизовані виробничі системи машин і апаратів.

Список використаних джерел

1. Watry G. The fourth industrial revolution and robot journalism // Researh & Development. – URL http: //www.rdmag.com/news/2016/01/fourth-industrialrevolution-and-robot-journalism.

2. Муравьев А.В. Десять причин инвестировать в роботизацию производства [Електронний ресурс] // DeltaSvar. – URL: http: //www.deltasvar.ru/biblioteka/novosti/188-10-prichin-investirovat-v-robotizacziyu-proizvodstva.

3. Аналитическое исследование: мировой рынок робототехники [Електронний ресурс]. – URL: http: //robotforum.ru/assets/files/000_News/NAURR-Analiticheskoe-issledovanie-mirovogo-rinka-robototehniki-%28yanvar-2016%29.pdf

4. Роботизация производства сократит более 5 млн рабочих мест [Електронний ресурс]. – URL: http: //www.interfax.ru/business/490170.

5. Ратников А. Рабский труд без зарплаты [Електронний ресурс]. – URL: https: //lenta.ru/articles/2013/12/05/robots.

6. Investment outlook from Bill Gross. – URL: https: //17eb94422c7de298ec1b8601c126654e9663374c173ae837a562.ssl.cf1.rackcdn.com/Documents/umbrella/bill%20gross/Bill%20Gross%20Investment%20Outlook_May%202016.pdf.

7. PWC – people and robots: A new collaboration. – URL: http: //www.pwc.com/us/en/industrial-products/next-manufacturing/robotics-people-and-robots.html.

УДК 681

Віштак І. В. (Україна, м. Вінниця, Вінницький національний технічний університет)

ВЛАСТИВОСТІ НАНОПОКРИТТІВ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ НАНОТЕХНОЛГІЙ В СУЧАСНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

Досліджено способи зміцнення поверхонь та зєднань, які характеризуються високими значеннями мікротвердості, але при цьому є досить крихкими. Одним з способів підвищення міцності є нанесення нанопокриттів з розмірами зерен менше ніж 100нм, яке дозволило б реалізувати в одному покриті комплекс властивостей.

The ways of strengthening surfaces and compounds, which are characterized by high values of microhardness, but at the same time quite fragile, have been investigated. One of the ways to increase the strength is the application of nano-coatings with grain sizes less than 100 nm, which would make it possible to implement in one coated complex properties.

Одним з значущих технологічних досягнень XXI ст. стало створення та розвиток нових технологій, пов'язаних з різноманітними змінами властивостей матеріалів на рівні розмірів менше ніж 100 нанометрів (1 нм = 10^{-9} м), що прирівнюються до розмірності макромолекул. Сукупність таких нових технологій отримала назву нанотехнології [1-5].

Вперше термін «нанотехнологія» ввів Норіо Танігуті у 1974 році. Це була назва виробів розмірів порядку нанометра. Подальше використання даного терміну повязано з іменем Еріка К. Дреклера, який назвав так область науки, яку він досліджував у своїй докторській дисертації.

Об'єктами нанотехнологій є нанооб'єкти та наноструктури. Їх створення, контроль та зміна їх властивостей є основними галузями впровадження нанотехнологій.

Властивості нанооб'єктів та наноструктур суттєво відрізняються від властивостей макротіл, тому враховуючи такі фактори можливо створення принципово нових та більш ефективних матеріалів та покриттів.

Основними перевагами для впровадження та розвиток нанотехнологій є принципи їх специфічного поводження [2, 6-10]:

- висока роль вільних поверхонь, а також меж зерен та фаз, інших поверхонь розділу в неоднорідних матеріалах;
- прояв атомно-молекулярної дискретності будови речовини та квантові розмірні ефекти в нанооб'ємах;
- в нанодіапазоні знаходяться критичні розміри, які призводять до появи або зникнення певних фізичних ефектів.

Більшість з'єднань, які використовуються в якості зміцнюючих покриттів, характеризуються високими значеннями мікротвердості, але при цьому є досить крихкими [5, 10-12].

Метою роботи є дослідження в напрямку отримання нанопокриттів з розмірами зерен менше ніж 100 нм, яке дозволило б реалізувати в одному покритті комплекс властивостей.

Нанопокриття може розглядатися як двовимірна структура. В тривимірній структурі внутрішня енергія може збільшуватися тільки шляхом збільшення енергії зв'язку та числа зв'язків, складу та структури матеріалу. Збільшення міцності в такому випадку призводить до збільшення крихкості. У двомірної поверхневої структури при збільшенні ентропії (наприклад - закалювання), як було виявлено під час досліджень, пластичність може збільшуватися [11, 13].

Наноструктури (поверхневі теж) мають більш високу теплоємність ніж звичайні структури (з зернами мікроструктурного розміру). Звідки, нанорозмірні структури відповідають більш високому рівню внутрішньої енергії та ентропії системи.

Отже при використанні нанопокриттів можливо досягнути два ефекти: ефект пов'язаний з нанорозмірною структурою покриття та ефект пов'язаний з переходом від тривимірної системи до двовимірної, для якої збільшення внутрішньої енергії ентропії не підвищують крихкість.

Технології поверхневого наноструктурування (створювання в поверхневому шарі компактованого матеріалу структури, що мають масштаб менше ніж 100 нм) розвиваються останнім часом досить швидко. Методи для створення поверхневих наноструктур також швидко розширюються [11, 12-15].

Об'ємне наноструктурування матеріалів – технологічно складний процес, пов'язаний з великими виробничими витратами. Тому розвиток технологій поверхневого наноструктурування, які набагато простіше реалізувати і які потребують менші затрати мають перспективне майбутнє. Таким чином можливо зміцнення та антифрикційна обробка поверхонь, що труться, підвищення корозійної стійкості тощо.

Не вирішені також проблеми створення наноструктурних станів в виробах великих розмірів або деталях складної геометрії, наноструктурні матеріали не можуть ефективно працювати при високих температурах, їх неможливо з'єднувати методами зварювання або пайки без значних зменшень механічних властивостей.

Дослідження показали, що значне збільшення експлуатаційних властивостей конструкційних матеріалів (усталеної міцності, жаростійкості, зносостійкості) може бути досягнуто шляхом формування наноструктурних станів в поверхневому шарі конструкційних та інструментальних матеріалів. При прикладанні зовнішнього циклічного навантаження пластична деформація буде розповсюджуватися лише в наноконструйованому шарі, а дефекти розтікаються по клітинам наноструктури з напругами розтягу, не створюючи небезпечної локалізації пластичної деформації і не проникаючи всередину кристалу. І це значно підвищує усталену міцність матеріалу [4, 5].

Область застосування нанотехнологій достатньо широка. Покриття поверхонь високошвидкісних вузлів обертання є перспективним напрямком досліджень і розвитку в майбутньому.

Список посилань:

[] Стрельникова Л. Нано по-американски // «Химия и жизнь» №3, 2008, с. 38-40

[2] Oliver W.C., Pharr G.M. An improved technique for determining hardness and elastic modulus using load and displacement sensing indentation experiments // J. Mater. Res., № 7, 1992, pp. 1564-1583

[3] Binning G., Quate C. F., and Gerber C. Atomic force microscopy // Phys. Rev. Lett., 1986, v. 56, No 9, pp. 930-933.

[4] Запрягаев С.А. Нанотехнологии на основе углеродсодержащих материалов // ИнВестРегион, 2006, №4, с. 45-54

[5] Алымов М.И. Механические свойства нанокристаллических материалов. — М.: МИФИ, 2004, 32 с.

[6] Балаян Б.М., Колмаков А.Г., Алымов М.И., Кротов А.М. Наноматериалы. Классификация, особенности свойств, применение и технологии получения: учебное пособие. — М.: АгроПрессДизайн, 2007, 102 с.

[7] Ковшов А.Н., Назаров Ю.Ф., Ибрагимов И.М. Основы нанотехнологии в технике. — М.: МГОУ, 2006, 241 с.

[8] Hsieh C-T., Chen J-M., Kuo R-R. et al. Influence roughness on water- and oil-repellent surfaces coated with nanoparticles // Applied Surface Science, 2005, v.240, pp. 318-326

[9] Cappellia E., Scillettaa C., Orlandob S. at al. Surface characterisation of nano-structured carbon films deposited by Nd:YAG pulsed laser deposition // Thin Solid Films, 2005, v. 482, pp. 305–310

[0] Валиев Р.З., Александров И.В. Наноструктурные материалы, полученные интенсивной пластической деформацией. — М.: Логос, 2000, 272 с.

[1] Коротаев А.Д., Мошков В.Ю., Овчинников С.В. и др. Наноструктурные и нанокомпозитные сверхтвердые покрытия // Физическая мезомеханика, 2005, т. 8, вып. 5, с. 103-116

[2] Коваль Н., Сочугов Н., Батраков А. Поверхностные наноструктуры — от исследований к применениям//Наука в Сибири, 2007, № 3 (2588), с. 5

[3] Григорьев С.Н., Волосова М.А. Нанесение покрытий и поверхностная модификация инструмента. — М.: МГТУ «СТАНКИН», Янус-К, 2007, 324 с.

[4] Ковшов А.Н., Назаров Ю.Ф., Ибрагимов И.М. Основы нанотехнологии в технике. Учебное пособие — М.: МГОУ, 2006, 241 с.

[5] Celeste Biever. Tiny 'elevator' most complex nanomachine yet // Science, 2004, vol. 303, p. 1845

УДК 621.81:621.791

Гайворонський О.О. (ст. гр. ЗВ-18-1м), Голуб Д.М., Кущій Г.М. (Україна, м. Краматорськ, ДДМА)

ВПЛИВ ТЕРМООБРОБКИ НА ВМІСТ КАРБІДІВ В ШТАМПОВИХ СТАЛЯХ

Порівняльний аналіз матеріалів для наплавлення штампового інструменту показав, що комплексно леговані сталі в найбільшій мірі задовольняють вимогам підвищення стійкості. На підставі результатів досліджень була обрана шлакова система на основі перовскітового концентрату. Застосування сталі 8Х4ГСВ4Ф дозволить значно збільшити термін служби штампів при їх багаторазовому використанні під наплавлення.

Технічно перспективним і економічно обґрунтованим шляхом підвищення терміну експлуатації та зниження вартості штампового інструменту є виготовлення його біметалічним, зокрема наплавленим. У цьому випадку найбільш доступно регулювання властивостей наплавленого шару шляхом зміни складу наплавленого металу і режимів його термічної обробки. Повторне відновлення зношених поверхонь деталей суттєво зменшує витрати металу для виготовлення та ремонту інструмента [1-3].

Розробка нової штампової сталі, організація її виробництва, розробка технологічного процесу кування і термічної обробки вимагає значно більших витрат, ніж розробка наплавочного матеріалу, що забезпечує наплавлення нової штампової сталі. Крім того, наплавлений шар може наноситися на основу з конструкційної сталі, чим досягається економія дефіцитних легованих сталей.

Суцільнометалеві штампи, виготовлені з високовуглецевих сталей, мають, як правило, низьку стійкість при експлуатації.

Метою цієї роботи є аналіз існуючих та вибір оптимальних наплавочних матеріалів для виготовлення штампового інструменту, що сприяють підвищенню його стійкості в умовах холодного штампування.

Основним видом зносу штампового інструменту є втрата розмірів контактуючих ділянок внаслідок стирання.

Істотне підвищення стійкості штампового інструменту забезпечується вибором складу штампової сталі, оптимізацією режимів термічної обробки і поліпшенням умов експлуатації штампів.

Сталі для штампів, які виконують роздільні операції можна поділити на наступні групи: високовуглецеві; високохромисті; низьколеговані; комплексно леговані.

Високовуглецеві сталі знайшли найбільше застосування в промисловості у зв'язку з їх низькою вартістю, проте штампи з таких сталей проявляють низьку стійкість.

Високохромисті сталі типу Х12 мають високу твердість в загартованому стані, гарну прогартовуваність, низьке викривлення і

відсутність тріщин при загартуванні, високу зносостійкість.

Високохромисті сталі мають ряд суттєвих недоліків, що знижують їх ефективне застосування. До цих недоліків відносяться висока карбідна неоднорідність і обумовлена нею низька ударна в'язкість, високі температури нагрівання під загартування, чутливість до коливань температур гарту [1, 4, 5].

За даними [4-6] стійкість штампів із сталей типу Х12 в 1,1...1,5 рази перевищує стійкість штампів, виготовлених з вуглецевих сталей (У8, У10).

Низька стійкість високохромистих, вуглецевих і низьколегованих сталей стала причиною того, що в світі був розроблений ряд комплексно легованих сталей для інструменту холодного штампування. Вміст вуглецю в них знаходиться в межах 0,5...0,9 %, а хрому - 2...4 %. Сталі додатково леговані ванадієм, вольфрамом або молібденом, титаном і іншими елементами. Ці сталі після гарту в маслі набувають високої твердості при низькій карбідній неоднорідності.

Найбільш широкого поширення набуло наплавлення штампового інструменту покритими електродами марками ЭН-60М [1, 4]. Ці електроди дозволяють наплавляти вуглецеву хромомолібденову сталь, що забезпечує підвищення стійкості наплавленого штампового інструменту в 2…3 рази, в порівнянні з високою стійкістю однотипних штампів, виготовлених повністю з інструментальних вуглецевих сталей типу У8.

На підвищення стійкості штампового інструменту для холодного штампування істотно впливає легування сталей активними карбідоутворюючими елементами вольфрамом і ванадієм, що утворюють тверді карбіди [2, 3, 5]. Через дефіцитність вольфраму штампові сталі з таким його вмістом широкого поширення не отримали. Однак для виконання наплавочних завдань, при яких витрата вольфраму не значна, а підвищення працездатності інструменту істотне, легування сталей вольфрамом є перспективним.

Ванадій, особливо при великому вмісті, збільшує розчинність азоту в наплавленому металі, в зв'язку з чим знижує його пластичність [5, 6]. Це є основною причиною, яка стримує застосування ванадію при наплавленні штампового інструменту. Слід зазначити що ще не всі можливості комплексного легування використані. І це стало передумовою до подальших досліджень.

Аналіз зносу вирубних штампів показав, що характер зносу і стійкість інструменту для косинок і ножів гільйотинних ножиць визначається, перш за все, видом операції холодного штампування, матеріалом робочих органів штампів і штампованих деталей, товщиною матеріалу деталі, режимом роботи штампів, конструктивними особливостями інструменту.

Вирубні штампи зношуються внаслідок: стирання робочих поверхонь; зминання різальних крайок, крихкого руйнування робочих поверхонь. Крім того, зазначений інструмент виходить з ладу внаслідок осьового вигину і налипання металу штампованої деталі.

З аналізу виду зносу штампового інструменту випливає, що метал робочих поверхонь штампів, які виконують роздільні операції, повинен мати високу зносостійкість при досить високій міцності і пластичності.

Підвищена стійкість інструменту може бути отримана тільки при певному оптимальному складі карбідів в металі робочого шару, що визначає склад наплавленого металу.

Вміст фази карбіду в металі визначався за осадами, отриманими при електролітичному розчиненні металу наплавлення після відповідної термічної обробки [5, 6].

Для аналізу на вміст карбідів та їх хімічний склад виготовлялися зразки діаметром 12 мм і довжиною 60 мм з багатошарових наплавлень і прокату сталі У8.

За допомогою методів основного розчинення отримували карбідний осад, що містить всі карбіди, наявні в сталі. Аналізуючи цей осад, визначали кількість елементів, пов'язаних в карбіди (кількість карбідів у вагових відсотках) і усереднений склад фази карбіду. Залежності вмісту карбідів в сталях від температури відпуску наведені на рис. 1.

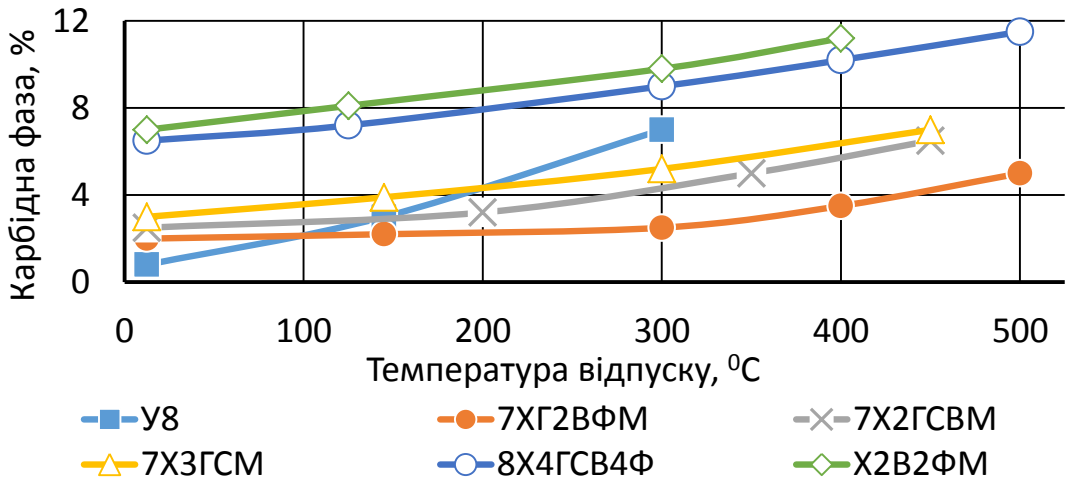


Рисунок 1 – Вміст карбідів в сталях в залежності від температури відпуску

Домінуючим елементом в карбідній фазі є залізо. У всіх досліджених сталях міститься значна кількість надлишкових карбідів, які не розчинилися при нагріванні для загартування.

При низькому відпуску надлишкові карбіди складають основну частину карбідної фази загартованих сталей. Найбільша кількість надлишкових карбідів і карбідів при відпуску міститься в сплавах Х2В2ФМ і 8Х4ГСВ4Ф. Можна припустити, що в загартованій сталі Х12М міститься також підвищений вміст карбідів внаслідок високого вмісту в ній вуглецю і карбідоутворюючих елементів. Це обумовлює високу зносостійкість цих сталей при терті.

За даними [5, 6] при роботі навіть з невеликими ударними навантаженнями підвищена зносостійкість сталей з 12% хрому при терті

може не реалізуватися через велику карбідну неоднорідність і викришування робочої кромки інструменту ще до настання нормального зносу.

У сталях Х2В2ФМ і 8Х4ГСВ4Ф спостерігається рівномірний розподіл карбідів по перетину зразка. При низькому відпуску збільшення вмісту карбідів в загартованому металі відбувається в основному, внаслідок зв'язування в карбіди цементитного типу.

При відпуску сталі У8 спостерігається більш інтенсивне збільшення вмісту карбідів внаслідок того, що в мартенситі розчиняється велика кількість вуглецю, не пов'язаного в карбіди через відсутність легуючих елементів. З рис. 1 можна зробити висновок, що при одній і тій самій температурі відпуску сталь містить велику кількість карбідів. Збільшення вмісту карбідів при відпуску сталі викликає зниження її твердості. Це обумовлено тим, що зі збільшенням кількості карбідів при відпуску в α-твердому розчині знижується вміст вуглецю, який чинить певний вплив на твердість мартенситної матриці.

ВИСНОВКИ

1. Порівняльний аналіз штампових сталей показав, що в найбільш повній мірі задовольняють поставленим вимогам комплексно леговані сталі.

2. На підставі проведених досліджень щодо впливу співвідношення газошлакоутворюючих компонентів покриття на захист зони зварювання від азоту, основність зварювального шлаку, меншу токсичність газової атмосфери в процесі наплавлення була обрана система на основі перовскітового концентрату.

3. Застосування сталі 8Х4ГСВ4Ф для наплавлення штампового інструменту, що виконує роздільні операції, дозволить значно збільшити термін служби штампів при їх багаторазовому використанні під наплавлення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

Околович, Г.А. Штамповые стали для холодного деформирования металлов: монография / Г.А. Околович. – 2-е изд., перераб. и доп. – Бар-наул: АлтГТУ, 2010. – 202с.

Богуцкий, А.А. Повышение стойкости наплавленного слоя при наплавке самозащитной порошковой проволокой биметаллического инструмента / А.А. Богуцкий // Вестник Донбасской государственной машиностроительной академии: сб. науч. трудов. – Краматорск: ДГМА. – 2012. – № 3 (28). – С. 47-50.

Власов, А.Ф. Разработка материалов и технологии наплавки биметаллического режущего и штампового инструмента / А.Ф. Власов, А.А. Богуцкий, В.К. Лысак, А.М. Кущий // Вестник Донбасской государственной машиностроительной академии: сб. науч. трудов. – Краматорск: ДГМА. – 2012. – № 3 (28). – С.80-85.

Толстых, Л.Г. Наплавочные материалы и технология наплавки: Уч. пособие / Л.Г. Толстых, Е.Л. Фурман. – Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ – УПИ, 2004. – 102 с.

Походня, И.К. Исследования и разработки ИЭС им. Е. О. Патона в области электродуговой сварки и наплавки порошковой проволокой (Обзор) / И.К. Походня, В.Н. Шлепаков, С.Ю. Максимов, И.А. Рябцев // Автоматическя сварка. – 2010. – № 12. – С.34-42.

Малинов, Л.С. Повышение износостойкости сплавов за счет получения в их структуре метастабильного аустенита / Л.С. Малинов, И.Е. Малышева // Спеціальна металургія: вчора, сьогодні, завтра: матеріали XI Міжнар. наук.-практ. конф. 23 квітня 2013 р. / НТУУ«КПІ». – К., 2013. – С. 336–347.

УДК 621.865

Гуменюк Ю.В., Мазур А.Г., (Україна, м. Вінниця, ВНАУ)

ВПРОВАДЖЕННЯ РОБОТИЗОВАНОЇ ТЕХНІКИ В ОБЛАСТІ МАШИНОБУДУВАННЯ І ВПЛИВ НА МАКРОЕКОНОМІЧНУ СИТУАЦІЮ В СВІТІ

В цій статті особлива увага акцентується на роботах і їх впровадженні у виробництво. Виявлені найбільш роботизовані сфери виробництва. Проаналізовані усі переваги і негативні аспекти використання "розумних машин". Показані чинники, що заважають проведенню роботизації в країні. На основі проведеного аналізу зроблені висновки про вплив роботизації на економічний стан країни.

The article describes the robots and their implementation in production. Most robotic spheres of production were identified. Moreover, advantages and disadvantages of using robots in mechanical engineering were analyzed. Factors that interfere with the robotics in the country were shown. Based on the review, we made conclusions about the impact of using robots on the economic situation of the country.

Постановка проблеми. Виробництво формує собою єдину систему взаємопов'язаних комплексів, галузей та сфер, кожна із яких перебуває у тісній залежності від іншої. Відповідно до цього, діяльність в одній сфері здатна сприяти покращенню економічного становища в іншій. Впровадження роботизованої техніки в машинобудуванні для виконання різних технологічних процесів з метою підвищення ефективності діяльності. Машинобудівна галузь є найбільш роботизованою. Виробництво машин, окрім власної привабливості та значимості, формує основу для ефективної господарської діяльності інших секторів економіки, за рахунок забезпечення їх машинами, обладнанням, інструментами, одним словом, активною частиною основних засобів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Робототехніку як напрям досліджували О. О. Гриб'юк [1], М. В. Лазарев [4], О. М. Кривонос [3]. Значний внесок у вивчення питань, що стосуються особливостей функціонування машинобудівної галузі України, здійснили такі науковці, як Б.М. Данилишин, В.М. Геєць, В.Г. Герасимчук, В.Л. Дикань, Н.В. Касьянова, Н.В. Вецепура, Д.В. Солоха, К.В. Сотнікова, О.В. Єлетенко та інші.

Виклад основного матеріалу. На сьогоднішній день таке поняття, як «робот», відоме у всьому світі, кожна людина може дати йому своєрідне визначення. Відповідно «робот - автоматично керований, перепрограмувальний, багатоцільовий маніпулятор, програмований за трьома і більше осями. Він може бути або зафіксований в заданому місці, або може мати можливість пересування для виконання промислових задач по автоматизації». Відповідно, роботизація - це розвиток автоматизації виробництва на основі застосування роботів.

Впровадження робототехніки в машинобудування бере свій початок в середині 20-го століття. У 1954 році вчений з америки Джордж Девол запатентував метод управління вантажно-розвантажувальних маніпуляторів за допомогою змінних перфокарт [6]. Через рік General Motors була першою компанією, яка впровадила робот-маніпулятор на одному зі своїх заводів. На даний момент роботи використовуються в основному в сферах автомобілебудування, виробництві електроніки і машинобудуванні.

Трохи пізніше, в 1968 році, підключилася японська фірма Kawasaki. Зараз Японія вважається провідним виробником роботів у всьому світі. В даний час не можна не погодитися, що промислові роботи стали невід'ємною частиною виробництва на середніх і великих підприємствах.

Їх використовують для виконання різних технологічних процесів з метою підвищення ефективності діяльності підприємства. Великого поширення набули промислові роботи в машинобудуванні. Машинобудівна галузь є найбільш роботизованою. Це обумовлено прагненням підвищити продуктивність, отримати більш дешеву, але якісну продукцію [5].

Робот рука-маніпулятор являє собою програмно керований пристрій, який використовується з метою виконання завдань, які виконує людей, наприклад, переміщення масивних або великогабаритних вантажів, точне зварювання, фарбування, сортування продукції. Процес його проектування здійснюється виходячи з виробничого завдання, яке повинна вирішуйте конкретним роботом. На сьогоднішній день тисячі компаній в усьому світі роблять ставки на застосування машин у виробництві. Наша країна також не є виключенням і намагається не відставати в перегонах промислового оснащення. Зараз будь-яке конкурентоспроможне й ефективне підприємство просте зобов'язане вчасно модернізувати власне виробництво, впроваджуючи інноваційні технології, мати науково-дослідну базу. Щоб зробити виробництво максимальне ефективним, сучасні технології є незамінними.

У розвинутих країнах машинобудування належить до найважливіших галузей промисловості та є пріоритетною, бо має вплив на ефективність та продуктивність всіх сфер економічної діяльності країни. Постійний розвиток машинобудівного комплексу забезпечує рентабельність та конкурентоздатність товарів та послуг на ринку, зростання матеріального та інтелектуального рівня населення, що сприяє підвищенню рівня розвитку економіки окремих регіонів та, зокрема, держави [2, с. 163]. Як наслідок, в розвинутих країнах виробляється близько 80% машинобудівної продукції. Серед абсолютних лідерів у машинобудівному виробництві США, Китай, Японія, Німеччина

Сфери застосування роботів або, як їх ще називають, «розумних машин», дуже різноманітні, так як з кожним днем стає все менше галузей, в яких неможливе використання роботизованою техніки. Існують промислові, медичні, побутові, бойові, роботи для здійснення безпеки і багато інших, але основною областю застосування роботів у світі залишається промисловість

(1,6 млн. промислових роботів, що становить 80% від усього розмаїття роботів).

І це все не випадково, в роботизації виробництва є чимало суттєвих переваг перед людською працею. Наприклад, науковий журнал «World Robotics» виділяє 10 переваг впровадження роботів у виробництво, посилаючись на проведені дослідження міжнародною федерацією робототехніки [8]:

Збільшення продуктивності, яке тягне за собою зниження собівартості;

- підвищення якості продукції (це дозволити збільшувати або зменшать обсяг виробництва відносно попиту на ту чи іншу продукцію);
- зниження експлуатаційних витрат;
- поліпшення умов праці;
- підвищення гнучкості виробництва;
- зменшення кількості відходів і підвищення відсотка виходу придатної продукції;
- підвищення рівня безпеки робочого місця;
- зменшення плинності кадрів і труднощів при наймі персоналу;
- зниження капітальних витрат (виробничі ресурси, незавершене виробництво);
- зниження необхідних виробничих площ.

Застосування промислових роботів надає можливість зменшити накладні й прямі витрати, що дозволить суттєво підвищити конкурентоспроможність продукції, що випускається. Інтелектуальний механізм завжди допоможе підтримати незмінно високий ступінь якості продукції, оскільки він не утомиться, не стане неуважним від монотонної й однотипної роботи. Підвищена точність обробки продукції, здатна забезпечити продукції, що випускається, незмінно висока якість.

Так само важливе впливу роботизация надає на рівень ВВП. Експерти Світового банку вважають, що завдяки роботизації глобальний ВВП може збільшитися на 20-25%.

Однак не варто забувати і про негативні аспекти впровадження роботів у виробництво. Вчені передбачають, що до 2025 року роботизация тільки в США скоротить 22,7 млн. Робочих місць або 16% від загальної кількості.

Безробіття, що виникає унаслідок розвитку науково-технічного прогресу, називають технологічним безробіттям. Сучасні роботи, які використовуються в машинобудуванні, серйозно збільшують можливості для заміни ручної праці, оскільки в порівнянні з більш старими моделями, для їх роботи потрібно набагато менше людського втручання. Більш того, доповідь 2015 роки від Citi Research стверджує, що побоюватися втрати місць потрібно не тільки низькокваліфікованим працівникам, а й особам із середньою кваліфікацією [7].

Основним способом мінімізації наслідків роботизації для населення виступає отримання субсидій від уряду. Великі звільнення через впровадження роботів у виробництво - це впевнена тенденція, що робить

вплив на економіку все більших країн. Можна виділити основні проблеми, що обмежують розвиток роботизації. Основною причиною є відсутність масштабного ринку роботів вітчизняного виробництва, які можна було б закуповувати за доступними цінами. Також слід зазначити недостатнє державне втручання, наприклад, у вигляді значних інвестицій і різних стимулів для роботизації. Більш того, в Україні існує брак кваліфіковані х кадрів з робототехніки і так звана «відтік мізків» за кордон.

Висновки. Підводячи підсумки, слід зазначити, що роботизація машинобудування впливає на виробничий потенціал країни і збільшує обсяг ВВП, але при цьому не можна забувати про безробіття, до якої вона може призвести і своєчасно мінімізувати наслідки. Впровадження роботів в Україні ще не досить розвинене, проте необхідно підтримувати цей напрямок для підтримки конкурентоспроможності на світовому ринку машинобудування.

Переваги застосування робототехніки очевидні: робот маніпулятор здатний забезпечувати максимально високий ступінь точності виконання будь-якої операції й, як результат, збільшення якості продукції; можливість застосування технологічного встаткування 365 днів у році, у три зміни; оптимізація експлуатації виробничих приміщень; швидка окупність; відсутність впливу людського фактора під час виконання монотонних робіт, які вимагають підвищеної точності.

Список використаних джерел

1. Гриб'юк О. О. Комп'ютерне моделювання та робототехніка в навчально-виховному процесі сучасного навчального закладу О. О. Гриб'юк // Матеріали 7 міжнародної науково-практичної конференції FOSS Lviv-2017: Збірник наукових праць, м. Львів, 27-30 квітня 2017 р. – Львів : ЛНУ ім. І. Франка, 2017. – С. 38-43.

2. Колісник М. К. Стан підприємств машинобудування в Україні і можливі шляхи виходу з кризи за допомогою стратегії інтеграції // М. К. Колісник К. Е. Сміх // Регіон. економіка. – 2008. – № 4. – С. 163-173. – Бібліогр.: 11 назв. – укр.

3. Кривонос О. М. Робототехніка в школі / О. М. Кривонос // Теорія і практика використання інформаційних технологій в навчальному процесі. - К. : Вид-во НПУ імені М.П. Драгоманова, 2017. – С. 90-91.

4. Лазарев М. В. О связи робототехники с механикой, электроникой и программированием, а также о междисциплинарных связях / М. В. Лазарев // Вестник ТГПУ (TSPU Bulletin). 11 (139), 2013. – С. 132-136.

5. Синтез робототехнічних систем в машинобудуванні: підруч. для студентів вищ. техн. навч. закл., які навчаються за спец. 015 «Проф. освіта. Машинобудування»: присвяч. 100-річчю Вєтрова Ю. О., ректора Київ. інж.-буд. ін-ту, зав. каф. буд. машин / Л. Є. Пелевін, К. І. Почка, О. М. Гаркавенко та ін. ; М-во освіти і науки України, Київ. нац. ун-т буд-ва і архітектектури. — Київ: ТОВ НВП «Інтерсервіс», 2016. — 258 с.

6. Щуров, І.А. Машинобудування. Історичний огляд та приклади олімпіадних завдань: навчальний посібник / І.А. Щуров. - Челябінськ: Видавничий центр ЮУрГУ, 2014. - 60 с. (Дата звернення 25.02.2016)

7. Carl Benedikt Frey , Michael Osborne and Citi Research. TECHNOLOGY AT WORK : The Future of Innovation and Employment. Oxford Martin School, 2015 (дата обращения 20.02.2017)

8. IFR Statistical Department: [электронный ресурс] / [официальный сайт]. — URL: http://www.world robotics.org (дата обращения 26.02.2017)

УДК 681.518

Деміда Н.В., магістр, наук. кер. д.т.н., проф. Кіяновский М.В., (Криворізький національний університет, м. Кривий Ріг, Україна)

ВСТАНОВЛЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ УТВОРЕННЯ ЕКСЦЕНТРИСИТЕТУ ОСІ РОБОЧОГО ОРГАНУ РОТОРНОЇ МАШИНИ

Розглянуті проблеми забезпечення суміщення осей елементів роторних механізмів, а саме ротора та опор ковзання. Проаналізовані характерні особливості підшипника ковзання, з врахуванням специфіки його роботи в механізмі. Аналітично встановлюються загальні властивості мастильного шару, його стан під час навантажень на підшипник ковзання. Запропоновано у якості вирішення проблеми стабілізації положення осі валу з віссю підшипника спеціальна форма вкладиша підшипникової опори, що сприятиме зменшенню величини ексцентриситету, не допускаючи негативних явищ на підшипник при різних ступенях навантаження.

В даний час однією з найважливіших задач сучасного машинобудування залишається проблема зміщення осі обертання ротора від осі підшипника ковзання, так званий ексцентриситет, який виникає при русі роторних машин під дією динамічних сил. Під час роботи машин, ланки їх механізмів рухаються з прискоренням, в результаті чого виникають динамічні сили (сили інерції), які викликають великі, часом дуже суттєві, навантаження та створюють додаткові напруження у таких кінематичних парах, як ротор та підшипник ковзання, а також збільшують тертя і знос їх елементів [1]. При перенавантаженнях чи досягненні граничного зношення поверхонь тертя підшипника ковзання відбувається зміщення осі ротора від осі підшипника, що спричиняє збільшення амплітуд автоколивань, порушується режим нормального мащення і рідинне тертя переходить в граничне або навіть сухе. Це приводить до різкого підвищення температури і зниження в'язкості мастила. У сполученні створюються сприятливі умови для інтенсивного розвитку різних видів зношення, і в першу чергу зношення унаслідок заїдання [2].

Значне збільшення зазорів приводить до появи ударних навантажень, які також сприяють збільшенню швидкості зношенню, або навіть до поломок окремих деталей і виходу машини з ладу [3].

Вказані фактори значною мірою впливають на надійну роботу роторної машини, зменшуючи її експлуатаційний термін. Таким чином, вивченню впливу ексцентриситету на параметри машини необхідно приділити значну увагу.

З аналізу наукових праць виникає необхідність у дослідженні динаміки деталей роторних машин, а саме в забезпеченні стабілізації положення осі ротора відносно осі опори ковзання, враховуючи різного роду навантаження в механізмі.

Сутність вивчення проблеми полягає в детальному аналізі підшипників ковзання, характерним для них динамічним процесам, які істотно впливають на особливості ексцентриситету.

Підшипники ковзання є невід'ємною частиною багатьох великих і дуже відповідальних агрегатів, вони широко застосовуються в енергетичному обладнанні, потужних насосах, компресорах, електродвигунах. Фізичні процеси, що протікають в підшипниках ковзання, достатньо складні і залежать від співвідношення багатьох зовнішніх і внутрішніх чинників [4].

В основному, всі виникаючі в процесі експлуатації проблеми стану підшипників ковзання можуть бути об'єднані в три групи. Це проблеми стану робочих поверхонь підшипника, проблеми величини зазору між жолобником ротора та антифрикційним вкладишем, а також проблеми несучої здатності шару мастила.

Умови створення несучого мастильного шару в підшипнику аналогічні гідродинамічним процесам, які виникають між площиною і пластиною, яка переміщується під деяким кутом до неї.

Коли зазор підшипника заповнений мастилом, а до валу прикладена сила P, то вал зміщується з центрального положення і утворює ексцентриситет є між валом і отвором і, тим самим, клиновий зазор. При обертанні валу мастило, яке до нього прилипає, буде захоплюватися в клиновий зазор, стискатися у вузькому горлі зазору і створювати підйомну силу, яка утримує вал від контакту з підшипником. Визначення гідродинамічного тиску в масляному шарі в підшипнику є одним із завдань гідродинамічної теорії змащування. У клиновому мастильному зазорі розвивається гідродинамічний тиск p, який врівноважується навантаженням P, що діє на вал.

На рис.1 показані схеми розміщення валу в підшипнику: на початку його роботи (рис.1а) коли кутова швидкість валу ω ще близька до нуля, і в період сталого руху, коли кутова швидкість ω стає більше критичного значення, що відповідає переходу в режим рідинного тертя (рис.1б).

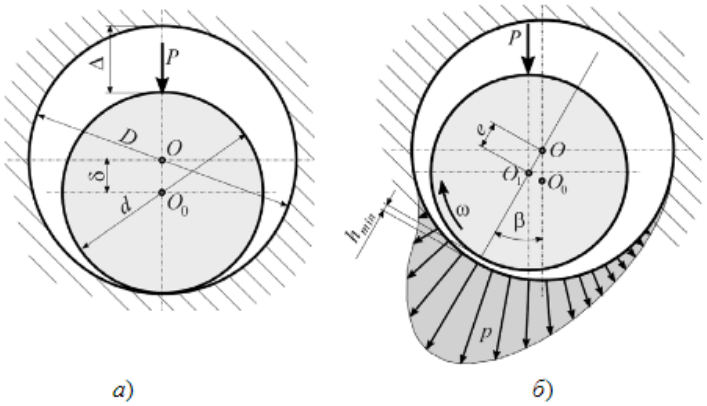


Рис.1. Положення валу в підшипнику:
а – в стані спокою; б – при обертанні зі швидкістю

При зміні кутової швидкості центр валу відповідно змінює своє положення; траєкторія його руху в підшипнику наближено дуга окружності. При $\omega \to \infty$ циліндричні поверхні валу, які труться, і підшипника стають майже концентричними, утворюючи постійний по колу кільцевий зазор, який дорівнює δ. Мінімальний зазор виникає в перетині, який зміщений на кут β, що розташовується між лінією центрів валу і підшипника і лінією дії навантаження Р. Крім цього кута положення валу в підшипнику при гідродинамічному режимі повністю визначає ексцентриситет ε між зміщеними центрами О і О1. Якщо сталість зазору не підтримувати штучним шляхом, то вал опуститься під дією сили тяжіння. Тут в дію включається гідродинамічний ефект, який полягає в тому, що вал захоплюється за рахунок змочування мастилом і нагнітає його в клиновий зазор, який звужується у напрямку руху. При цьому всередині мастильного клину виникає додатковий тиск [5].

Товщина клину є найбільшою в місці входу робочої поверхні обертового валу в несучу зону підшипника і мінімальна на виході з неї. Чим більше навантаження на підшипник, тим тонше ставатиме шар мастила, який несе радіальне навантаження.

Ротори агрегатів, які спираються на підшипники ковзання, при певних умовах можуть втратити стійкість і перейти в режим автоколивань в радіальному напрямку. Найбільш часто це відбувається при значному зменшенні навантаження валу ротора на підшипник, що може бути наслідком багатьох причин.

Траєкторія руху валу в підшипниках є фактично встановленою, але досі не пропонується спосіб зменшення величини ексцентриситету, що суттєво впливає на стабілізацію положення осі валу в опорах ковзання. Виникає необхідність модернізувати підшипник кочення, змінюючи кривизну його опорної поверхні. На рис.2 представлені схеми поперечного перерізу підшипника при обертанні з описаними траєкторіями руху: підшипник до модернізації (рис.2а) та підшипник зі зміненою кривизною його несучої поверхні (рис.2б).

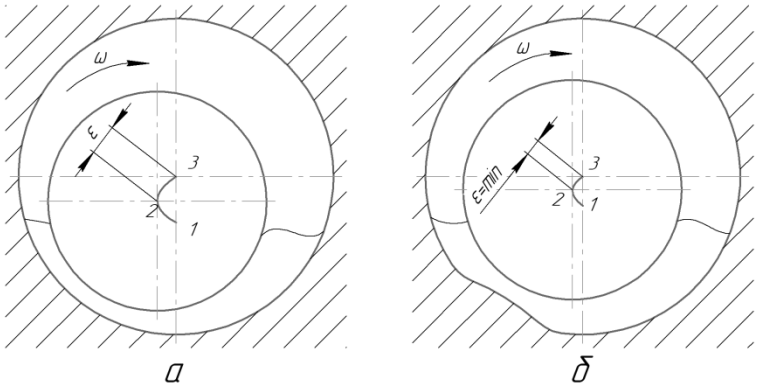


Рис.2. Змінення кривизни траєкторії руху ротору:
а – підшипник до модернізації; б – підшипник зі зміненою кривизною його опорної поверхні

Аналіз траєкторії руху ротору по вихідним точкам узято з пояснення до рис.2. Крива показана експериментально та потребує подальших досліджень.

Рис.3 дає нам можливість наочно бачити змінену лінію навантаження підшипника за рахунок змінення кривизни поверхні опори ковзання, яка в повній мірі приводить до зменшення ексцентриситету, що також позитивно позначається на зниження мастильних вібрацій [6].

В інших випадках зменшення частоти вібрації мастильного клину говорить про збільшення зазорів в підшипнику. Зазори в підшипниках ковзання завжди ретельно контролюються з усіх боків ротора, оскільки всі вони, а не тільки нижня частина вкладиша, в тій чи іншій мірі беруть участь в роботі. Зазор у верхній частині підшипника також дуже важливий для стабілізації положення ротора в зазорі підшипника. В процесі роботи внаслідок зносу зазори поступово зростають і наступає такий момент, коли це починає позначатися на стані механізму і виявляється в спектрі вібрації. Достатньо часто при цьому в механізмі повинен бути присутнім ще якийсь один дефект іншої природи виникнення, наприклад дисбаланс. Такий дефект порушує вібрації, які повинні привести до обкатування ротора по колу підшипника. Це може бути збудлива сила і іншого прояву. З цього можна зробити висновок, що повинна бути зовнішня сила, яка в певні фази обертання підводитиме ротор і притискуватиме його до бічних поверхонь і навіть до верхнього вкладиша підшипника, або на деякий момент часу розвантажувати підшипник ковзання [7].

Подальшому глибокому вивченню та аналізу, на базі досвіду наявних наукових праць, підлягає питання виникнення ексцентриситету внаслідок можливого впливу стану підшипника, зазорів в ньому, зміни частоти мастильної вібрації.

Для зменшення величини ексцентриситету є пропонується змінити кривизну траєкторії переміщення центру обертання ротора, при зміні навантаження на підшипник, за рахунок зміни кривизни опорної поверхні підшипника у місці виникнення клинового зазору. Таким чином зміститься положення клинового зазору, що забезпечить як «підйом» ротора, так і його шлях по новій зміщеній траєкторії, тому ексцентриситет дорівнюватиме мінімальному значенню. Регулювання кривизни опорної поверхні підшипника сприятиме стабілізації положення осі ротору в опорах ковзання.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Кіницький Я. Т. Теорія механізмів і машин: Підручник. — К.: Наукова думка, 2002. — 660 с. ISBN 966-00-0740-X, 263 с.

2. С. А. Чернавский. Подшипники скольжения. М., «МАШГИЗ», 1963., 243 с.

3. Квитницкий Е.И., Киркач Н.Ф. и др. Расчет опорных подшипников скольжения. Справочник. — Москва: Машиностроение, 1979. — 70 с

4. Решетов Д.Н. Детали машин: Підручник – М.: Машиностроение, 1989. — 496 с.

5. Докшанин С.Г., Трошин С.И., Детали машин и основы конструирования. Смазка деталей машин и смазочные устройства: учеб.-метод. пособие – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2013.

6. Русов В. А. Спектральная вибродиагностика. – М.: Наука, 1996. – 243 с.

7. В. П. Ройзман, С. А. Петращук, Вібрації в техниці та технологіях. - 2015. - № 3. - С. 117-122.

УДК 621.791.052:621.01

Держановський Б.І., Чеботарьов Є.В., Рібоженко М.В., Задорожня І.М. (м. Краматорськ, ДДМА)

ОСОБЛИВОСТІ ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ УСТАТКУВАННЯ ДЛЯ ВІБРОСТАБІЛІЗУЮЧОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ

Розглянута двомасова електромеханічна система віброзбуджувача для вібростабілізуючої обробки деталей з настройкою системи керування на максимум взаємодії електричної та механічної підсистем з регламентацією демпфуючої дії. Отримані умови вибору оптимального коефіцієнта регламентації для зниження резонансного піку АЧХ та зони обмеження регламентації.

The article present a two mass vibroexciter electromechanical system for stabilizing large size remaining tensions when control system tuning to maximize interaction between the electrical and mechanical subsystems with regulation of the damping action. Also obtain conditions for choosing the optimal rate regulation to reduce the resonance peak of amplitude frequency response and regulation band limitations.

В умовах підвищення якості та збільшення обсягу продукції, що випускається, до сучасних технологічних машин пред'являються високі вимоги, удосконалення технічного рівня яких вимагає більш детального дослідження їх характеристик.

Основним структурним елементом сучасних технологічних машин є автоматизований електропривод. Динаміка електроприводу має важливе значення у виконанні функцій машин. Існує ряд можливих способів оптимізації динаміки електромеханічних систем (ЕМС) [1; 2; 3], кожен з яких лежить в межах використання того чи іншого виду електромеханічного обладнання.

Для проведення технологічних операцій обробки в даний час створені і експлуатуються автоматизовані віброкомплекси [4], що використовують режими вібрації на резонансних частотах деталей з високим рівнем амплітуд динамічних зусиль, для яких є характерним періодична зміна навантаження на валу з моментом $m_C=M_{Cmax}\sin\Omega t$. При цьому специфічною особливістю приводу віброзбуджувача є малий коефіцієнт розподілу інерційних мас γ та наявність в передачі пружних механічних ланок.

Для оцінки функціонування систем автоматичного регулювання (САР) застосовують показники якості. Показники якості поділяють на прямі (отримані при моделюванні ЕМС, кореневі) і непрямі (частотні та інтегральні) [5]. Безпосереднє застосування прямих показників якості дозволяє отримати точні результати, але для складної САР з характеристичним рівнянням четвертого, п’ятого та вищого порядку аналіз і оптимізація динаміки процесів дуже складні.

Застосування частотних показників якості є громіздким для систем високого порядку, але застосовуючи спрощені оцінки та враховуючи, що частотні показники є непрямими показниками, можна з достатнім ступенем точності стверджувати про показники якості тієї чи іншої системи, тому для досліджень використовувалися амплітудно-частотні характеристики (АЧХ). Крім того, при гармонійному збурення застосування частотних критеріїв дозволяє оцінити роботу САР в усьому робочому діапазоні частот.

Відповідно до теорії коливань [6] і за принципом академіка Ішлінського [7] коливальна система високого порядку може бути приведена до системи коливальних ланок другого порядку за умови однаковості власних частот цих ланок. При цьому підсистеми ЕМС знаходяться у взаємодії і можлива реалізація демпфіруючих властивостей електроприводу [8-10]. Демпфіруючий ефект електроприводу дозволяє сформувати необхідні динамічні якості ЕМС для того чи іншого критерію.

В рамках досліджень розглядався комплекс вібростабілізіруючої обробки зварних конструкцій, що дозволяє генерувати механічні коливання в діапазоні частот від 10 до 100 Гц, який складається з оброблюваної деталі на віброізольованих опорах, віброзбуджувача дебалансного типу з приводним двигуном постійного струму типу МГП-900 (номінальна потужність 900 Вт; номінальна напруга якоря 27 В; номінальний струм якоря 41 А; номінальна кількість обертів вала двигуна 5600 об/хв). У складі САР є однофазний тиристорний перетворювач, регулятор і датчик швидкості [11].

При проведенні науково-дослідницьких робіт електроприводи дебалансниих віброзбуджувачів удосконалюються шляхом оптимізації механічних підсистем та використання нових способів керування [2, 12].

Для оптимізації ЕМС в даному випадку необхідно було вирішити дві суперечливі задачі, а саме, обмежити резонансний пік при розширенні частотного діапазону САР. В результаті досліджень було з’ясовано, що в робочому діапазоні частот існують резонансні піки і амплітуда вимушених коливань буде високою, що у робочому діапазоні частот віброобробки виступає причиною виникнення вимушених коливань струму якоря з додатковим перевантаженням двигуна и керованого випрямляч, що призводить до втрати енергії дії вібрації.

Для оптимізації параметрів віброзбуджувача була запропонована методика зниження амплітуди резонансного піку згідно з принципом електромеханічної сумісності [10], яка полягає в налагодженні ЕМС віброзбуджувача на максимальну взаємодію підсистем з подальшою регламентацією внесеного демпфірування в електричну і механічну підсистеми. Запропонована методика синтезу параметрів ЕМС з обмеженням вимушених коливань її координат, а корекція САР з метою використання демпфіруючих властивостей електроприводу дозволила ефективного перетворити енергію дії вібрації в оброблюваній деталі.

Зокрема, незважаючи на малий коефіцієнт розподілу інерційних мас, можливо зниження амплітудного піку практично на 50% по відношенню до статичного сигналу за умови граничної взаємодії в ЕМС з витратами на зниження смуги пропускання САР на 7%.

Експериментальні дослідження и експлуатація віброзбуджувачів в умовах виробництва також свідчать про доцільність застосування даної методики синтезу ЕМС подібного класу [11].

Література

Ключев В. И. Ограничение динамических нагрузок электропривода / Ключев В. И. – М.: Энергия, 1971. – 320 с.

Борцов Ю. А. Автоматизированный электропривод с упругими связями / Ю. А. Борцов, Г. Г. Соколовский. – СПБ.: Энергоиздат, 1992. – 228 с.

Бургин, Б.И. Анализ и синтез двухмассовых электромеханических систем / Б. И. Бургин – Новосиб. электротехн. инст., Новосибирск, 1992. – 192 с.

Дрыга А.И. Вибростабилизирующая обработка сварных и литых деталей в машиностроении. Теория, исследования, технология. Краматорск: ДГМА, 2004. –168 с.

Бесекерский В. А. Теория систем автоматического регулирования / В. А. Бесекерский, Е. П. Попов. – СПб.: Профессия, 2003 – 752 с.

Мандельштам, Л. И. Лекции по теории колебаний / Л. И. Мандельштам [под ред. С. М. Рытова]. – М.: Наука, 1972. – 452 с.

Шипилло, В. П. Автоматизированный вентильный электропривод / В. П. Шипилло – М.: Энергия, 1969. – 400 с.

Задорожний Н.А. Разработка систем управления электромеханических виброкомплексов с активным демпфированием колебаний / Н.А. Задорожний, А.И. Дрыга // Вибрации в технике и технологиях. – Винница, 2003. – N5(31). – С. 6-9.

Беш А.Н., Винник А.В., Дрыга А.Й., Задорожний Н.А., Синтез двухмассовой электромеханической системы модального управления вибровозбудителем с демпфированием упругих колебаний // Вестник Национальный технический университет «ХПИ». – Харьков. – Вып. 45. – 2007. – С.247-250.

Задорожний Н.А. Взаимосвязи и оптимизация параметров двухмассовых электромеханических систем: монография / Н. А. Задорожний, И. Н. Задорожняя. – Краматорск: ДГМА, 2014. – 216 с.

Задорожний Н.А. Обоснование выбора типа вибровозбудителя для вибро-стабилизирующей обработки крупногабаритных сварных деталей / Н.А. Задорожний, А.В. Колот, Д.С. Пономарев // Наукові праці Донецького національного технічного університету. – Донецк: ДонНТУ. – 2011. – № 11(186). – С. 164-166.

Жидков А.Б. Новые методы управления процессом вибрационной обработки с целью снижения остаточных напряжений / А.Б.Жидков, Р.Н. Паненко // Проблеми тертя та зношування: Науково- технічний збірник. – К: НАУ. – 2008. – Вип. 49. – Т. 2 – С. 18 – 24.

Дубограй Д.О., Шайда М.А., студенти, наук. кер. Васильченко К.В., Олянюк Н.О., викладачі спеціальних дисциплін, к.т.н., доц. Цивінда Н.І. (Політехнічний коледж Криворізького національного університету м. Кривий Ріг, Україна)

ЗАСТОСУВАННЯ STEM ПІДХОДУ У НАУКОВОМУ ПРОЦЕСІ ЗА РАХУНОК ВПРОВАДЖЕННЯ ПРОЕКТУ ВИКОРИСТАННЯ АЛЬТЕРНАТИВИ ДИЗЕЛЬНОМУ ПАЛИВУ

Мета: створення уявлення студентів про доцільність методики STEM підходу до навчання.

Ідея: знаходження альтернативи дизельного пального, шляхом впровадження STEM підходу у розробки студентів.

Завдання наукової роботи:

- Оцінити вигідність впровадження водневого двигуна;
- Оцінити результативність впровадження STEM у наш навчальний заклад;
- З’ясувати переваги та недоліки впровадження STEM підходу;
- Донести доцільність застосування STEM підходу у подальшому розвитку студентів;
- Впровадження змішаного навчання у науковий процес.

Методи досліджень:

– Порівняння
– Індуктивний метод
– Аналіз
– Синтез

У науковій роботі розглянули питання:

✓ Визначення STEM підходу
✓ Впровадження STEM підходу у науковий процес
✓ Дослідження водневого двигуна на основі STEM підходу
✓ Оцінка результативності STEM підходу у нашому навчальному закладі.

Актуальність роботи. Полягає у створенні інтересу студентів до точних, технічних наук та дисциплін, що допомагає покращити світогляд молоді.

Сутність нашої роботи полягає у впровадженні STEM підходу у науковий процес. З’ясувати ефективність STEM, виконавши науковий проект. Оскільки ми навчаємось у залізничному коледжі, ми вирішили роздивитися усі можливі альтернативи дизельному двигуну тепловозу.

Одній з груп спеціальності, а саме “Технічне обслуговування, ремонт та експлуатація тягового рухомого складу”, протягом тижня було факультативно доставлено 2 години. Студенти обирали в день ті дисципліни, на яких могли більш детально, та об’єктивно оцінювати варіанти, проводити дослідження з розрахунками.

Таким чином ми впроваджуємо змішане навчання під час якого студенти можуть збільшувати свій світогляд досягаючи поставленої мети. Виходячи з цього, за результатами проекту, ми зможемо оцінити ефективність STEM підходу до навчання.

Висновок. Всебічно вивчивши можливості альтернативи, ми з'ясували що STEM підхід є продуктивним, здатним зацікавити, що робить його дієвою, або навіть рушійною силою навчального процесу, що у подальшій перспективі безпосередньо позитивно вплине на розвиток прогресивних технологій.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ.

1.*Основные преимущества и недостатки водородного топлива [Електронний ресурс]. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: http://www.tesla-tehnika.biz/vodorodnoe-toplivo-nedostatki.html.*

УДК 681.5

ЄФИМЕНКО О. В., к.т.н., доц., (Кафедра будівельних та дорожніх машин, Державний вищий навчальний заклад «Харківський національний автомобільно – дорожній університет», вул. Ярослава Мудрого 25, м. Харків, Україна, Тел. +38(057) 7003866, e-mail: admin@khadi.kharkov.ua, e-mail: khadi.alef@gmail.com)

ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ МАШИННОГО КОНТРОЛЮ LEICA(ШВЕЙЦАРІЯ)

Актуальність роботи полягає в створенні і вдосконаленні будівельних і дорожніх машин(БДМ). У даній статті розглянуто робочий процес малогабаритного бульдозера, оснащеного системою машинного конролю, а саме, системою Leica PowerGrade. Слід відмітити, що технологія автоматизованого керування БДМ дозволяє спростити і прискорити рішення завдань підвищення продуктивності робіт і, зрештою, істотно підвищити ефективність експлуатації землерійно-транспортної техніки(ЗТМ). Тому, у першу чергу, дана робота спрямована на підвищення ефективності функціонування ЗТМ та збільшення якості виконання робіт.

The relevance of the work is to create and improve the construction and road machines. This article describes the workflow of a compact bulldozer equipped with a machine control system, namely, the Leica PowerGrade system. It should be noted that the technology of automatic control of earth-moving machines allows us to simplify and accelerate the solution of the problem of increasing productivity of work and, finally, significantly improve the efficiency of operation of earth-moving equipment. Therefore, in the first place, this work is aimed at improving the efficiency of the functioning of earth-moving equipment and increasing the quality of work.

Проблема. Аналіз факторів, що визначають тенденції розвитку дорожньої техніки у світі, показав, що основними напрямками розвитку дорожньої галузі в Україні повинні стати[1,2]:

- забезпечення надійності, довговічності і якості покриття вітчизняних доріг;
- розширення номенклатури змінних робочих органів.
- розробка автоматизованих систем керування дорожньою технікою.

Проблема вирішення цих задач формулюється як підвищення ефективності ЗТМ при взаємодії із грунтовим середовищем в умовах обмеженого часу на прийняття рішення[6].

Аналіз публікацій. Тільки з появою позиціонування в реальному часі стало можливим не тільки виконувати розбивку ділянки будівництва але й створити автоматизовані системи керування устаткуванням [5]. Нова методика GPS-зйомки - кінематика в реальному часі (RTK) - дозволяє визначати тривимірні координати крапок у русі з точністю менш дециметра на ділянках розміром до 20 км. При цьому точність цих координат можна побачити відразу в полі, без необхідності наступних обчислень[3,5].

Метою роботи є проведення експериментальних досліджень робочого процесу ЗТМ на прикладі бульдозеру, оснащеного системою GPS - інтенсифікації, та за допомогою отриманих експериментальних даних запропонувати рекомендації щодо підвищення ефективності роботи дорожньої машини, яка використовує систему машинного контролю робочого процесу.

План експерименту. На полігоні ХНАДУ було проведено експериментальні дослідження бульдозера, оснащеного системою машинного контролю світового лідера фірми Leica(Швейцарія)[4]. Ключовим моментом в Leica Powergrade є використання Powersnap – єдиної докстанції. У якості об'єкта дослідження обраний трактор Дніпровського механо-тракторного заводу ДМТЗ-160 (ДМТЗ) (рис 2). ДМТЗ-160 оснащений одноциліндровим чотиритактним дизельним двигуном R15ND потужністю 16 к. с.

а) б)

Рис. 2 – а) загальний вид машини; б) Монтаж Laser Sensor MSL700

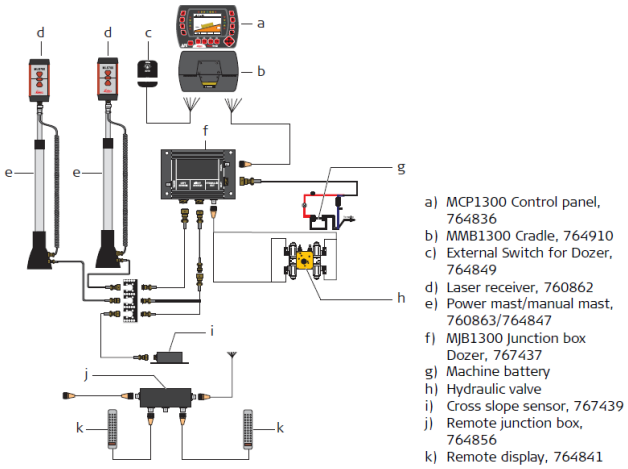
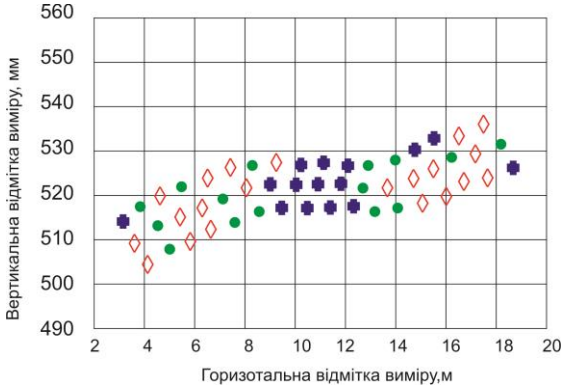


Рис. 3 - Схема монтажу установки на бульдозері

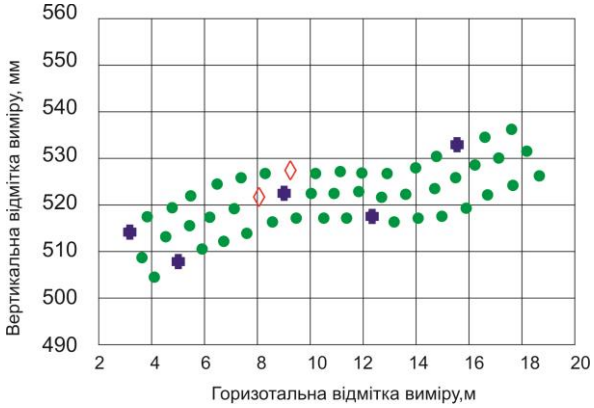
Порівняльний аналіз даних бульдозера з інтенсифікатором і без нього показав, що при використанні інтенсифікатора точність профілювання земляного полотна становить у межах припустимого 85 % на відміну від 35 % при традиційному будівництві. Кількість «влучень» ножа відвалу вище або нижче проектного профілю значно вище - 35 і 4%, 29 і 10 %. При формуванні дорожнього одягу середнє відхилення при MCS від необхідного профілю 0,035 м, а при традиційному – 0,050 м, величини максимальних

зрізів також 0,069 і 0,030, що суттєво нижче традиційних систем. Показники говорять про практично 2-ох кратну точність позиціонування ножа відвалу при плануванні з інтенсифікатором. Допуск на різання становив 0,03 м, допуск на розміри траншеї - 0,03 м Дані експерименту показують, що максимальний зріз дорівнює 0,069 м, Середній зріз – 0,05 м, максимальне відхилення від базової лінії -0,067 м, Середнє відхилення від базової лінії - 0,05 м. При використанні інтенсифікатора дані наступні: максимальний зріз – 0,030 м; середній зріз – 0,03 м; максимальне відхилення від базової лінії - 0,039 м; середнє відхилення від базової лінії - 0,035 м.



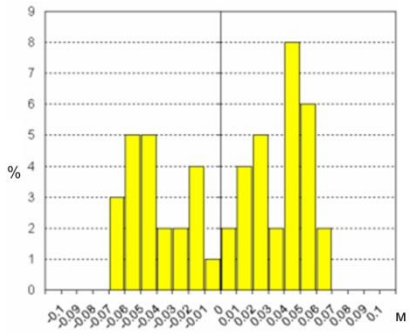
● - в межах допуску; ◊ - вище допуску;
✤ - нижче допуску

Рис. 5 Різання з використанням GPS інтенсифікатора

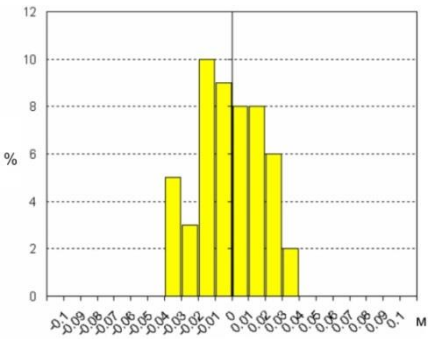


● - в межах допуску; ◊ - вище допуску;
✤ - нижче допуску

Рис. 6 Різання традиційним способом



а) традиційна технологія розробки ґрунту



б) розробка ґрунту з використанням GPS інтенсифікатора

Рис.7 - Гістограми обробки статистичних даних досліджень

Аналіз крапкових миттєвих фотограм положення відвалу дозволив встановити точність позиціонування робочого органу в просторі. Рис. 5 показує, що практично по всієї довжині робочої ділянки кількість «влучень» у смугу суттєво вище при використанні GPS інтенсифікатора, точність достатня на всій ділянці планування, на відміну від традиційного способу, коли оператор змушений постійно змінювати й «шукати» оптимальне положення ножа у відповідності до необхідного профілю. На підставі цих

даних побудовано закони розподілу величин (Рис. 7). У випадку використання інтенсифікатора закон розподілу величин нормальний, розкид даних у цьому випадку суттєво менше.

Висновки

1. Встановлена вимірювально-регіструюча апаратура відображає робочий цикл у модернізованій системі керування бульдозера ДТМЗ-160: процес розробки ґрунту, планування риття траншів і т.д.

2. Суттєво знизилися показники часу циклу машини (до 172%) і підвищилася якість земляних робіт (до 98%).

3. Виявилося, що дуже важливим недослідженим параметром системи є зона «позачутливості» системи керування (deadband). Зона позачутливості контролює точний рух гідравліки машини. Ці значення не відповідають технічній характеристиці датчиків системи, її треба розраховувати із урахуванням гідравлічних швидкостей елементів гідроприводу. Ці параметри не слід плутати із загальною продуктивністю машини або точністю виконання роботи й вони потребують подальшого дослідження.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Плугина Т.В., Ефименко А.В., Буткевич А.А. Структура интеллектуальной системы погрузочно-разгрузочных машин / - НТЖ Технология приборостроения.-2015, №2, с. 10-14.

2. Єфименко О. В., Т. В. Плугіна Проектування елементної бази інтелектуальної системи керування БДМ/ Вестник ХНАДУ: сб. науч. тр. – 2016. – Вып. 73. с. 225 – 228.

3. Global Dozers Machine Control System Market Research Report 2018 By Manufacturers, Type and Applications, Status and Forecast, 2013-2025 Source: Experts Interview , September 2018

4. Leica ConX Digitise your construction process Illustrations, descriptions and technical data are not binding. Copyright Leica Geosystems AG, Heerbrugg, Switzerland, 2017. 853840 en - 03.17

5. Интеллектуальные системы автоматического управления/ Под ред. И. М. Макарова, В. М. Лохина. М.: Физматлит, 2001. - 576 с.

6. Мещеряков В. А. Методика разработки информационных систем для формирования, представления и обработки экспериментальных данных в Internet: Отчет о НИР (заключит.)/ СибАДИ. -№ ГР 01200307543. Омск, 2004. - 89 с.

УДК 621.878.4

Єфименко О. В., к.т.н., доц., Мусаєв З. Р., асистент (Кафедра будівельних та дорожніх машин, Державний вищий навчальний заклад «Харківський національний автомобільно – дорожній університет», вул. Ярослава Мудрого 25, м. Харків, Україна, Тел. +38(057) 7003866, e-mail: admin@khadi.kharkov.ua, e-mail: khadi.alef@gmail.com)

ДОСЛІДЖЕННЯ ТРАНСПОРТНОГО РЕЖИМУ КОРОТКОБАЗОВОГО КОЛІСНОГО НАВАНТАЖУВАЧА(КБН)

Через коротку базу й центр мас, що конструктивно розташований ближче до задньої осі, у деяких випадках транспортного режиму, а саме, при подоланні нерівностей робочої поверхні КБН частково втрачає стійкість. Вітчизняний і закордонний досвід використання малогабаритних машин також свідчить про недостатню стійкість, особливо якщо мова йде про транспортні операції. Внаслідок цього, експлуатаційна продуктивність даного класу машин значно нижче заявленої.

Due to the short base and center of mass, structurally located closer to the rear axle, in some cases the transport mode, namely, when overcoming the unevenness of the working surface, the SBL partially loses stability. Domestic and foreign experience in using small-sized machines also indicates a lack of sustainability, especially when it comes to transport operations. As a result, the operational performance of this class of machines is significantly lower than stated.

Проблема. Постійно зростаючі обсяги робіт у будівництві визначають необхідність випуску поряд з машинами середнього й важкого класу малогабаритних машин багатоцільового призначення, що дозволяють істотно знизити частку ручної праці. КБН з бортовим поворотом і гідрооб'ємною трансмісією є найбільш представницьким по числу моделей, що випускаються, (більше 140) і мають широку номенклатуру змінних робочих органів (більше 70 найменувань). Завдяки універсальності, економічності, високій мобільності й маневреності, а також простоті керування в сполученні зі швидкою зміною робочих органів, КБН служать високоефективним засобом механізації ручної праці. Вітчизняний і закордонний досвід використання малогабаритних машин свідчить про недостатню стійкість, особливо якщо мова йде про транспортні операції. Внаслідок цього, експлуатаційна продуктивність даного класу машин значно нижче заявленої. Тому виникає проблема підвищення ефективності КБН за рахунок дослідження поведінки машини під час виконання транспортних операцій.

Аналіз публікацій. У навчальному посібнику А. М. Холодова, В. В. Ничке й Л. В. Назарова була спроба оцінити стійкість навантажувачів і землеройно- транспортних машин у русі з урахуванням дії інерційних сил.[1] В одному з випадків розглядається поздовжня стійкість машини (на прикладі

бульдозера) при її гальмуванні. Визначався граничний кут нахилу опорної поверхні з коефіцієнтом запасу стійкості не менш 1.2. У другому випадку розглядався бульдозер або колісний навантажувач, що рухається із транспортною швидкістю на закругленій ділянці дороги й на який діють відцентрові сили. Урахувати інерційні сили, що виникають при гальмуванні стріли, що опускається, навантажувача, спробували В. М. Векслер, Т. И. Муха,[2] Б. Т. Бесєдін. Із цією метою В. М. Векслер і Т. И. Муха врахували піддатливість ходових коліс і опорної поверхні. Однак і в цій роботі розглянута тільки плоска схема дії зусиль на нерухомий навантажувач. Значний інтерес з позиції стійкості КБН являють собою роботи Назарова Л. В., Разарьонова Л. В.[3].

Метою роботи є проведення експериментальних досліджень КБН на прикладі малогабаритного навантажувача ПМТС 1200, виявити найнебезпечніший режим роботи при виконанні транспортних операцій[4]. У якості окремого випадку транспортного режиму було обрано подолання КБН одиничної перешкоди.

План експерименту. На учбово-навчальній виробничій базі Харківського національного автомобільно-дорожнього університету (ХНАДУ) було проведено експериментальні дослідження КБН, оснащеного комплектом вимірювальної апаратури (рис. 1). Перед проведенням експериментальних досліджень, пов'язаних з переїздом навантажувача через одиночну перешкоду були проведені ряд підготовчих робіт, а саме:

– вибір типорозмірів і форми подоланої перешкоди;
– визначення силового радіуса ходових коліс;
– визначення середніх швидкостей руху навантажувача на заданих дистанціях;

У ході випробувань при подоланні навантажувачем одиночної перешкоди були зафіксовані такі випадки як:

– втрата стійкості машини в поздовжньому напрямку;
– руйнування двосекційного розподільника гідроприводу робочого встаткування.

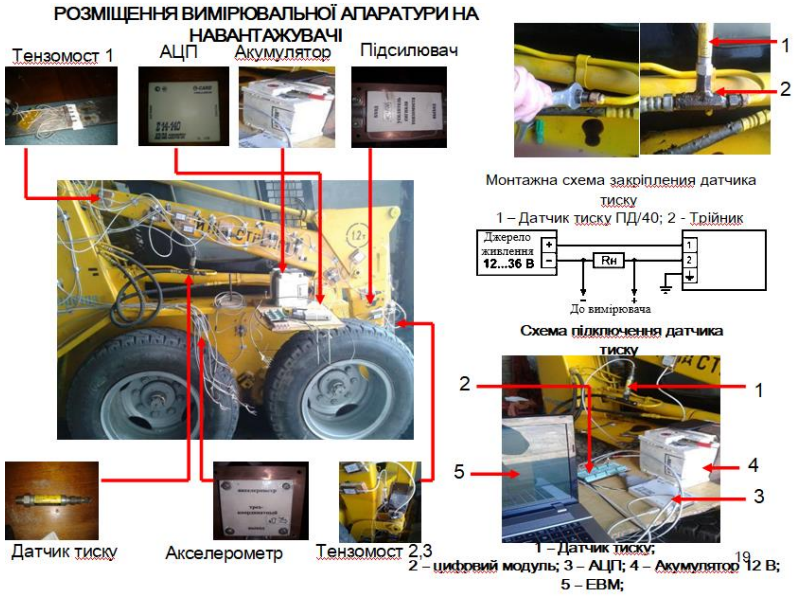


Рис. 1. Загальна схема розташування вимірювальної апаратури на навантажувачі

Швидкість і місткість ковша навантажувача варіювалися на трьох рівнях, максимальна швидкість досягала 2.2 м/с., а мінімальна 0,4 м/с. На рис. 2 зображено залежність швидкості й прискорення від часу при подоланні навантажувачем перешкоди з порожнім робочим обладнанням і при мінімальній швидкості.

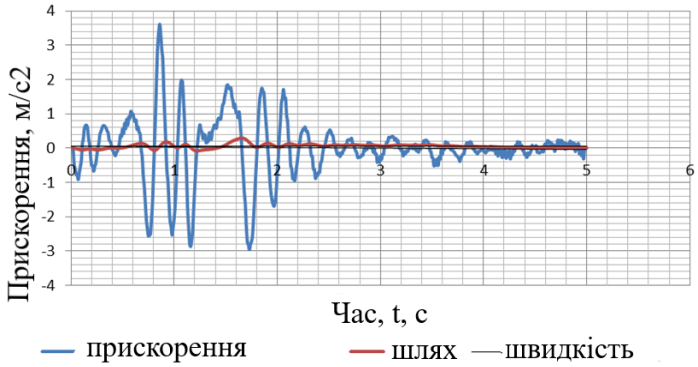
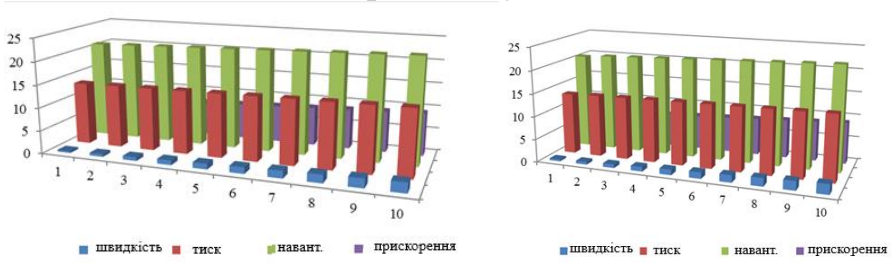
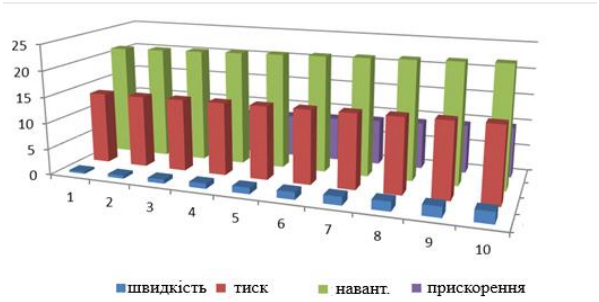


Рис. 2 - Залежність прискорення й швидкості від часу при першому робочому положенні



а) б)



в)

Рис. 3 Гістограма даних експерименту

а) при вантажопідйомності 400 кг.; б) при вантажопідйомності 800 кг; в) при вантажопідйомності 1200 кг.

Аналіз експериментальних даних, зображених на діаграмах 17 – 19 свідчить про те, що при збільшенні швидкості до 2,2 м/с тиск у гідросистемі робочого обладнання досягає своєї критичної оцінки в 14,5 МПа, напруга на металоконструкції робочого обладнання зростає до 23 МПа, переміщення центру мас навантажувача при наїзді на перешкоду зростає до 0,04 м. у вертикальному напрямку.

Висновки

1. Аналітичний огляд стану питання стійкості КБН показує, що Традиційна методика визначення коефіцієнта запасу стійкості навантажувачів при подоланні перешкоди не може бути використана для КБН оскільки інерційні сили у цих машин під час виконання робочих операцій значно вищі, ніж у аналогічних машин класичної конструкції.

2. Під час експериментальних досліджень було виявлено найбільш небезпечний період взаємодії навантажувача з опорною поверхнею – це з'їзд КБН з перешкоди під час подолання останньої задніми колесами, при цьому кут f досягає критичної відмітки у 28° (при m=0 кг), 26° (при m=600 кг), 22° (m=1200 кг);

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Холодов А. М. Проектирование машин для земляных работ / А. М. Холодов, В. В. Ничке, Л. В. Назаров – Харьков: Вища школа, 1986. – 272 с.

2. Векслер В. М. Проектирование и расчет перегрузочных машин / В. М. Векслер, Т. И. Муха. – Л.: Машиностроение, 1971. – 320 с.

3. Назаров Л. В. Динамическая устойчивость короткобазового погрузчика с бортовой системой поворота / Л. В. Назаров, Л. В. Разаренов // Наук. вісн. буд.: зб. наук. праць – 2009. Вип. 55. – С. 217 – 224.

4. Єфименко О. В. Експериментальні дослідження малогабаритного навантажувача при переїзді через одиночну перешкоду / О. В. Єфименко, Т. В. Плугіна, З. Р. Мусаєв // Строительство Материаловедение Машиностроение: сб. науч. тр. – 2018. – Вип. 103. С. 83 – 90.

УДК 621.791.052:621.01

Зоря Я.І., Болтенко О.О., Ушкварок І.О., Задорожній М.О. (м. Краматорськ, ДДМА)

ПРОБЛЕМАТИКА ТА ПИТАННЯ РАЦІОНАЛЬНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ МЕТАЛУРГІЙНИХ МАШИН

Розглянуто питання раціонального обліку динамічних навантажень в електроприводах металургійних машин, рекомендовано при аналізі навантажень на механічне та електричне обладнання враховувати вимоги до технологічного процесу, властивості електроприводу, системи управління та обладнання, запропоновано при проектуванні і модернізації металургійних машин враховувати демпфіруючий ефект електроприводу.

The problems of rational accounting of dynamic loads in electric drives of metallurgical machines are considered in the article, it is recommended to take into account the requirements for the technological process, the properties of the electric drive, the control system and the equipment when analyzing the loads for mechanical and electrical equipment. It is proposed to use the damping effect of the electric drive in the design and modernization of metallurgical machines.

Металургійні машини при введенні в експлуатацію мають найкращій технічний стан і характеристики, які протягом функціонування погіршуються. Слід акцентувати увагу на тому, що типові режими навантаження металургійних машин є в основному нормальними робочими режимами, на які розраховані і спроектовані експлуатовані агрегати, крім того, в процесі виготовлення деталі і вузли машини проходять ретельний контроль. Разом з тим, в процесі експлуатації все-таки відбуваються відмови і аварії, що тягнуть за собою тривалі простої і відчутні втрати виробництва.

Метою дослідження є визначення фактичних динамічних навантажень електричного і механічного обладнання металургійних машин, що при проектуванні і експлуатації електроприводів виступає важливою науково-практичною задачею.

У важких металургійних машинах, наприклад, прокатних станах, основні навантаження в головних електроприводах створюються моментами пружних сил механічної передачі в режимах ударного захоплення і викиду металу. Динамічні навантаження коливального характеру призводять до різкого скорочення терміну служби деталей механічної передачі по зносу і витривалості і відхилення процесів від запропонованих технологією. Тому, як фактор обмеження динамічних навантажень пропонується використання на практиці демпфуючого ефекту електроприводу [1].

Для головних електроприводів станів гарячої прокатки з двигунами постійного струму зниження коливальності моментів в пружній механічній

передачі може бути досягнуто за рахунок формування оптимальної жорсткості механічної характеристики електроприводу [2]. Методи оптимізації електромеханічних систем головного приводу станів гарячої прокатки засновані на посиленні електромеханічного зв'язку, використанні принципу електромеханічної сумісності [1, 3] і синтезі параметрів, що сприяє мінімізації реакції електроприводу на дію коливань пружного моменту механічної частини, як зовнішнього збурення.

Для металургійних машин застосування знаходить синхронний електропривод з частотним регулюванням, в якому реалізується стратегія підпорядкованого керування з широким діапазоном регулювання і високими динамічними показниками [4], проте в електроприводах прокатних станів застосування синхронних двигунів обмежене через зростання додаткових динамічних навантажень [5], що вимагає лінеаризації динамічної механічної характеристики [6]. Електропривод в статичному режимі має абсолютно жорстку механічну характеристику, і при наявності демпферної обмотки в динаміці створює ефект внутрішнього в'язкого тертя, що вноситься в пружну механічну підсистему [6], тому для аналізу перехідних процесів пропонується форма нормування у вигляді узагальнених показників електромеханічної сумісності [7].

Попередні результати досліджень показали, що максимальне значення демпфіруючої дії електроприводу з синхронним двигуном досягається при електромеханічній сумісності і рівнозначності процесів в механічної та електромагнітної підсистемах, а також не залежить від форми нормування динамічних параметрів і визначається коефіцієнтом розподілу інерційних мас γ [3].

Таким чином, розглядається практична можливість обмеження динамічних навантажень в електроприводах з синхронним двигуном для металургійних машин, що може бути враховано при проектуванні нових і модернізації діючих електроприводів прокатних станів.

Литература

1. *Ключев В. И. Ограничение динамических нагрузок электропривода / Ключев В. И. – М.: Энергия, 1971. – 320 с.*
2. *Борцов Ю. А. Автоматизированный электропривод с упругими связями / Ю. А. Борцов, Г. Г. Соколовский. – СПБ.: Энергоиздат, 1992. – 228 с.*
3. *Задорожний Н.А. Взаимосвязи и оптимизация параметров двухмассовых электромеханических систем: монография / Н. А. Задорожний, И. Н. Задорожняя. – Краматорск: ДГМА, 2014. – 216 с.*
4. *Електромеханічні системи автоматичного керування та електроприводи: навч. посібник [для вищ. навч. закл.] / За редакцією професорів М.Г. Поповича та О.Ю. Лозинського. – К.: «Либідь», 2005. – 679 с.*
5. *Динамика и прочность прокатного оборудования / [Иванченко Ф. К., Полухин П. И., Тылкин М. А., Полухин В. П.]. – М.: Металлургия, 1970. –*

486 с.

6. Чиликин М. Г. Теория автоматизированного электропривода : учеб. пособие [для вузов] / Чиликин М. Г., Ключев В. И., Сандлер А. С. – М.: Энергия, 1979. – 616 с.

7. Задорожня І.М. Оптимізація динамічних режимів приводів металургійних машин з мінімізацією впливу пружних коливань / І. М. Задорожня // Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XI МНТК. – Кременчук, КрНУ,2013. – С. 51-52.

УДК 681.5.08

Іванова О. Р., магістрант, наук. кер. д.т.н., проф. Кіяновский М.В., (Криворізький національний університет, м. Кривий Ріг, Україна)

КОНТРОЛЬ ТА КОРИГУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ЗАКРІПЛЕННЯ ЗАГОТОВОК

Проведено аналіз методів силовимірювання в конструкціях технологічного оснащення, основних факторів, які впливають на сили затиску в затискних механізмах. В результаті проведеного аналізу було визначено, що задачі інструментального контролю параметрів закріплення заготовок при їх механічній обробці запобігають негативним явищам закріплення. При недостатньому закріпленні заготовки можливий її зрив під дією сил різання, і як наслідок пошкодження заготовки, інструмента та верстатного пристосування. Надмірне закріплення заготовки приводить до пошкодження її поверхонь.. Було визначено, що на сьогоднішній день не існує конструкції технологічного оснащення, яка в повній мірі реалізувала контроль силовимірювання. Тому дане питання потребує нових теоретичних і експериментальних досліджень при створенні принципово нових конструкцій затискних механізмів, які зможуть реалізувати контроль параметри закріплення заготовок і не допускати негативних явищ закріплення.

Задача інструментального контролю параметрів закріплення заготовок при їх механічній обробці одна з найважливіших питань в машинобудуванні. Відсутність інструментального контролю параметрів закріплення заготовок при їх механічній обробці приводить до негативних явищ закріплення, а саме: похибки закріплення, пошкоджень поверхні, до яких прикладені сили закріплення та можливі пружні деформації заготовки.

При недостатньому закріпленні заготовки можливий її зрив під дією сил різання, і як наслідок пошкодження заготовки, інструмента та верстатного пристосування. Надмірне закріплення заготовки приводить до пошкодження її поверхонь.

При відсутності контролю параметрів закріплення формоутворення заготовок супроводжується дефектами конструктивних елементів, що утворюють неявно виражені технологічні бази, що викликають високу трудомісткість і помилки допоміжних операцій технологічного базування заготовок в засобах технологічного оснащення, і як наслідок, брак виготовлення деталей.

Слід зазначити, що при затиску не повинно порушуватися положення заготовки, досягнуте базуванням. Це задовольняється раціональним вибором напрямку і точки прикладання сили затиску.

Затиск не повинен викликати деформації заготовок або псування (зминання) їх поверхонь, що закріплюються в пристосуванні. Сила затиску повинна бути мінімально необхідною, але достатньою для забезпечення надійного положення заготовки щодо настановних елементів пристосувань в процесі обробки.

Це потребує нових теоретичних і експериментальних досліджень при створенні принципово нових конструкцій затискних механізмів, які здібні контролювати параметри закріплення заготовок і не допускати негативних явищ закріплення.

У широко поширеній літературі [1, 2, 3] при проектуванні верстатних пристосувань досить скрупульозно аналізуються деформації, що виникають в контакті заготовки з опорними елементами і мають вплив на погрішність установки, але при цьому використовується спрощений підхід до розрахунку потрібної сили затиску, що викликає ці деформації. Він виражається в розгляді такої ж спрощеної системи сил, що діють на абсолютно тверде тіло простої геометричної форми, знаходженні шуканих реакцій, в якості яких можуть бути сили затиску, і виборі найбільшої за величиною сили з будь-якого рівняння рівноваги. Також зовсім не пропонуються методи або засоби контролю сили затиску заготовки.

В спеціальній літературі практично відсутня структурована інформація про особливості контролю параметрів закріплення. Таким чином, метою даної роботи є аналіз та вдосконалення технології закріплення заготовок, а саме - дослідження та наукове обґрунтування необхідності контролю параметрів закріплення заготовок для підвищення продуктивності обробки, забезпечення необхідної якості та точності оброблюваної поверхні.

Сформульована мета роботи обумовила необхідність дослідження існуючих методів закріплення заготовок з аналізом можливості їх контролю.

Залежно від джерела сили, необхідної для затиску деталі, затискні пристрої поділяються на ручні, механізовані і автоматизовані.

Ручні затискні пристрої пускає в хід безпосередньо робочий за рахунок мускульної сили. Конструкції з ручним затиском є найбільш ненадійними. При використанні такого оснащення сила затиску контролюється, у кращому випадку, звичайним динамометром. Недоліком динамометра є тертя в шарнірі, яке призводить до зростання варіації показань і відповідно до зниження точності вимірювання сили.

Механізовані затискні пристрої працюють від пневматичного, гідравлічного або іншого приводу. Автоматизовані пристрої переміщаються від рухомих вузлів верстата, шпинделя, супорта або патронів з кулачками, на які діють відцентрові сили обертових вантажів патрона. При цьому затиск і розкріплення деталі здійснюються без участі робітника.

Пневматичні приводи в порівнянні з приводами інших типів відрізняються високою швидкодією і забезпечують регулювання силових параметрі затиску заготовки лише на першій ланцюгу ланці силового ланцюга, зручні в напрямку і не вимагають докладання великих фізичних зусиль.

На рис.1 показаний токарний патрон з обертовим пневмоприводом, який дозволяє автоматизувати закріплення заготовки.

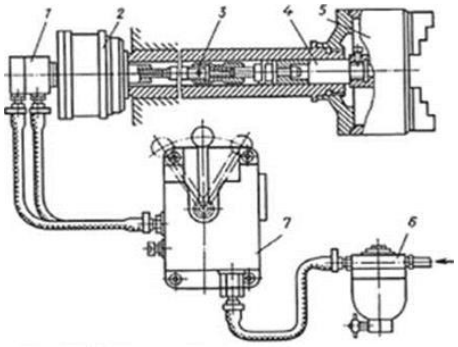


Рис. 1. Токарний патрон з пневмоприводом

Патрон *5* пов'язаний з пневмоцилиндром *2* тягою *4* з муфтою *3*, які розміщені всередині шпинделя верстата. Стиснене повітря з магістралі через вологовідділювач6 і кран управління *7* подається через нерухому муфту *1* в передню або задню порожнини пневмоциліндра *2*, що обертається разом зі шпинделем верстата. Переміщення поршня зі штоком і пов'язані з ним муфта *3* і тяга *4* пускає в хід кулачки патрона.

Контроль сили затиску в даному механізмі здійснюється шляхом визначення параметрів та об’єму стисненого повітря.

Гідравлічні приводи більш трудомісткі в експлуатації, для них необхідно мати більш герметичні ущільнення, систему збору та відведення витоків і ін.

На рис. 2 показаний лопатевий гідроциліндр, який встановлюється на іншому кінці шпинделя і обертається разом з ним. Масло подається в лопатевий гідроциліндр, закритий кожухом *8*, через нерухому муфту *5*, змонтовану на валу *6* на шарикопідшипниках, і надходить в корпус 1, приводячи в рух лопать *4* (між кришками *7* і *10* до упору *2*, пов'язану з ротором *3*) Ротор *3* жорстко з'єднаний з тайкою *9*, яка обертається в корпусі на роликопідшипниках *13* і змушує гвинт *11* переміщатися уздовж осі шпинделя, гвинт *11* через тягу *12* зводить або розводить кулачки патрона для закріплення і звільнення оброблюваної заготовки.

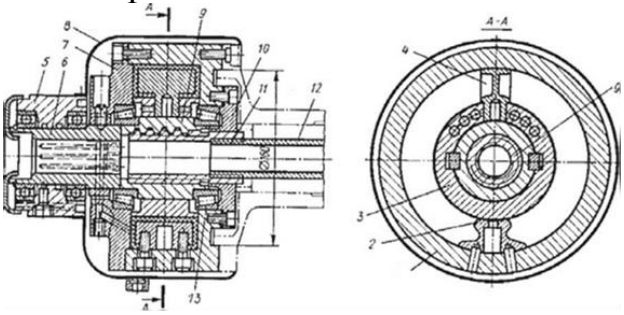


Рис. 2. Лопатевий гідропривід

Контроль сили затиску в даному механізмі здійснюється шляхом визначення параметрів тиску, витрат масла, що подається до приводу.

Електромеханічні приводи влаштовані значно простіше пневмо- і гідроприводів і більш зручні в експлуатації. До складу електромеханічного приводу входять електродвигун, передавальний механізм і електрична система управління електродвигуном.

На рис. 3 показаний токарний патрон з електромеханічним приводом.

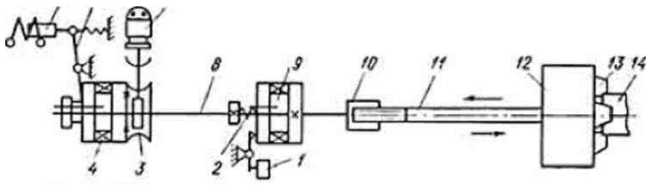


Рис. 3. Токарний патрон з електромеханічним проводом

Патрон *12* з'єднаний з електродвигуном *7* за допомогою черв'ячної передачі *3* і вала *8*, тяги, гайки *10* і муфт *4* і *9*. Для затиску деталі *14* в кулачках 13 патрона 12 включається електромагніт *6*, який через важіль 5 вводить в зачеплення зуби муфти 4, забезпечуючи передачу обертання від електродвигуна *7* через черв'ячну передачу *3* на вал *8* з гайкою *10*. Гайка *10*, нагвинчується або згвинчується з різьблення тяги 11, змушує тягу (при переміщенні уздовж осі) зводити або розводити кулачки патрона. При досягненні необхідної сили затиску кулачки муфти 9 виходять із зачеплення, стискають пружину *2* і натискають на кінцевий вимикач 1, який вимикає електродвигун 7 і електромагніт *6*.

Контроль сили затиску в даному механізмі здійснюється шляхом визначення постійного струму, що подається до привода і є досить приблизним.

Принцип дії електромагнітних затискних пристроїв заснований на використанні магнітного силового потоку електромагніту, що діє на заготовку, що знаходиться в зоні магнітних силових ліній. Контроль зусилля затиску заготовки визначається потужністю електромагніту. Перевагою є тут швидкість затиску заготовок і простота управління, а недоліком - мала величина затискного зусилля і можливість отримання браку при випадковому зняття живлення з електромагнітів.

Проаналізувавши існуючі конструкції технологічного оснащення можна зробити висновок, що для якісного і найбільш повного контролю затискних зусиль недостатньо контролювати лише вхідний параметр силового ланцюга. Необхідно підвищити якість закріплення заготовок при їх механічний обробці за рахунок створення затискного пристрою з можливістю інструментального контролю параметрів закріплення заготовок, і розробки методів їх розрахунку і проектування.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Довідник технолога-машинобудівника: У 2-т. Т. 2 [під ред. А.М. Дальського, А.Г. Суслова, А.Г. Косилової, Р.К. Мещерякова]. М .: Машинобудування-1, 2003. 944 с.

2. Верстатні пристосування: Довідник. У 2-х т. Т.1 [під ред. Б.М. Вардащкіна, А.А. Шатілова]. М .: Машинобудування, 1984. – 592 с.

3. Кузнецов Ю.И. Основи інженерного проектування оснащення для гнучких виробничих систем: Конструювання і розрахунок. Навчальний посібник. М .: ВНІІТЕМР, 1986. 71 с.

УДК 681.5.011

ІВАНОВА О.Р., магістр, наук. кер. к.т.н., доц. Пікільняк А.В., (Криворізький національний університет, м. Кривий Ріг, Україна)

ВПРОВАДЖЕННЯ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В МАШИНОБУДУВАННЯ: СИСТЕМА FACTORY FLOW

Від рівня розвитку машинобудування залежить промисловий потенціал держави, її конкурентоспроможність на зовнішніх ринках, рівень соціального розвитку держави. Таким чином, впровадження інноваційних процесів саме в машинобудівній галузі є важливим чинником розвитку економіки України в цілому.

Незважаючи на існуючі дослідження проблем інноваційної діяльності, недостатньо дослідженими залишаються питання щодо розвитку та впровадження інноваційних процесів саме в машинобудівній галузі. Метою є обґрунтування необхідності впровадження інноваційних процесів в машинобудівній галузі.

FactoryFlow - програмний продукт для створення детальних 3D-планувань цехів і заводів, виробничих ліній. Також він використовується для імітаційного моделювання. FactoryFlow входить до складу продуктової лінійки Tecnomatix від компанії Siemens PLM Software.

FactoryFlow - додаток, що надає всі необхідні інструменти для створення розвинених, детальних планувань. Замість креслення ліній, дуг, кіл він дозволяє використовувати «розумні об'єкти», що представляють практично всі виробничі ресурси, від підлогових і підвісних конвеєрів, антресолей і кранів до тари і персоналу. За допомогою цих об'єктів можна «зібрати» модель виробництва, не витрачаючи час на промальовування елементів.

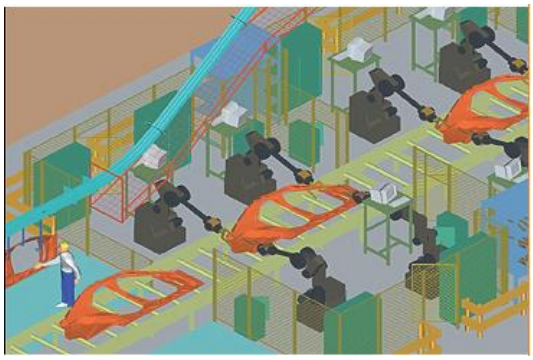


Рисунок 1 – Модель виробництва, виконана в програмному продукті FactoryFlow

За допомогою цього продукту 3D моделі можуть створюватися швидше, ніж 2D креслення в традиційних системах. При використанні «розумних об'єктів» розмір збережених файлів менше розміру двовимірних креслень, таким чином вирішуються проблеми, пов'язані з обсягом даних, що

зберігаються і продуктивністю, зазвичай виникають при моделюванні цілих виробництв. FactoryFlow дозволяє планувальникам створювати повні 3D-моделі, що містять набагато більше інформації, ніж двовимірні креслення, що полегшує пошук потенційних проблем на ранніх стадіях проектування. Моделі планування можуть бути передані в системи візуалізації, аналізу матеріалопотоків і імітаційного моделювання, що істотно заощаджує час.

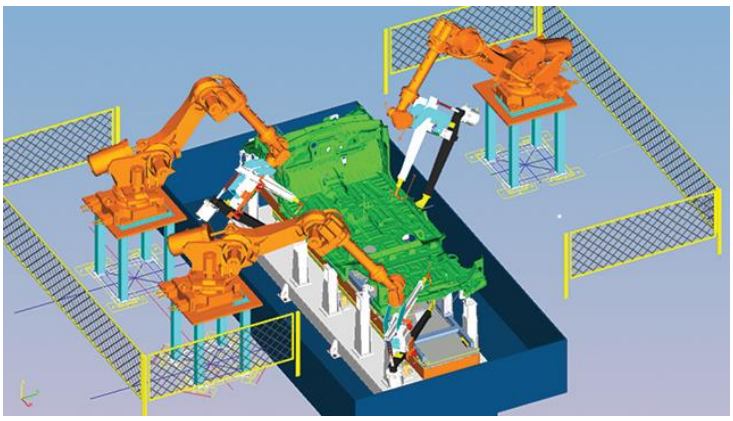


Рисунок 2 – Перегляд інженерних процесів з метою створення «сучасного» заводу в програмному продукті FactoryFlow

FactoryFlow розширює функціонал продуктів AutoCAD і AutoDesk Architectural Desktop, додаючи в них додаткові інструменти і бібліотеки «розумних об'єктів», що представляють обладнання та ресурси. Кожен об'єкт має своє уявлення для двовимірного і тривимірного відображення, а також містить ключові дані про продуктивність. Ці дані, разом з параметрами розташування, можуть бути експортовані з FactoryFlow в інструменти імітаційного моделювання через інтерфейс SDX. Аналогічно, для оцінки можуть бути експортовані і вартісні фактори. Продукт дозволяє створювати власні легковагі параметричні моделі обладнання, яке не увійшло до бібліотеки «розумних об'єктів».

Реалізація впровадження інноваційних процесів включає: активне використання людського та науково-технічного потенціалу, створення конкурентного середовища та ін.

Отже, впровадження програмного продукту FactoryFlow дозволяє прискорити роботу на 90% в порівнянні з традиційними інструментами створення 3D-планувань; зменшити витрати часу на створення 3Dмоделей; раніше визначити проблемні місця планування; повторне використання даних; уникнути дорогих проблем з перепланування; скоротити розмір моделей до 95%.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1.Unigraphics buys Engineering Animation. October, 24 2000.: St. Louis Business Journal. - October, 24 2000.

2.FactoryCAD. 3D-планування ліній, цехів, заводів. : Технічні матеріали.

УДК 621.791.052:621.01

Ізмайлов М.М., Сіротюк В. А., Тунгасова К.В., Задорожній М.О.
(м. Краматорськ, ДДМА)

АСПЕКТИ ОПТИМІЗАЦІЇ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ ЕНЕРГІЇ В ЕЛЕКТРОПРИВОДАХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ МАШИН З УРАХУВАННЯМ ПРУЖНИХ ЗВ'ЯЗКІВ

Розглянуто питання оптимізації параметрів систем керування електроприводами технологічних машин з урахуванням пружних зв'язків, рекомендовано при проектуванні і модернізації металургійних машин враховувати демпфіруючий ефект електроприводу.

The problems of optimizing the parameters of the control systems of electric drives of technological machines with regard to elastic connections are considered in the article, it is recommended to use the damping effect of the electric drive in the design and modernization of metallurgical machines.

Особливістю динаміки електроприводів технологічних машин і механізмів є взаємозв'язок процесів електричної та механічної частин обладнання. При взаємозв'язку процесів в електроприводах машин реалізація проектних можливостей компонентів сучасного обладнання ускладнена через негативний вплив на динаміку пружних механічних ланок [1]. При впливі пружних механічних ланок в електроприводах відбувається зростання динамічних навантажень і відхилення перехідних процесів від тих, що вимагає технологія, значно скорочується термін служби механічної передачі по зносу і витривалості, виникають аварійні режими з руйнуванням елементів передач.

Вирішити задачу обмеження динамічних навантажень в електроприводах можливо ще на етапах проектування при аналізування можливих варіантів за умов пошуку та цілеспрямованого вибору оптимальних співвідношень параметрів електричної і механічної частин приводу за критерієм максимального загасання електромеханічних процесів [2, 3].

Згідно з аналізом класу електромеханічних систем головних приводів станів гарячої прокатки з системою підпорядкованого регулювання [3, 4] отримані для двомасової розрахункової схеми передатні функції за керуючим та збурювальним впливами. При оптимізації процесів електромеханічної взаємодії розглядається характеристичний поліном (ХП) системи [4]:

$$Q(p) = \frac{\gamma T_{M1} T_C}{\Omega_{12}^2} p^4 + \frac{\gamma T_{M1}}{\Omega_{12}^2} p^3 + \gamma\left(T_{M1} T_C + \frac{1}{\Omega_{12}^2} \right) p^2 + \gamma T_{M1} p + K_{РШ} = 0, \quad (1)$$

де T_{M1} – електромеханічна стала часу;

T_C – стала часу контуру регулювання струму;

$\gamma = (T_{M1} + T_{M2})/T_{M1}$ – коефіцієнт співвідношення інерційних мас двигуна та механізму відповідно;

$K_{РШ}$ – коефіцієнт підсилення регулятора швидкості;

Ω_{12} – частота вільних коливань двомасової механічної частини приводу.

При використані узагальнених показників електромеханічної взаємодії ХП (1) може бути наданий в нормованій формі та за умов максимуму демпфірування в електромеханічній системі приводу математично може бути представлений у наступному вигляді [3]:

$$Q(p) = (a_0 p^2 + a_1 p + 1) \cdot (a_0 p^2 + a_1 p + 1) = 0. \qquad (2)$$

Представлення ХП у формі (2) фізично означає, що енергія пружних коливань із механічної частини електроприводу повністю відводиться до електричної частини та розсіюється.

Умови представлення ХП (1) у вигляді (2) можуть бути отримані після математичних перетворень та мають наступний вигляд:

$$\left.\begin{array}{l} \dfrac{\gamma T_{M1} T_C}{\Omega_{12}^2} = \dfrac{1}{\Omega_{12}^2}; \\ \dfrac{T_{M1}}{K_{РШ} T_C} = 4 \cdot \dfrac{\gamma - 1}{\gamma}. \end{array}\right\} \qquad (3)$$

При сумісному розгляді двох умов отримаємо співвідношення взаємозв’язку параметрів електричної та механічної частин електроприводу [4]:

$$K_{РШ} = \frac{\gamma T_{M1} \Omega_{12}}{2\sqrt{\gamma - 1}}; \; T_C = \frac{1}{2\sqrt{\gamma - 1} \cdot \Omega_{12}}. \qquad (4)$$

Вибір параметрів електромеханічної системи за співвідношеннями (4) дозволить реалізувати процеси з максимальним демпфіруванням та мінімальним часом дії пружних коливань (2). Співвідношення є універсальними та дозволяють здійснити вибір параметрів як варіюванням змінних з боку електричної частини електроприводу, так і з боку механічної частини.

Таким чином, оптимізація процесів перетворення енергії (2) дозволяє компенсувати вплив сил пружного зв’язку силами інерційного та отримати максимальний демпфірувальний ефект в системі електроприводів технологічних машин.

Література

1. *Ключев В. И. Ограничение динамических нагрузок электропривода / Ключев В. И. – М.: Энергия, 1971. – 320 с.*
2. *Борцов Ю. А. Автоматизированный электропривод с упругими связями / Ю. А. Борцов, Г. Г. Соколовский. – СПБ.: Энергоиздат, 1992. – 228 с.*
3. *Задорожний Н.А. Взаимосвязи и оптимизация параметров двухмассовых электромеханических систем: монография / Н. А. Задорожний, И. Н. Задорожняя. – Краматорск: ДГМА, 2015. – 216 с.*
4. *Задорожня І.М. Оптимізація динамічних режимів приводів металургійних машин з мінімізацією впливу пружних коливань / І. М. Задорожня // Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XI МНТК. – Кременчук, КрНУ,2013. – С. 51-52.*

УДК 621.923.4

к.т.н., Клименко С. Ан., к.т.н., Найденко А. Г., Кureляк Т.О., Чумак Т.О.

(Україна, м. Київ, ІНМ ім. В. М. Бакуля НАН України)

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ КОМПОЗИТУ З СУМІШІ НАНОПОРОШКІВ «алмаз – WC» ТА ЙОГО ВИКОРИСТАННЯ В РІЗАЛЬНОМУ ІНСТРУМЕНТІ

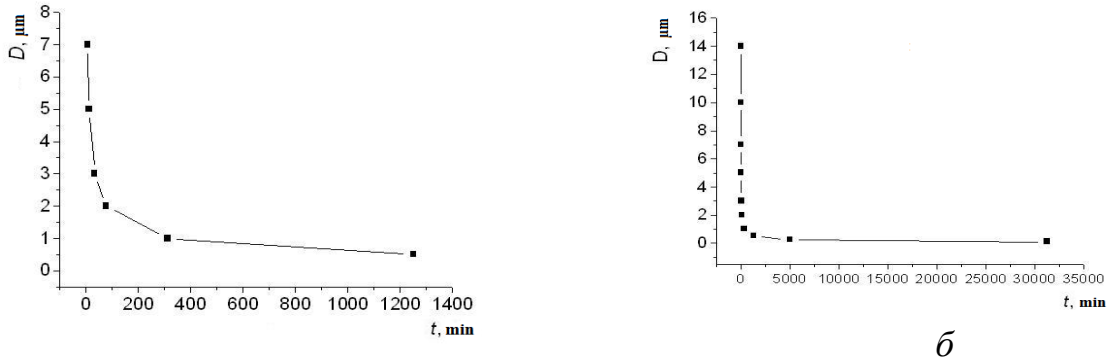
В Інституті надтвердих матеріалів ім. В. М. Бакуля НАН України створено нанокомпозит "алмаз-WC", шляхом спікання в умовах високих тиску та температури алмазних нанопорошків детонаційного та статичного синтезу з добавками наночастинок вольфраму, які введені способом перемішування сумішей в дистильованій воді. Досліджено ультразвукову дезінтеграцію агломератів триоксиду вольфраму та седиментацію частинок WO_3 в спиртовому середовищі для досягнення рівномірного розподілу складових при приготуванні суміші порошку АСМ5 0,1/0 та WO_3.

Вступ. Використання алмазних нанокомпозитів найбільш ефективно на чистових операціях при обробці деталей із кольорових металів та сплавів, а також із різних полімерних композиційних матеріалів [1, 2]. Проте виготовлення різальних композитів із суміші наночасток алмазу пов’язане з певними труднощами, які були викликані явищами агломерації. Застосування алмазних нанопорошків статичного синтезу часто обмежується присутністю агломератів, що утворюються в технологічному процесі виокремлення із продуктів синтезу та висушування. Так, у водній суспензії присутні агрегати розміром від сотень до декількох тисяч нанометрів. Пошук методів дезінтеграції подібних агломератів являється актуальною проблемою, також досить важливим є вирішення задачі підвищення стійкості рідких середовищ з алмазними наночастинками до агломерації твердих частинок.

Результати досліджень. Наноматеріали, наприклад, оксиди металів зокрема триоксид вольфраму, мають тенденцію агломеруватися при перемішуванні в рідині, в той час як створення наноматеріалів вимагає ефективного диспергування та отримання рівномірного розподілу наночастинок в рідині. Ультразвукова дезінтеграція агломератів у водних суспензіях дозволяє повністю використовувати потенціал наноматеріалів. Для дезінтеграції агломератів триоксиду вольфраму використовували ультразвукову ванночку. До вихідного порошку добавляли спиртове середовище. В експерименті поєднувалися різні режими інтенсивності та тривалості ультразвуку. Потім отриманий порошок піддавали седиментаційним дослідженням.

На рис. 1 наведено оцінку залежності середнього розміру осаджених частинок WO_3 від часу осідання. Зливання рідини проводили після 6, 30, 60, 300, 1440 хв. Згідно з проведеними розрахунками [3], які базуються на законі Стокса, мінімальний розмір частинок, які осідають упродовж вказаних

інтервалів часу становить, відповідно, 7, 3, 2, 1 і 0,5 мкм, тобто, наприклад, після осадження упродовж 24 год. залишаються неосадженими частинки розміром 500 нм і менше.



а *б*

Рис. 1. Залежність мінімального розміру осаджених частинок WO_3 від часу осідання в етиловому спирті при короткочасному (*а*) та довготривалому (*б*) осадженні

На рис. 2 наведено електронно-мікроскопічне зображення осаджених частинок оксиду WO_3 після 24 год., які використовували при формуванні суміші нанопорошку алмазу і WO_3.

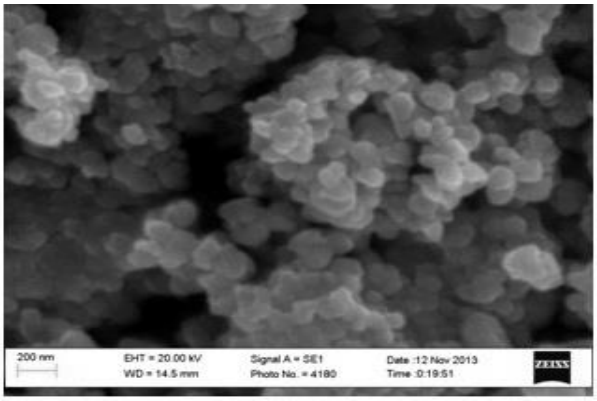


Рис. 2. Електронно-мікроскопічне зображення осаджених частинок оксиду WO_3 після 24 год. (100000×)

Частинки триоксиду вольфраму, які були виділені із вихідного порошку за рахунок дезінтеграції під дією ультразвукового випромінювання та седиментації в спиртовому середовищі, являють собою полікристалічні агломерати, що утворені з монокристалів розміром від 100 до 500 нм. Ступінь зв'язку між монокристалами в агломератах зростає із зменшенням розмірів частинок агломератів від 7 до 1 мкм.

Після підготовки суміші були спечені заготовки різальних композитів «алмаз-WC» діаметром 7,0, заднім кутом 0; 7 та 11°, товщиною 3,18 та 3,97 мм.

Стійкісні дослідження композитів «алмаз-WC» проводили при точінні втулок із твердого сплаву ВК15. Порівняння застосування інструмента,

здійснювалось із алмазно-твердосплавними пластинами (АТП). Результати досліджень показали, що при швидкостях різання до 20 м/хв. не відзначається суттєвої різниці у працездатності таких композитів. При подальшому підвищенні швидкості різання інтенсивність зносу інструменту з «алмаз-WC» значно нижча у порівнянні з інструментом з АТП (рис. 3).

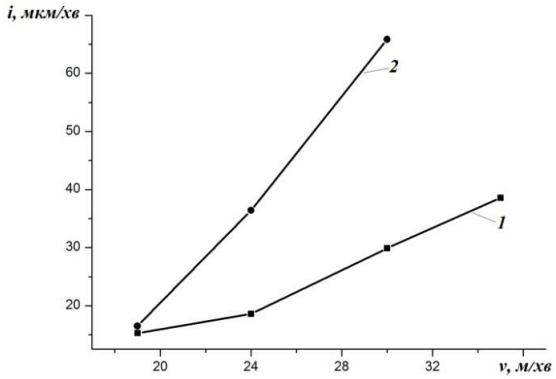
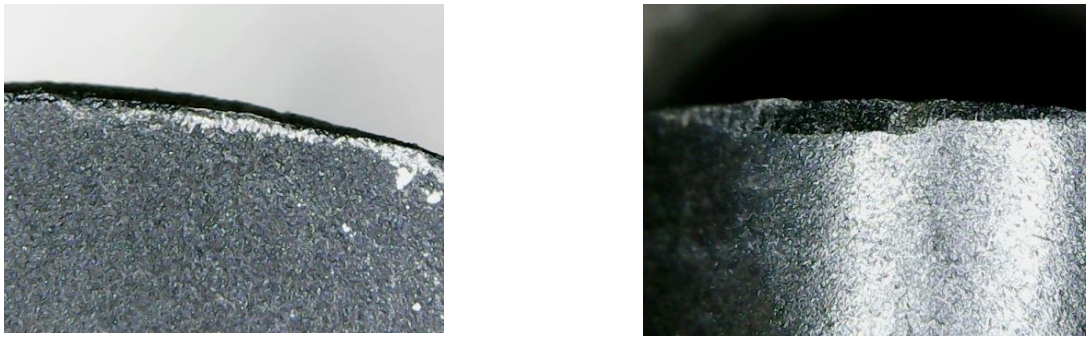


Рис. 3. Залежність швидкості зношування інструменту, оснащеного композитом «алмаз-WC» (1) та пластинами АТП (2) від швидкості різання при точінні твердого сплаву ВК15 (S = 0,1 мм/об; t = 0,2 мм; $\gamma = 0°$; $\alpha = 10°$)

Як видно з рис. 4, знос інструменту з компоту «алмаз-WC» при точінні твердого сплаву ВК15 має абразивний характер. У процесі точіння переважно зношується задня поверхня з утворенням фаски зносу без суттєвого руйнування різальної кромки.



а *б*

Рис. 4. Контактні ділянки передньої (*а*) та задньої (*б*) поверхонь інструменту з композиту «алмаз-WC» після точіння твердого сплаву ВК15 (v = 36 м/хв; S = 0,14 мм/об; t = 0,2 мм)

Досліджена перспективність обробки деталей, які виготовляються із силіцьованого графіту, зокрема втулок підшипників до дизельних турбодвигунів, пластинами з «алмаз-WC». Заготовки для втулок (зовнішній діаметр 17,2 мм) виготовляють з матеріалу СГП (SiC – 74,81%, кремній вільний – 17,18%, твердість 70–72 HRC).

Для порівняльної оцінки проводили обробку торців. Після п'яти проходів (n = 800 м/хв.; $S_п$ = 0,025 мм/об; t = 0,25 мм) знос по задній поверхні різальних пластин АТП і «алмаз-WC» одного форморозміру виявили

приблизно однаковим ($h_з$ = 0,35 мм). При обробці втулок діаметром 30 мм підвищення числа обертів верстата від 350 до 630 об/хв. при інших постійних параметрах ($S_п$ = 0,050 мм/об; t = 0,20 мм,) не призвело до істотного зростання величини зносу інструменту з «алмаз-WC» ($h_з$ = 0,40–0,45 мм). Аналіз отриманих результатів показує, що для підвищення продуктивності рекомендується проводити попередню обробку силіцьованого графіту на наступних режимах: v = 50–60 м/хв.; S = 0,14–0,17 мм/об; t = 0,1–0,25 мм.

Найбільш перспективною областю застосування композитів «алмаз-WC» являється обробка виробів кольорових металів та сплавів.

При обробці поршнів двигунів внутрішнього згоряння з алюмінієво-кремнієвого сплаву АЛ25 в широкому діапазоні швидкостей різання (160–700 м/хв.) спостерігали утворення наросту і налипання на передній поверхні інструменту оброблюваного матеріалу, що призводило до зростання висотних параметрів шорсткості обробленої поверхні.

Висновки. Розроблений підхід до дезінтеграція агломератів наночастинок суміші порошку АСМ 0,1/0 та WO_3, що дозволяє суттєво покращити якість суміші. Отримані результати стійкісних досліджень показали, що різальний інструмент на основі композиту «алмаз-WC» дозволяє ефективно обробляти вироби із твердих сплавів, неметалічних матеріалів, а також кольорових металів і сплавів. Використання круглої пластини діаметром 7 мм за рахунок її поворотів забезпечує 6–8 періодів стійкості на кожній пластині та стабільну шорсткість обробленої поверхні в порівнянні із різальними пластинами із АТП.

Список літератури

Инструменты из сверхтвердых материалов / Под ред. Н. В. Новикова, С. А. Клименко, М: Машиностроение, 2014. 608 с.

Сверхтвердые материалы. Получение и применение: в 6-и т. / Под общей ред. Н. В. Новикова. К.: ИСМ им В. Н. Бакуля, ИПЦ «АЛКОН» НАНУ, 2006 с.; Т. 5: Обработка материалов лезвийным инструментом / Под ред. С. А. Клименко, 2006. 316 с.

G. A. Gogotsi. Fracture resistance of ceramics: Base diagram and R -line. Strength of Materials, May 2006, Volume 38, Issue 3, pp. 261–270.

УДК 621.793.1.539.51

Корчма Д.О. наук. кер. д.т.н., проф. Ковалевський С.В. (Украина, м. Краматорск, ДГМА)

ДОСЛІДЖЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ СТРУМІВ ФУКО, ДЛЯ НАНЕСЕННЯ НАНОПОКРИТТЯ НА ДЕТАЛІ МАШИНОБУДУВАННЯ

Розроблено метод використання струмів Фуко в уніполявному генераторі, де робочим тілом е диск з матеріалу, котрий пропонується наносити для зміцнення поверхневого шару деталі. Дослідження впливу струму на деталі типу тіло обертання формування на них нанопокриття з алюмінію котрий після переносу перетворюється в оксид алюмінію за допомогою різності потенціалів яка з'являються у змінному магнітном у полі між диском який не має додаткових джерел енергії та заготовкою яка задає цей рух , що забезпечує високу зносостійкість деталей та строки експлуатації деталі яка зміцнена даним методом.

The method of using Foucault currents in a unipolar generator is developed, where the working body is a disk of material, which is proposed to be applied to strengthen the surface layer of the part. Investigation of the influence of current on parts of the type of body of rotation of forming on them aluminum nanoparticles, which, after transfer, are transformed into aluminum oxide using the potential difference which appears in the magnetic field in the field between the disk, which has no additional energy sources and the workpiece which defines the motion that provides high wear resistance of the parts and the operating life of the parts that is strengthened by this method.

Актуальною задачею вирішення проблеми підвищення міцності робочих поверхонь виробів, є процес зміцнення на основі нанесення на робочі поверхні нано-покриття струмом.

Найбільш ефективними, поряд з традиційно застосовуваними технологіями є технології, спрямовані на зміцнення виробів в поєднанні зі зменшенням витрат енергії, що витрачається на їх формування [1]. Аналіз методів забезпечення заданих властивостей поверхонь виробів дозволяє виявити деякі особливості тенденцій цієї галузі: для забезпечення певних вимог деталей (довговічність, зносостійкість та ін.) пред'являються досить жорсткі вимоги до якості і фізико-механічних властивостей виробів. У багатьох випадках стає нераціональним використання дорогих матеріалів. Зміцнення шляхом цементації, азотування, термічної обробки, застосування електромеханічної, іонно-плазмової обробки, є ефективними, але досить енергоємними та металоємними процесами [3].

Мета статті: запропонувати метод зміцнення робочих поверхонь виробів за допомогою наведення струму Фуко.

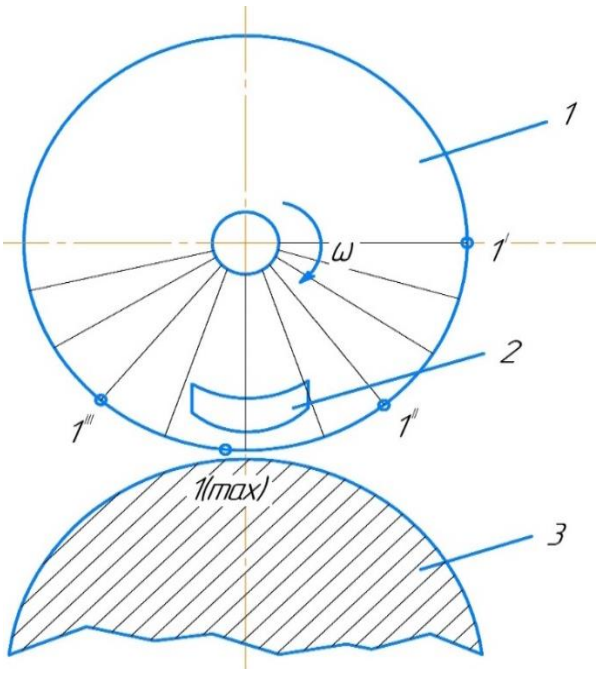
Електромеханічна обробка [4, 5] заснована на поєднанні термічного та силового впливу на поверхню оброблюваної деталі, що викликає поліпшення фізико-механічних і геометричних характеристик поверхневого шару деталей і, в результаті призводить до підвищення зносостійкості. Суть методу ЕМО полягає в тому, що в процесі обробки через місце контакту інструмента з поверхнею оброблюваної деталі проходить струм великої сили і низької напруги, внаслідок чого виступаючі гребінці поверхневого шару оброблюваної поверхні піддаються сильному нагріванню, під тиском інструменту деформуються і згладжуються, а поверхневий шар зміцнюється . Особливість електромеханічної обробки пов'язана з явищем гарячого наклепу. Ця особливість буде проявлятися тим інтенсивніше, чим вище температура нагріву і тиску обробки. Звідси випливає, що при високих температурах і значних тисках електромеханічної обробки можна очікувати в світлій зоні поверхневого шару поява розтягують залишкових напружень.

Проблема нанесення нанопокриття у наш час досить популярна й актуальна, даний вид досліджень не е новиною, але проблема залишається у економічному плані, та у використанні енергоресурсів.

У якості прототипу був обран уніполярний двигун у якому за рахунок руху провідника з’являються досить високі струми . й використовується різність потенціалів диску при контакті з оброблюваною поверхнею заготовки й використання заготовки як джерело енергії.

Це дослідження повинно підтвердити можливості використання зявляючихся струмів в уніполярному генераторі, де робочим тілом е диск з матеріалу, котрий пропонується наносити. Це також дозволить з економити час і така схема обладнання дозволяє використання приладу й нанесення нанопокриття без використання додаткових пристосувань.

Пристосування потрібно постійно контактувати з оброблюваною поверхнею. Алюмінієвий ролик не має приводу, він отримує обертання від сталевого валика. Для початку перенесення матеріалу необхідно дотримуватися положення точки контакту відносно осі обертання диску яка характеризується найбільшою різністю потенціалів між центром і перефериею на рис. 1.



(1 – Алюмінієвий диск обертаючийся на осі у магнітному полі; 2 – неодимові магніти; 3 – оброблювана заготовка)

Рисунок 1 – Схема установки

Рисунок 2 – Установка

У лабораторії було проведено дослідження можливості використання зявляючихся струмів в уніполявному генераторі, де робочим тілом е диск з матеріалу, котрий пропонується наносити, зняті показання, побудовані графіки залежності.

Таблиця 1 – Наведені данні з одним та двома магнітами при n=1500 об\хв

Точки	Сила струму, А	
	2 магніта	1 магніт
5	0,2	0,1
4	2,0	0,2
3	1,6	0,6
2	2,5	1,3
1	1,5	0,8
0	-0,8\+0,5	0,4\0,3
-1	-0,5	-1,8
-2	-1,3	-2,0
-3	-3,0	-3,5
-4	-1,5	-1,4
-5	-0,5	-0,2

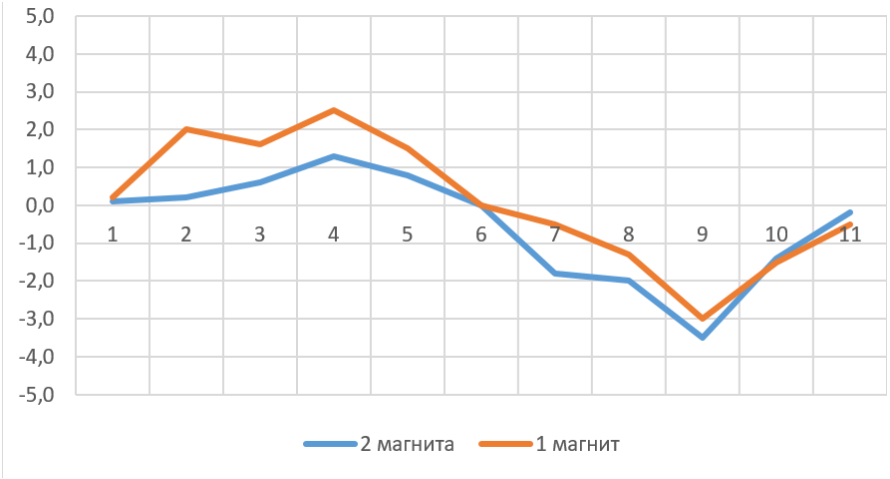


Рисунок 3 – Графіки залежності сили струму від магнитів (1 та 2х) 1500 об/хв

Таблиця 2 – Данні при роботі диску з одним та двома магнітами при змінній частоті обертів.

Точки	сила тока, А					
	1 магнит			2 магнита		
	630 об/хв	1000 об/хв	1600 об/хв	630 об/хв	1000 об/хв	1600 об/хв
-5	-0,1	0,0	-0,1	-0,1	0,0	-0,1
-4	-0,3	-0,5	-0,3	-0,4	-0,1	-0,4
-3	-0,6	-0,3	-0,5	-0,8	-0,2	-0,7
-2	-0,3	-0,8	-0,3	-0,9	-0,4	-1,0
-1	-0,1	-0,1	-0,2	-0,2	-0,1	-0,2
0	0,3\0,1	0,1\0	0,1\-0,1	0,7\0,6	0,3\0,2	0,1\0
1	0,7	0,4	0,2	1,5	0,6	0,4
2	1,0	1,2	0,6	1,8	0,5	0,6
3	0,6	0,3	0,3	0,8	0,4	0,4
4	0,1	0,2	0,1	0,3	0,3	0,2
5	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1
	630	1000	1600	630	1000	1600

Точки	сила тока, А					
	1 магнит			2 магнита		
	630 об/хв	1000 об/хв	1600 об/хв	630 об/хв	1000 об/хв	1600 об/хв
-5	-0,1	0,0	-0,1	-0,1	0,0	-0,1
-4	-0,3	-0,5	-0,3	-0,4	-0,1	-0,4
-3	-0,6	-0,3	-0,5	-0,8	-0,2	-0,7
-2	-0,3	-0,8	-0,3	-0,9	-0,4	-1,0
-1	-0,1	-0,1	-0,2	-0,2	-0,1	-0,2
0	0,3\0,1	0,1\0	0,1\-0,1	0,7\0,6	0,3\0,2	0,1\0
1	0,7	0,4	0,2	1,5	0,6	0,4
2	1,0	1,2	0,6	1,8	0,5	0,6
3	0,6	0,3	0,3	0,8	0,4	0,4
4	0,1	0,2	0,1	0,3	0,3	0,2
5	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1
	630	1000	1600	630	1000	1600

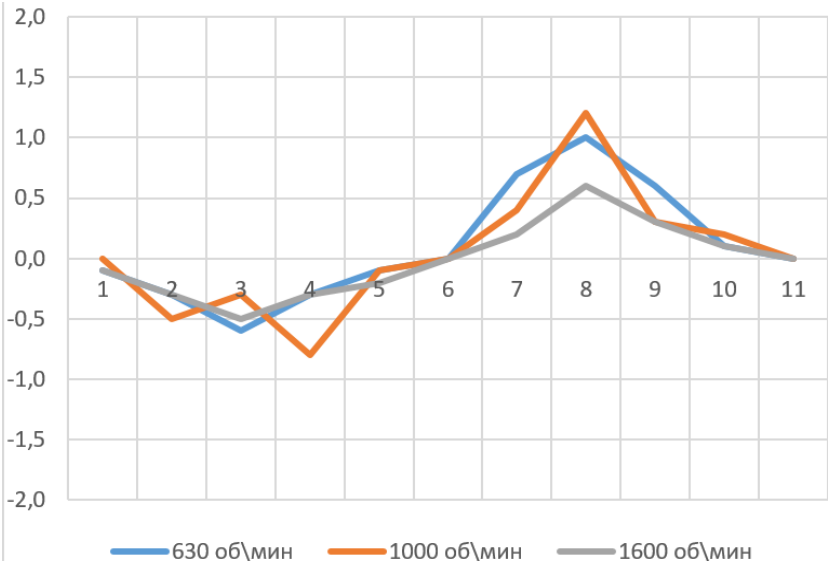


Рисунок 4 – Графіки залежності сили струму від частоти обертання при 1 магниті

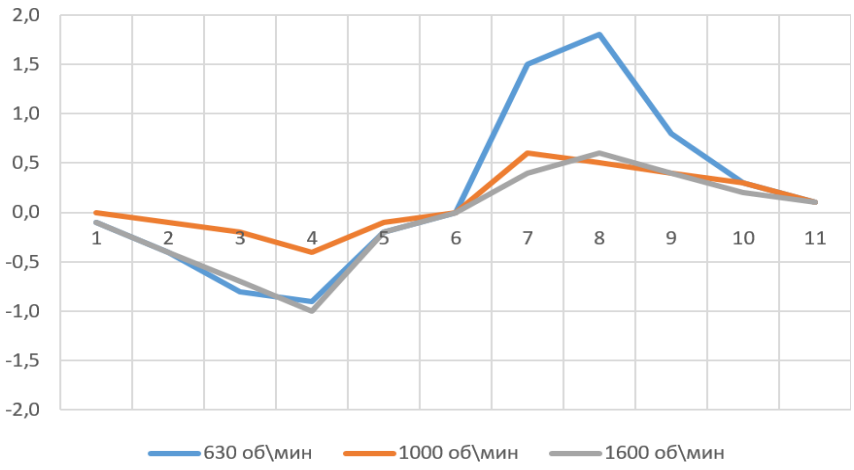


Рисунок 5 – Графіки залежності сили струму від частоти обертання при 2х магнітах

На графіках вказано як змінюється сила зявлючогося струму від кількості магнітів та частоти обертання самого тиску між ними я тачки контакту відносно центру осі обертання диску характеризуюча найбільшою різністю потенціалів між центром робочого диску де положення точок залежить від розміру магнітного поля й напруженості магнітного поля одного чи двох магнітів.

Висновок: В подальшому повинні бути виконані дослідження у напрямку оцінки зниження зносу поверхні й металографічні досліди з приводу нанесеного шару з матеріалу активного дилску.

ЛІТЕРАТУРА

1. Исследование механизмов формирования упорядоченности рабочих поверхностей деталей машин / С. В. Ковалевский, И. Н. Стародубцев // Вісник Донбаської державної машинобудівної академії. – 2012.

2. Степанова Т. Ю. Технологии поверхностного упрочнения деталей машин: учебное пособие / Т. Ю. Степанова – Иваново: Иван. гос. хим.-техн. ун-т. – 2009.

3. Михайлюк А.И., Житару Р.П. Электронная обработка материалов. – 2008.

4. Аскинази Б.М. Упрочнение и восстановление деталей машин электромеханической обработкой. − М.: Машиностроение, 1989. − 200 с.

5. Надольский В.О., Дудкина Н.Г., Яковлев С.А., Наумичев С.Б., Павлов А.В. Технологии электромеханической обработки и её новые варианты // Материалы межд. практ. конф. "Технологии ремонта, восстановления, упрочнения и обновления машин, механизмов, оборудования и металлоконструкций". – Санкт-Петербург: СПГПУ. – 2007

УДК 621.979:681.587

Коткова В.В., Корчак О.С. (Україна, м. Краматорськ, ДДМА)

ЗАПОБІГАННЯ РІДИННОМУ ГОЛОДУВАННЮ СИЛОВИХ ЦИЛІНДРІВ АВТОМАТИЗОВАНИХ ГІДРОПРЕСОВИХ КОМПЛЕКСІВ

Створення методів запобігання рідинному голодуванню силових гідроциліндрів шляхом аналізу основних причин виникнення цього явища в гідроциліндрах різного функціонального призначення з послідуючою розробкою відповідних заходів його усунення є вкрай важливим для надійної роботи автоматизованих гідропресових комплексів. Описано метод запобігання рідинному голодуванню під час опускання рухомої поперечини до поковки. Надано практичні рекомендації із запобігання рідинному голодуванню силових гідроциліндрів автоматизованих гідропресових комплексів.

Creating methods for preventing fluid starvation of power cylinders by means of analysis of the main causes of this phenomenon in hydraulic cylinders of various functional purposes with the subsequent development of appropriate measures to eliminate it is rather decisive for reliable operating of automated hydraulic press complexes. The method of preventing liquid starvation during the lowering of a moving cross-section to the forging is described. Practical recommendations of preventing liquid starvation of power hydraulic cylinders of automated hydraulic press complexes are provided.

В гідроприводах обладнання автоматизованих ковальських комплексів (АКК) виконавчими є силові гідроциліндри різного функціонального призначення, в яких сконцентровані значні об’єми робочої рідини [1]. Під час перехідних процесів, що мають місце в гідросистемах обладнання АКК при розгонах та гальмуванні рухомих мас, нерідкими є явища рідинного голодування силових циліндрів, які супроводжуються їх розрідженням, втратою рівномірності та плинності руху плунжерів, підсосом повітря зовні, внутрішніми витоками у поєднанні з коливаннями та гідроударами [2].

Метою даної роботи є створення методів запобігання рідинному голодуванню силових гідроциліндрів шляхом аналізу основних причин виникнення цього явища в гідроциліндрах різного функціонального призначення з послідуючою розробкою відповідних заходів його усунення.

Робочі циліндри мають найбільший об’єм серед гідроциліндрів обладнання АКК. Тому вони в найбільшій мірі піддаються рідинному голодуванню адже значний об’єм їх внутрішніх порожнин потребує деякий час для заповнення, що не завжди поєднується з вимогами швидкодії пресу, від якого очікують максимальну кількість ходів в одиницю часу [3].

Найбільш часто рідинне голодування робочих циліндрів виникає на ході наближення рухомої поперечини до поковки. При цьому цей етап машинного циклу АКК безпосередньо не пов'язаний з деформуванням заготовки, тому необхідно його здійснювати за якомога короткий час, величина якого знаходиться в залежності від тривалості заповнення робочих циліндрів пресу рідиною низького тиску, яка надходить в них від наповнювально-зливного баку. Запобігання рідинному голодуванню під час

опускання рухомої поперечини до поковки здійснюють наступним методом, який умовно можна поділити на декілька етапів [4].

Спочатку визначають відповідні параметри гідролінії «робочий циліндр – зливний клапан – наповнювально-зливний бак» на базі креслень розводок трубопроводів за допомогою відповідних теоретичних залежностей. До цих параметрів у тому числі належать [5]:

- активна площа робочих циліндрів відповідної ступені зусиль;
- прохідний перетин наповнювально-зливних клапанів (НЗК);
- об'єм та тиск у наповнювально-зливному баку;
- довжина та розміри поперечного перетину основного зливного трубопроводу;
- величини коефіцієнтів місцевих гідравлічних опорів гідролінії.

НЗК максимально наближують до робочих циліндрів відповідних ступенів зусиль та зосереджують основну частку загального гідравлічного опору гідролінії «робочий циліндр – НЗК – наповнювально-зливний бак» на відповідному НЗК. Поточні значення швидкості та переміщення рухомої поперечини безперервно вимірюють засобами контролю системи автоматичного керування АКК.

Прохідний перетин $f_{нзк}$ НЗК визначають з урахуванням двох важливих факторів – швидкості опускання рухомої поперечини до поковки V_{xx} та швидкості течії робочої рідини V_p у прохідному перетині НЗК. Перший фактор (V_{xx}) буде визначати швидкодію роботи АКК, а другий (V_p) – відсутність кавітаційних явищ. Обидва фактори у сукупності дадуть можливість визначити необхідний прохідний перетин $f_{нзк}$ НЗК для запобігання рідинному голодуванню робочих циліндрів на ході наближення рухомої поперечини до поковки. На рисунках 1 і 2 показані криві залежності величини прохідного перетину $f_{нзк}$ НЗК від зусилля преса P_n для різних значень V_{xx} (рис. 1) та V_p (рис. 2).

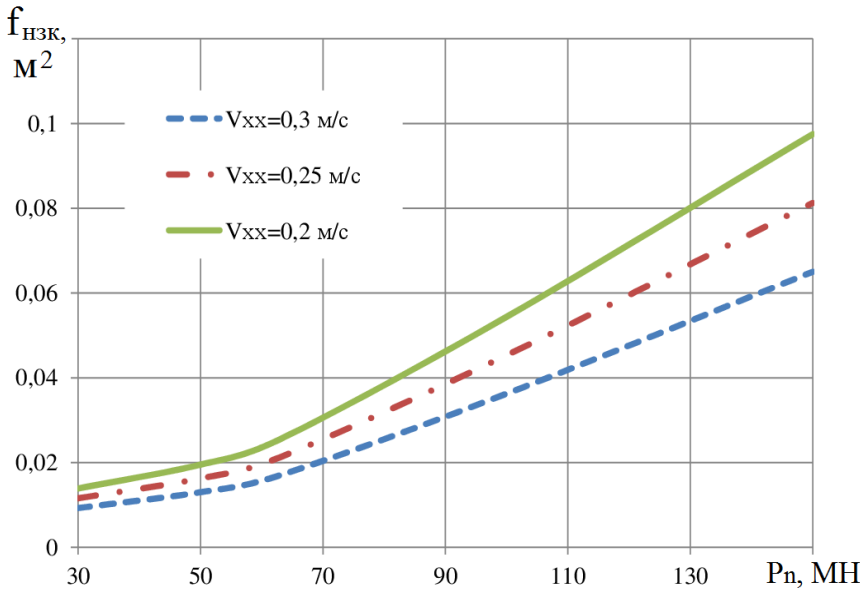


Рис. 1. Графік залежності величини прохідного перетину НЗК від зусилля гідравлічного пресу при різних значеннях швидкості опускання рухомої поперечини до поковки

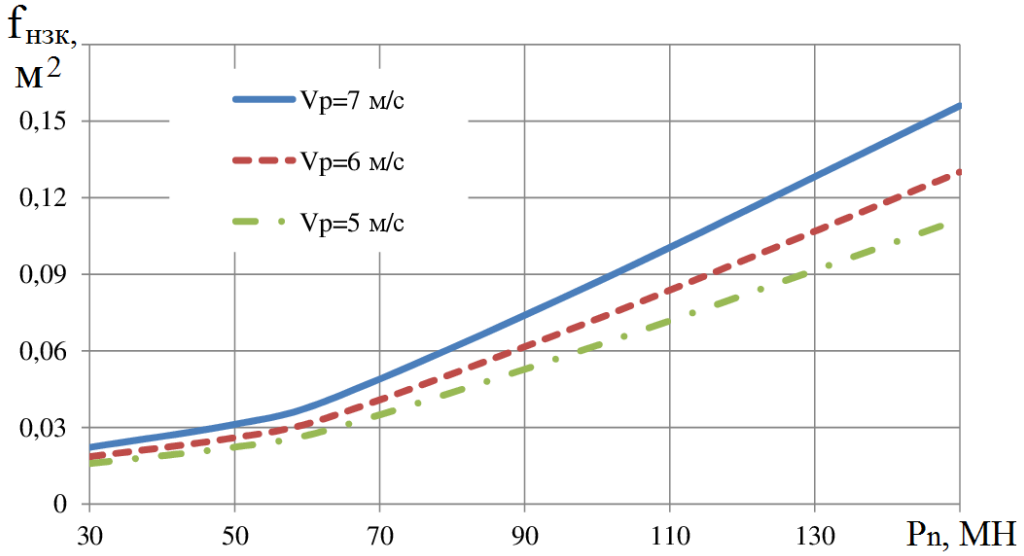


Рис. 2. Графік залежності величини прохідного перетину НЗК від зусилля гідравлічного пресу при різних значеннях швидкості течії робочої рідини у прохідному перетині НЗК

Також для забезпечення відсутності рідинного голодування наповнювально-зливний бак повинен вміщувати достатні для здійснення машинного циклу об'єми рідини низького тиску – загальний об'єм $W_б$, об'єм рідини для заповнення зворотних циліндрів $W_{вх}$, резервний об'єм для заповнення циліндрів допоміжних механізмів $W_{бр}$, а також об'єм повітряної порожнини $W_{бв}$ для створення пневмосистемою необхідного тиску рідини й демпфування коливальних явищ. На рисунку 3 показані криві залежності величин об'ємів рідини низького тиску у наповнювально-зливному баці від зусилля преса P_n.

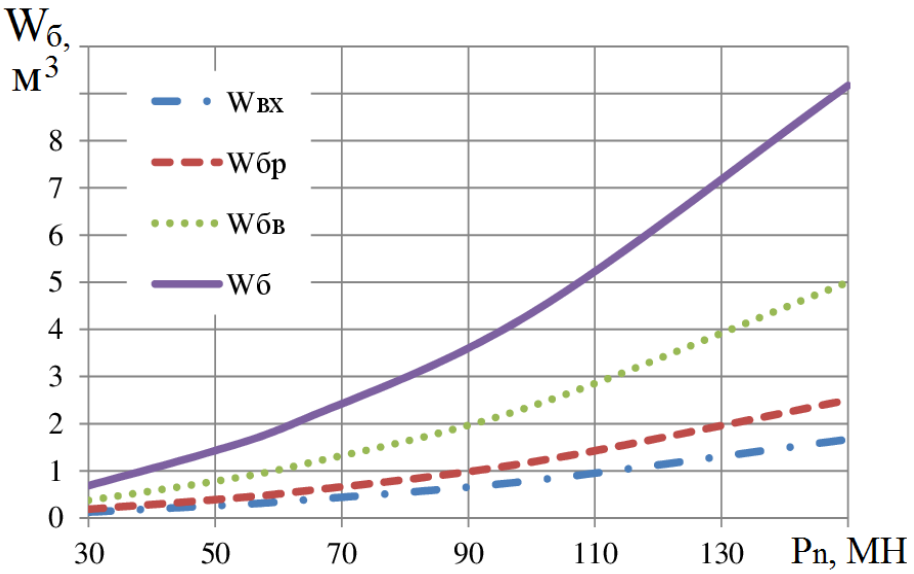


Рис. 3. Графік залежності величин об'ємів рідини низького тиску у наповнювально-зливному баці від зусилля преса

Для запобігання рідинному голодуванню силових циліндрів в системі автоматичного керування АКК програмно пов’язують наступні датчики:

- тиску робочих циліндрів;
- тиску рідини у наповнювально-зливному баці;
- рівня рідини у наповнювально-зливному баці.

З цими ж датчиками в межах системи автоматичного керування програмно пов’язують засоби регулювання і контролю зливного клапана зворотних циліндрів. У відповідності до закладеного в систему автоматичного керування алгоритму постійно контролюють показники зазначених датчиків та порівнюють поточний тиск у робочих циліндрах з розрахунковим, визначеним у даний момент часу з урахуванням змінного гідравлічного опору зливного клапана зворотних циліндрів. У випадку зменшеної величини тиску у робочих циліндрах, системою автоматичного керування діють на засоби регулювання і контролю зливного клапана зворотних циліндрів, змінюючи його опір та час відкриття. Таким чином усувають можливість виникнення рідинного голодування силових циліндрів АКК.

ВИСНОВКИ

Рідинне голодування виникає внаслідок невідповідності компонування системи керування силовими циліндрами режимам роботи виконавчих механізмів АКК. Для запобігання рідинному голодуванню силових циліндрів в систему автоматичного керування пресом закладають розроблений в роботі алгоритм, відповідно до якого постійно контролюють показники датчиків системи керування та порівнюють поточний тиск у робочих циліндрах з розрахунковим, визначеним у даний момент часу з урахуванням змінного гідравлічного опору зливного клапана зворотних циліндрів.

ЛІТЕРАТУРА

1. The open-die forging industry associated with the German Steel Institute VDEh / M. Franzke, S. Sheikhi, R. Rech,G. Hirt and other // Proceedings of the 17-th International forge masters meeting (IFM 2008), Santander, Spain, 3 –7 November. – 2008. – P. 12 –20.

2. Vullo V. Circular Cylinders and Pressure Vessels : Stress Analysis and Design. – Switzerland: Springer International Publishing, 2014. – 409 p.

3. Korchak E.S. Stressed-and-deformed state analysis of bottom part of high-pressure hydraulic cylinder body / E.S. Korchak, A.V. Sereda // Proceedings of the 14th International Conference “Research and Development in Mechanical Industry” RaDMI 2014, 18 – 21 September 2014, Topola, Serbia. – Vol. 1. – P. 250 –252.

4. Корчак Е.С. Разработка системы ускоренного заполнения рабочих цилиндров гидравлических прессов жидкостью низкого давления / Е.С. Корчак // Заготовительные производства в машиностроении. – М. : Машиностроение, 2011. – №7. – С. 26 –28.

5. Корчак О.С. Розвиток методів запобігання рідинному голодуванню силових циліндрів автоматизованих гідропресових комплексів / О.С. Корчак, В.В. Коткова // Вісник ДДМА. – 2018. – №1 (43) –С. 128–132.

УДК 621.8, 539.8

Д. Ю. КРАВЦОВА, канд. фіз.-мат. наук, С. С. ДУБРОВСЬКИЙ, канд. техн. наук, доц. (Криворізький національний університет, м. Кривий Ріг, Україна)

СУЧАСНА ТЕХНОЛОГІЯ ОСАДЖЕННЯ НАНОКОМПОЗИЦІЙНОГО ПОКРИТТЯ ІЗ ФУНКЦІОНАЛЬНО-ГРАДУЮВАНОЮ СТРУКТУРОЮ (ОГЛЯД)

У роботі описано сучасний метод створення функціонально-градуйованого захисного покриття Ni-Cr/Al_2O_3. Наведено технологічні параметри електроосадження, обговорено механічні властивості триманих зразків.

The paper shows a modern method for the creation of a functionally graded protective coating of Ni-Cr / Al2O3. The technological parameters of electrodeposition, mechanical properties of suspended samples are discussed.

Сьогодні успішно продовжують розвиватися технології осадження гальванічних нанопокриттів, які слугують захистом від фізико-хімічних руйнуючих впливів на деталі машин. У ході мініатюризації захисних плівок стало можливим створення гетерогенних нанопокриттів. Наприклад, композитного покриття Cr_2O_3/Al_2O_3, що було утворене на нержавіючій сталі 321L шляхом електроосадження Al_2O_3 як герметизуючого шару покриття Cr_2O_3 [1], твердого покриття CrN зі вставкою шару Al_2O_3 шляхом осадження [2]. Оригінальним рішенням було створення нанокомпозитного покриття з функціонально-градуйованою структурою Ni-Cr/Al_2O_3 у роботі [3]. Цей тип осадження зумовлює поступову зміну властивостей і знижує швидкість зносу на 39% порівняно з моношаровими покриттям.

Використовувалися прямокутні сталеві зразки розміром 8×2×0,1 $см^3$, які механічно полірували до шорсткості нижче 0,4 мкм. Після промивання підготовлені зразки знежирювали в етанолі і занурювали у 20% розчин HCl протягом 30 с. Далі зразки промивали у деіонізованій воді під ультразвуком. Ванна для електроосадження була сульфатною. Інші параметри електроосадження представлені в [3]. Необхідне перемішування для диспергування наночастинок здійснювалося магнітною мішалкою, яка оберталася при 200 об/хв протягом 24 годин до електроосадження. Безпосередньо перед процесом осадження суспензію обробляють ультразвуковим зондом протягом 30 хв. Під час електроосадження перемішування реалізували магнітною мішалкою при 150 об/хв. Кислотно-лужний баланс розчину регулювали за допомогою NaOH або H_2SO_4 під час електроосадження.

У роботі [3] основною метою було створення градієнтного композитного покриття з використанням імпульсного електроосадження з прямокутним імпульсом квадратної форми. Умови осадження регулювали для утворення шарів по 5 мкм при робочому циклі 30-80% і частоті 25-200Гц. Однак, виявилося, що частота імпульсів не мала вираженого впливу на хімічний склад покриттів, тому для градієнтного розподілу вмісту Cr і частинок Al_2O_3 використовувалося поступове підвищення робочого циклу (45% до 80%) при постійній частоті.

У результаті функціонально-градієнтне покриття складалося з 8 шарів, які поступово збільшували вміст Cr від 3% до 78%, а вміст захоплених частинок Al_2O_3 збільшувалося з 9% до 18%. Додавання наночастинок до Ni-Cr-матриці знижувало кількість мікротріщин порівняно зі сплавом. Твердість по всьому покриттю піднімалася поступово до зовнішнього шару. Воно показало кращу зносостійкість та корозійну стійкість порівняно з моношаровими та сплавними покриттями, так, що швидкість зносу та густина струму корозії зменшилися на 39% і 99% відповідно. Основна причина підвищення зносостійкості була висока твердість на поверхні з меншою кількістю мікротріщин. Шарувата мікроструктура і вбудовані наночастинки в матриці можуть розширювати або блокувати шлях корозійних видів і, таким чином, підвищувати корозійну стійкість [3].

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. A dense Cr_2O_3/Al_2O_3 composite ceramic coating prepared by electrodeposition and sealing with Al_2O_3 / [J. Di, W. Liu, L. Xue and etc.]. // Coatings. – 2019. – №9(1). – P. 14.

2. Improved corrosion resistance and mechanical properties of CrN hard coatings with an atomic layer deposited Al2O3 interlayer / [Z. Wan, T. Zhang, H. Lee ma ін.]. // ACS applied materials & interfaces. – 2015. – №7. – C. 26716–26725.

3. Abedi T. Synthesis of a novel functionally graded coatings of Ni-Cr/Al_2O_3 nanocomposite coating by pulse electrodeposition / T. Abedi, S. Asl. // Materials Research Express. – 2019. – №6. – P. 056403.

УДК

Куратнік Т.В. (Україна, м. Полтава, Комунальний заклад Полтавська гімназії «Здоров'я» №14 Полтавської міської ради Полтавської області)

STEAM ОСВІТА ЯК ВИЗНАЧАЛЬНИЙ ВЕКТОР РОЗВИТКУ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ УЧНІВСЬКОЇ МОЛОДІ В ОСЕРЕДКУ МАН

Переорієнтація освіти на таку, що відповідає запитам майбутнього, ґрунтується на міжпредметних знаннях та вміннях, передбачає застосування компетентностей у високотехнологічному, швидкозмінному та полікультурному суспільстві є головним вектором цілого ряду освітніх систем. На думку спеціалістів, зазначені цілі реалізуються шляхом впровадження так званої STEAM-освіти. У чому особливість STEAM-освіти і які можливості запровадження такої системи у навчально-виховний процес сучасних освітніх закладів, зокрема науково-дослідницької діяльності учнівської молоді в осередках МАН представлено у даній статті.

Одним з актуальних напрямів модернізації та інноваційного розвитку освіти виступає STEAM-орієнтований підхід до навчання, який сприяє популяризації інженерно-технологічних професій серед молоді, підвищенню поінформованості про можливості їх кар'єри в інженерно-технічній сфері, формуванню стійкої мотивації у вивченні дисциплін, на яких ґрунтується STEAM-освіта.

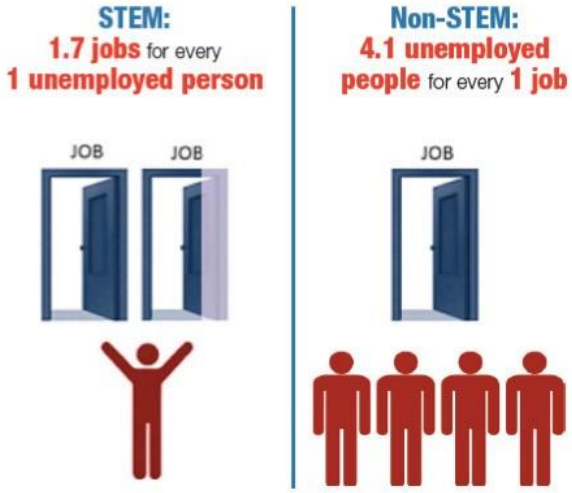
Акронім STEAM (від англ. *Science* – природничі науки, *Technology* – технології, *Engineering* – інженерія, проектування, дизайн, *Mathematics* – математика) визначає характерні риси відповідної дидактики, сутність якої виявляється у поєднанні міждисциплінарних практик орієнтованих підходів до вивчення природничо-математичних дисциплін. Водночас, у STEM активно включається сукупність творчих, мистецьких дисциплін, що об'єднані загальним терміном Arts (позначення відповідного підходу – STEM and Arts). Актуальними напрямами STEM and Arts є промисловий дизайн, архітектура, індустріальна естетика тощо. Останнім часом, у європейському науковому дискусі наголошується на важливості всіх дисциплін, використанні міждисциплінарних підходів STEAM (літера A – All - всі) і поєднанні природничо-наукових з іншими навчальними дисциплінами, які вивчаються у школі [2].

Наприклад, за кордоном музикантів навчають не тільки музикувати, але і використовувати комп'ютерні програми для створення музичних творів.

Чому STEAM-освіта так актуальна? Стрімка еволюція технологій веде до того, що незабаром найбільш популярними та перспективними на планеті фахівцями стануть програмісти, IT-фахівці, інженери, професіонали в галузі високих технологій і т.д. У віддаленому майбутньому з'являться професії, про які зараз навіть уявити важко, всі вони будуть пов'язані з технологією і

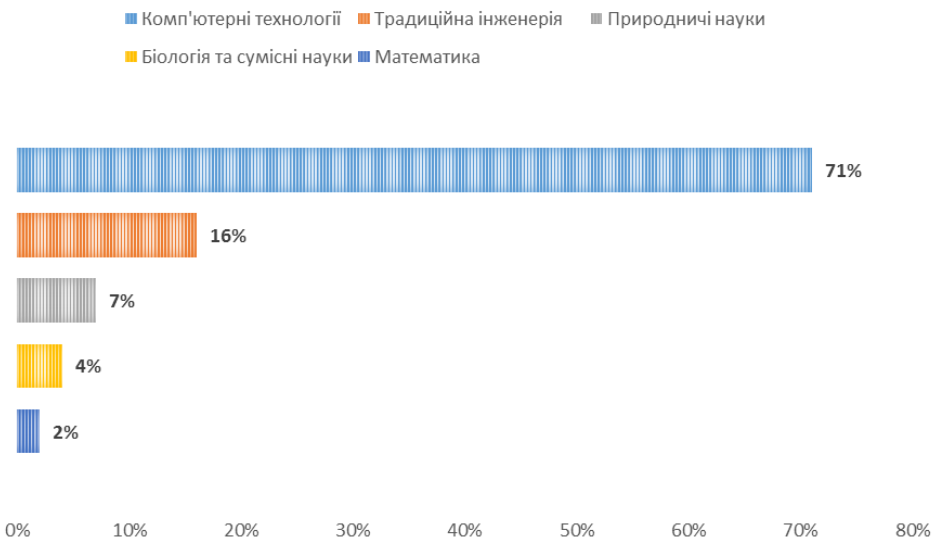
високо технологічним виробництвом на стику з природничими науками. Особливо будуть затребувані фахівці біо- та нано-технологій.

Вже зараз відчувається нестача спеціалістів сфер STEAM. Згідно досліджень організації Change the Equation, у Сполучених Шатах на одного потенційного працівника в середньому припадає 1,7 відкритих вакансій у галузях STEAM. При цьому конкуренція в інших галузях складає приблизно 4,1 кандидата на одну позицію.



Source: Change the Equation, Vital Signs

Бюро статистики робочої сили Сполучених Штатів стверджує, що у 2018 року попит на спеціалістів сфер STEAM розподілився наступним шляхом:



При чому такі тенденції спостерігаються й в інших розвинених країнах, таких як Великобританія та Німеччина, де також відчутна недостача спеціалістів за такими напрямами, як математика, природничі науки, комп’ютерні науки та технології [4].

Постає питання - як підготувати таких фахівців? Навчання - це не просто передача знань від учителя до учнів, це спосіб розширення свідомості і зміни реальності.

У STEAM-освіті активно розвивається креативний напрямок, що включає творчі та художні дисципліни (промисловий дизайн, архітектура та індустріальна естетика і т.д.). Тому що майбутнє, засноване виключно на науці, навряд чи когось порадує. Але майбутнє, яке втілює синтез науки і мистецтва, хвилює нас вже зараз. Саме тому вже сьогодні потрібно думати, як виховати кращих представників майбутнього.

На думку американських вчених спроба активізувати освіту тільки в напрямку науки без паралельного розвитку Arts-дисциплін може призвести до того, що молоде покоління позбудеться навичок креативності.

У штаті Массачусетс, наприклад, прийнято законодавство, яке зобов'язує проводити рейтинг шкіл не тільки за рівнем виконання учнями стандартних тестів, але також і по тому, наскільки навчальний план кожної школи сприяє посиленню креативності учнів. Так званий «індекс креативності».

Освіта в галузі STEAM є основою підготовки співробітників в області високих технологій. Тому багато країн, такі як Австралія, Китай, Великобританія, Ізраїль, Корея, Сінгапур, США проводять державні програми в галузі STEAM-освіти.

Значних економічних успіхів досягнув Сінгапур. Сінгапурська система освіти незмінно перспективна. Прийняттям двомовності з англійською мовою (в доповнення до рідної мови), зосередженістю на науці, технології, інженерії та математиці (STEAM) - Сінгапур передбачив багато з ключових стратегій в галузі освіти, прийнятих сучасними політиками. Ще в 2002 році була запущена ініціатива «Перетворення Сінгапуру», націлена на перетворення цього міста-держави на світовий центр креативності, інновацій та дизайну. Уряд Сінгапуру реформує систему освіти так, щоб стимулювати креативні якості молоді. Один із шляхів цього - впровадження молодих, по-новому мислячих талановитих людей в різні державні структури, відповідальні за економічну політику [3].

STEAM-освіта – це категорія, яка визначає відповідний педагогічний процес (технологію) формування і розвитку розумово-пізнавальних і творчих якостей молоді, рівень яких визначає конкурентну спроможність на

сучасному ринку праці: здатність і готовність до розв'язання комплексних задач (проблем), критичного мислення, творчості, когнітивної гнучкості, співпраці, управління, здійснення інноваційної діяльності. STEAM-освіта ґрунтується на між- трандисциплінарних підходах у побудові навчальних програм різного рівня, окремих дидактичних елементів, до дослідження явищ і процесів навколишнього світу, вирішення проблемно орієнтованих завдань.

Використання провідного принципу STEAM-освіти – інтеграції дозволяє здійснювати модернізацію методологічних засад, змісту, обсягу навчального матеріалу предметів природничо-математичного циклу, технологізацію процесу навчання та формування навчальних компетентностей якісно нового рівня. Це також сприяє більш якісній підготовці молоді до успішного працевлаштування та подальшої освіти, яка вимагає різних і більш технічно складних навичок, зокрема із застосуванням математичних знань і наукових понять.

Головна мета STEAM-освіти полягає у реалізації державної політики з урахуванням нових вимог Закону України «Про освіту» щодо посилення розвитку науково-технічного напряму в навчально-методичній діяльності на всіх освітніх рівнях; створенні науково-методичної бази для підвищення творчого потенціалу молоді та професійної компетентності науково-педагогічних працівників.

Основні ключові компетентності концепції «Нової української школи», а саме: спілкування державною та іноземними мовами, математична грамотність, компетентності в природничих науках і технологіях, інформаційно-цифрова грамотність, уміння навчатися впродовж життя, соціальні й громадянські компетентності, підприємливість, загальнокультурна, екологічна грамотність і здорове життя, гармонійно входять в систему STEAM-освіти, створюючи основу для успішної самореалізації особистості і як фахівця, і як громадянина [2].

STEAM технології вимагають від учнів навик критичного мислення, вміння працювати як у команді так і самостійно. Реалізація такого підходу відбувається через проектно-технологічну та науково-дослідницьку діяльність учнів. Технології є саме тим навчальним предметом, який якнайкраще демонструє інтеграцію знань та вмінь учнів з різних предметів. Виконуючи роботу над кожним навчальним проектом учням потрібно самостійно спроектувати майбутній виріб, при цьому використати знання з

математики, фізики, хімії, інформаційних технологій, мистецтва, біології за для створення функціонального, цікавого та нового виробу. У такому випадку учні вбачають дієвий зв'язок теорії з практикою життя.

Однією з найефективніших форм науково-дослідної діяльності учнів є Мала академія наук (МАН), яка сприяє розвитку дослідницьких здібностей юних науковців, формуванню навичок ведення наукового дослідження, аналізу отриманих результатів, їх оформлення, розвиває вміння презентувати власні здобутки, формуючи навики конкурентоспроможності, вміння відстоювати власні погляди. У межах МАН старшокласники проходять перші етапи становлення як науковці.

Пріоритетним вектором організації науково-досідницької діяльності юних науковців повинна стати STEAM-освіта, зорієнтована на винахідництво та інноватику. STEAM технології створюють оптимальну наукову платформу для учнівських досліджень, адже дозволяють інтегрувати знання різних дисциплін, проводити різноманітні досліди, генерувати нові ідеї, створювати сучасні винаходи.

Учні нашого навчального закладу є постійними учасниками конкурсу-захисту МАН та неодноразово ставали переможцями на різних етапах, зокрема у секціях «Техніка», «Мистецтвознавство» (ті секції, де учні працюють з учителем технологій як науковим керівником). Кожна досліджувана робота є унікальною та науково-значимою, адже учні обирають актуальні цікаві теми. Пріоритет надається розгляду тих питань, які знаходь відголосок у власній творчості учнів(наприклад, розробка установок для виробітку тепла чи виготовлення речей із непотребу, як новий напрям дизайну). Також значна увага учнів приділяється вивченню базового предмета за для результативного написання контрольної роботи на конкурсі (у секції «техніка» – математика, «мистецтвознавство» – українська мова). Для ефективної організації науково-дослідницької діяльності ми використовуємо STEAM технології, які дозволяють з різних сторін проаналізувати проблему дослідження, інтегруючи необхідні знання учнів з різних предметів. Лише за умови творчої співпраці усіх учасників науково-дослідницької діяльності досягається високий результат та перемога у конкурсі МАН.

На жаль, на сьогоднішній день гостро постає проблема відсутності STEAM - лабораторій у більшості навчальних закладів України. Відповідно

це гальмує процес повноцінного впровадження STEAM-освіти у навчально-виховний процес навчальних закладів. Проте, на сьогодні існує можливість для закладів освіти брати участь у різноманітних міжнародних навчальних проектах, конкурсах, умовою яких є часткове забезпечення учнів необхідними обладнанням для досліджень.

Одне з основних завдань сучасної школи – створити умови для різнобічного розвитку підростаючого покоління, забезпечити активізацію і розвиток інтелекту, інтуїції, легкої продуктивності, творчого мислення, рефлексії, аналітико-синтетичних умінь та навичок з урахуванням можливостей кожної дитини. Сучасні методи навчання забезпечують активну взаємодію учнів і вчителя в навчальному процесі. Впровадження STEAM - освіти є вагомим вектором розвитку Нової української школи та майбутнього підростаючого покоління в цілому.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1 Батура Ю. STEAM — драйвер розвитку в учнів ключових компетентностей і навичок майбутнього. /[Ел. ресурс] // Режим доступу: https://naurok.com.ua/webinar/steam-drayver-rozvitku-v-uchniv-klyuchovih-kompetentnostey-i-navichok-maybutnogo

2 Методичні рекомендації щодо впровадження STEM-освіти у загальноосвітніх та позашкільних навчальних закладах України на 2017/2018 навчальний рік //Лист ІМЗО № 21.1/10-1470 від 13.07.17 року

3 STEM-освіта / [Ел. ресурс] // Режим доступу: /https://imzo.gov.ua/stem-osvita

4 5 питань про STEM-освіту: що воно таке і чому змінює долю наших дітей / [Ел. ресурс] // Режим доступу: http://hobbytech.com.ua

5 STEM-освіта. / [Ел. ресурс] // Режим доступу: ***http://iteach.com.ua/news/mass-media/?pid=2621***

УДК 621.793.06:539.422.24

Ларіонов М.О. науч. кер. д.т.н., проф. Ковалевський С.В.(Украина, м. Краматорськ, ДДМА)

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДУ ЗМІЦНЕННЯ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ ВИРОБІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВИГЛАДЖУВАННЯ

У статті представлено теоретичне обґрунтування нового методу зміцнення робочих поверхонь виробів при зміцнювальній обробці з використанням електромагнітного виладжувача, спрямованих на підвищення стійкості та поліпшення їх експлуатаційних властивостей. Досліджено та обгрунтовано переваги застосування пропонованого методу. Викладені в статті підходи дозволяють підвищити час використання, та підвищити міцність робочих поверхонь деталей, сприяючи збільшенню виробництва, зменшення затрат часу на ремонт та експлуатацію обробленных та зміцнених деталей. Такимчином підвищюється продуктивність реалізації процесу виробництва.

The article presents the theoretical justification of the new method of strengthening the working surfaces of products with firming treatment using electromagnetic viigadzhuvacha, aimed at improving stability and improving their operational properties. Investigated and justified the benefits of applying the proposed method. The approaches outlined in the article allow to increase the time of use, and to increase the strength of the working surfaces of parts, contributing to an increase in production, reducing the time spent on repair and operation of crushed and hardened parts. Thus, the productivity of the production process is increased.

Вигладжування, являє собою метод обробно-зміцнюючої обробки деталей поверхневим зміщенням деслокації, який полягає вдеформації оброблюваної поверхні ковзаючим по ній індентором. В результаті прикладанням тиску відбуваються зміцнення поверхневих шарів і утворенняприятливого з позиції зносостійкості мікрорельєфу поверхні, зокремазгладженого профілю шорсткості поверхні [1].

При вигладжуванні висотні параметри шорсткості обробленої поверхні від робочої подачі інструменту, що знижує продуктивність процесу вигладжування. Таким чином, при обробці класичними вигладжувачями завжди шукаються компромісні умови вигладжування, щоб забезпечити задані значення мікротвердості поверхневого шару, залишкових напружень стиску і висотних параметрів шорсткості вигладженою поверхні.[1-3].

Вплив електромагнітних полів на поверхню материіалу. Основними властивостями фізичних механізмів магнітопластічного ефекту (МПЕ) і ефекти магнітного впливу на структуру немагнітних кристалів і кінетики їх деформації в магнітне поле в яких: показано вплив попередньої магнітної обробки на зменшення розчинності лужно-галойдних кристалів і зміна їх мікротвердості; виявлено вплив попередньої термомагнітної обробки на тимчасову еволюцію стан їх примеснойструктури, детектуемого за

допомогою межі текучості; встановлено, що магнітне поле змінює характер кривих деформацій і зменшує межу плинності кристалів; встановлений нижній поріг ефекту по магнітному полю, певним чином залежить від швидкості деформації та величини магнітної індукції; показано, що в залежності від типу домішки пов'язаний з нею бар'єр для дислокаційного руху в магнітному полі може, як зменшуватись, так і підвищуватись.[4,5].

На рисунку 2 зображене схема електромагнітного выгладжувача.

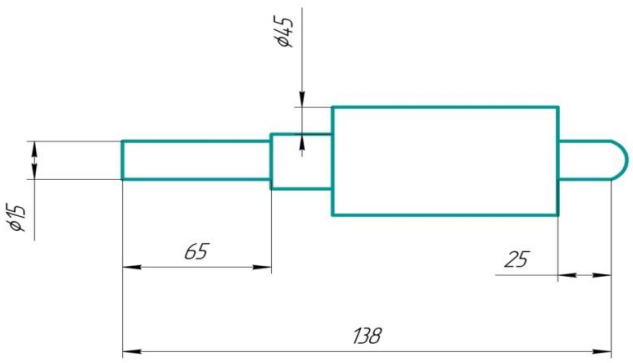


Рисунок 2 – Розміры електромагнітного вигладжувача

Кількість витківn = 880

Діаметр мідноїдротуd = 0,8 мм

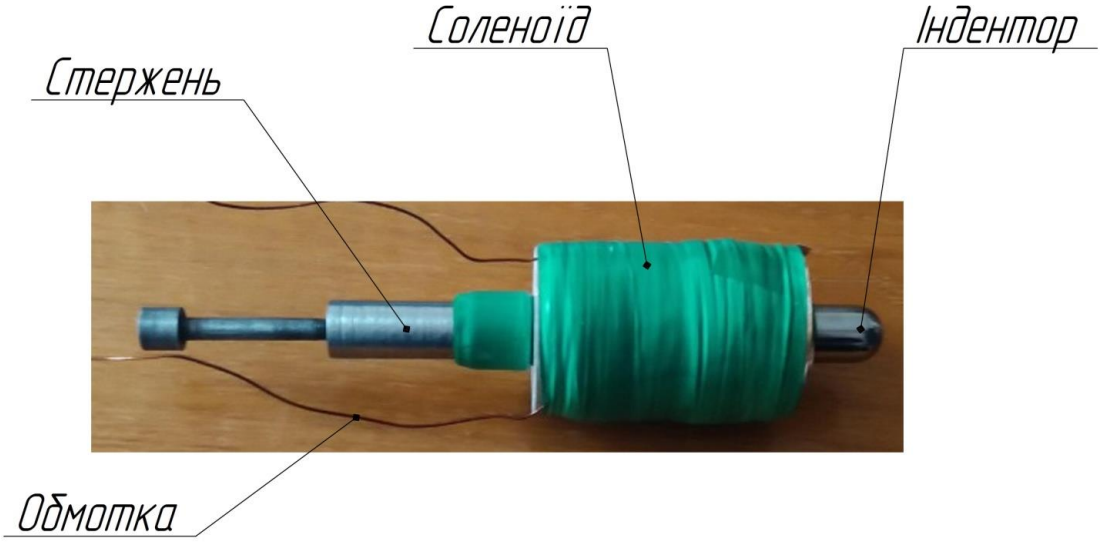


Рисунок 4 - Зображен склад електромагнітного вигладжувача

При вивченні магнітних властивостей найбільш важливе значення мають вимірювання двох типів. Перший з них -Вимірювання сили, що діє на зразок поблизу магніту; так визначається намагніченість зразка. До другого відносяться вимірювання «резонансних» частот, пов'язаних з намагнічених

речовини. В магнітному полі прецессують крихітні атоми (як звичайний дзига під впливом крутного моменту, створюваного силою ваги) з частотою, яка може бути виміряна. Крім того, на вільні заряджені частинки, які рухаються під прямим кутом до ліній магнітної індукції, діє сила, як і на електричний струм в провіднику. Вона змушує частку рухатися по круговій орбіті, радіус якої дається виразом

$$R = mv/eB,$$

де m - маса частинки, v - її швидкість, e - її заряд, а B - магнітна індукція поля. Частота такого кругового руху дорівнює

$$f = \frac{1}{2\pi} * \frac{eB}{m},$$

де f вимірюється в герцах, e - в кулонах, m - в кілограмах, B - в теслах. Ця частота характеризує рух заряджених частинок в речовині, що знаходиться в магнітному полі. Обидва типи рухів (прецесію і рух по кругових орбітах) можна порушити змінними полями з резонансними частотами, рівними «природним» частотам, характерним для даного матеріалу.[6]

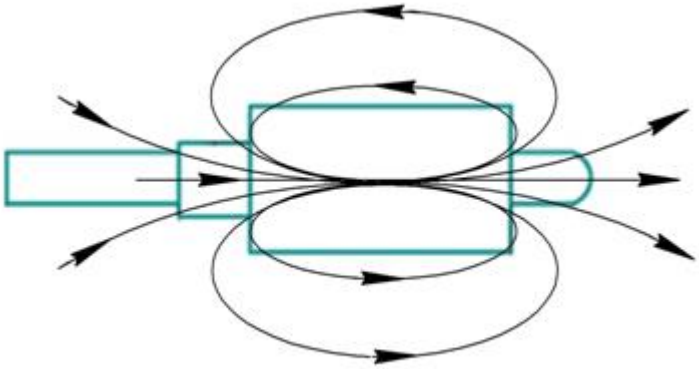


Рисунок 5 – Зображений напрямок ліній магнітного поля

Задяки створенному магнітному полю утворюється вібрація яка сприяє збільшенню оброблюваної поверхні, а також змінює деслокацію зерен що утворює нано-поверхню на деталі.

Висновки

Представлений в роботі пристрій дозволяе втілити раціональний вибір обробки робочих поверхонь деталей машин, згідно з наявним парком технологчного обладнання даного виробництва. Також використання даного пристрою обробки робочих поверхонь деталей машин призводить до підвищення як продуктивності обробки так іїх якості, яка забезпечуе довгу та якісну експлуатацію деталей машин.

ЛІТЕРАТУРА

1. Губанов В.Ф. Вигладжування: якість, технології та інструменти: Монографія. - М .:Видавничий дім Академії природознавства. 2013. - 70 с.

2. Губанов В.Ф. Модернізована технологія обробно-зміцнюючої обробкивигладжуванням // Автоматизація та сучасні технології. - 2012. - № 2. - С. 10-12

3. Марфицын В.В., Орлов В.Н., Губанов В.Ф., Мосталыгин А.Г. Устройство длянастройкивыглаживающего инструмента на токарных станках с ЧПУ // Патент России наизобретение № 2257286. 2005

4. Урусовская, А. А. Ефекти магнітного воздействия на механічні властивості і реальну структуру немагнітних кристалів [Текст] / А. А. Урусовская [и др.] // Кристаллографія.- 2003.-№5.-С.855-872 .

5. Альшиц В. І. Магнітопластінчестий ефект: основні властивості та фізичні механізми [Текст] / В. І. Альшиц [и др.] // Кристаллографія.-2003 №5.-С.826-854.

6. Гольдштейн Л. Д., Зерно в Н. В. Електромагнітні поля і хвилі. Вид. 2-е, перераб. і доповнене. М. Вид-во «Радянське радіо», 1971, 664 стор., Т. 14000 екз.

УДК 621.01:621.79

Лупа Ю.В., наук. кер. Олійник С.Ю. (Україна, м. Краматорськ, ДДМА)

АДИТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ В МАШИНОБУДІВНІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

Однією з областей сучасного виробництва деталей машин, яка має найбільш швидкий розвиток є адитивні технології або 3D-друк. Впровадження адитивних технологій дозволяють значно прискорити виконання наукових та конструкторських розробок машинобудівних підприємств. У статті приведено огляд основних видів адитивних технологій. Представлені їх переваги та недоліки.

One of the areas of modern production of machine parts that has the most rapid development is additive technology or 3D-printing. The introduction of additive technologies can significantly accelerate the implementation of scientific and design developments in machine-building enterprises. The article is offered the overview of main types of additive technologies. The advantages and disadvantages are presented.

Однією з областей сучасного виробництва деталей машин, яка має найбільш швидкий розвиток є адитивні технології або 3D-друк. Впровадження адитивних технологій дозволяють значно прискорити виконання наукових та конструкторських розробок машинобудівних підприємств. У статті приведено огляд основних видів адитивних технологій. Представлені їх переваги та недоліки.

Одним з перспективних напрямків розвитку машинобудування є впровадження промислових адитивних технологій. Головною відмінністю від традиційних способів отримання деталей та виробів є не знімання шару матеріалу, а його додавання. Очевидні переваги адитивних технологій – це отримання деталей складної геометричної форми при достатньо великій швидкості виконання процесу. А коли швидкість виготовлення продукції скорочується в десятки разів і докорінно змінюються витрати, це змінює всю економіку машинобудування.

Метою даної роботи є аналіз основних видів адитивних технологій та перспективи їх застосування для промислового виробництва.

Першим та найбільш розповсюдженим використанням технології швидкого прототипування було на етапі виконання науково-дослідної роботи, коли важливо швидко отримати модель виробу з метою відпрацювання геометрії деталі, оцінки ергономічних якостей, перевірки складання та раціональності компонувальних рішень [1, 2]. У машинобудівній промисловості це можуть бути достатньо великі моделі, які призначенні для експлуатаційних випробувань, наприклад гідро- або аеродинамічних виробів або моделі корпусних деталей приладів, радіостанцій, медичної або побутової техніки, які будуються для перевірки функціональності реальних виробів. Велика кількість прототипів

розробляється, як пошукові дизайнерські моделі з різними особливостями в конфігурації. Основним напрямком застосування адитивних технологій є створення деталей надскладної геометрії у швидкий термін, що є найбільш актуальною темою для сучасних досліджень.

Адитивні технології (AM – Additive Manufacturing) припускають виготовлення фізичного об'єкта методом пошарового нанесення матеріалу, на відміну від традиційних методів формування деталі, які виготовляються шляхом видалення матеріалу з масиву заготовки. Вони вживаються поряд зі словосполученням Rapid Prototyping (або RP-технології) - швидке прототипування, але мають більш загальне значення та точніше відображає сучасний стан [2].

AM-технології в якості технологій «швидкого прототипування» застосовують на початковій стадії конструкторських розробок - для відтворення геометричного образу виробу. На цій стадії зазвичай нехтують якістю поверхні, міцностю та іншими властивостями матеріалу. Матеріали для моделювання обирають за критерієм доступності, та з метою візуалізації, а іноді для функціональних випробувань прототипів. В якості обладнання використовують недорогі 3D-принтери таких виробників, як Envisiontec [4], Stratasys [5], 3D Systems [6]. Такі принтери знаходять застосування в освіті, інженерних та архітектурних бюро, модельних майстернях, медицині, при виконанні науково-дослідницьких робіт в лабораторіях.

Великогабаритні моделі до яких висувають високі вимоги по якості поверхні та міцності конструкції виготовляють за допомогою AM-технології (SLA, SLS) і на професійних машинах значної вартості. Після завершення побудови модель має ступінчасту поверхню, а висота сходинки відповідає кроку побудови. AM-технології до яких відносять технології FDM, SLA, SLS або Poly-Jet передбачають побудову моделі пошарово, відповідно створеним перед початком побудови «перетинам» та забезпечують певний рівень якості поверхні моделі, основним критерієм яких є чистота поверхні [4]. Якість поверхні прототипу залежить від орієнтації моделі на робочій платформі під час процесу. При прототипуванні площинної деталі можливо досягнути низької шорсткості горизонтальної площини при її горизонтальному розташуванні, але щоб збільшити якість бічних поверхонь деталь необхідно зорієнтувати під кутом до площини платформи [4].

Розглянемо основні технології, які використовуються в промисловості для виконання процесів швидкого прототипування.

Технологія стереолітографії (Stereo Lithography Apparatus (SLA) заснована на пошаровому твердінні рідкого фоточутливого полімеру під дією ультрафіолетового лазерного випромінювання, що направляється сканувальною системою [4, 7].

Зазначена технологія використовується в більшості галузей машинобудування для отримання прототипів з метою перевірки деталей конструкції на складання, майстер-моделей для подальшого виготовлення силіконових форм і лиття в них полімерних смол, а також ювелірних

майстер-моделей. Для виготовлення прототипу застосовуються матеріали, що дозволяють отримувати вироби з різними фізико-механічними властивостями, температурною стійкістю, прозорістю. Якість поверхні залежить від товщини шару.

Прототип створюється на платформі, яка переміщається в напрямку осі побудови моделі у ванні з рідким полімером. Випромінювання керується за програмою перетину, який будується. На засвічених ділянках відбувається полімеризація фотополімеру. Потім підстава опускається і заливається наступним шаром полімеру, який засвічується. Товщина шару і поверхню калибруются спеціальним скребком-ракелем. Після нанесення всіх шарів, отримана модель витягується з ванни, доотверждается, зачищається і використовується за призначенням [7].

До переваг технології Stereo Lithography Apparatus (SLA) можна віднести можливість отримання точних та дрібних елементів і деталей, високу автоматизацію процесу. До недоліків - тривалий час постобробки (16 і більше годин), деформація форми поверхні після усадки полімеру, хімічна токсичність та вартість полімерів, необхідність в спеціальних підтримках та перегородках, зачистка поверхні після виготовлення, жорсткі вимоги до приміщення та висока вартість лазеру [4, 5].

Пошарова заливка екструдіруемим розплавом (Fused Deposition Modeling (FDM) [7]. Технологія основана на пошаровому укладанні, яке видавлюється через сопло робочої головки екструдера, нагрітої до напіврідкого стану полімерної нитіі відповідно до геометрії моделі деталі, яка розроблена в CAD системі. Спеціальне програмне забезпечення орієнтує модель та розбиває її на горизонтальні шари. Такі моделі відрізняються міцністю, точністю виготовлення, піддатливістю в обробці, що дозволяє виконувати з ними такі операції як склеювання, фрезерування, шліфування, розсвердлювання, нарізання різьби, затягування болтами, нанесення металевих покриттів. Підтримка, яка використовується під час процесу побудови деталі легко відділяється від моделі або вимивається водним розчином в ультразвукової ванні (для водорозчинної підтримки – WaterWorks™) [4]. Такий тип підтримки дозволяє моделювати тонкостінні деталі та вироби зі складними внутрішніми порожнинами, які виконуються з високою точністю.

Технологія FDM виконується в спеціально розроблених для роботи в конструкторських відділах та офісах компанією Stratasys Inc. 3D принтерів Dimension. Відрізняється технологія використанням екологічно чистих моделюючих матеріалів та достатньою безпекою для людини, тому не вимагають спеціальних лабораторій і особливих умов експлуатації [5].

До переваги технології FDM можна віднести легке переналагодження з матеріалу на матеріал, високу продуктивність, компактність та порівняно низьку вартість витрат, не токсичність матеріалів, одночасне виготовлення декількох деталей, відсутність обов’язкової операції спеціальної обробки деталі після виготовлення, низьку або повну відсутність усадки. Але

розглянута технологія має деякі недоліки, серед яких наявність швів між шарами, мала зсувна міцність побудованих виробів, висока шорсткість поверхні створюваної моделі, коливання температури під час процесу, що приводить до розтріскування моделі, деяке оплавлення попереднього краю [8].

Технологія лазерного спікання (Selective Laser Sintering (SLS)) – передбачає спікання дрібнодисперсних частинок витратного матеріалу (пудра, яка попередньо розігріта до температури, близької до температури плавлення) під впливом лазеру [3, 7]. В якості матеріалу використовують полімери, віск, нейлон, кераміка, різні спеціальні пластики (в тому числі склонаповнені), пісок і металеву пудру. Найбільш розповсюджене застосування цієї технології – для побудови функціональних прототипів пластикових деталей, піщаних форм і стрижнів для металургії, моделей для лиття по виплавлюваних моделях та металеві деталі або фрагменти формотворчих елементів прес-форм [7].

Промінь лазера, рух якого керується за допомогою програми, спікає порошок в місцях, де повинні бути стінки моделі. Платформа опускається після виконання чергового шару, а з картриджу виділяється наступна порція витратного матеріалу, який розрівнюється прокатним валиком. В технології SLS не передбачені підтримки, так як сам порошок підтримує модель, яку будують. Порошок можна використовувати повторно. Для уникнення окислення при нагріванні порошків в камеру можлива подача азоту.

До переваг технології SLS можна віднести те, що готовий виріб має властивості монолітного матеріалу, при виготовлені використовують недорогі і нетоксичні матеріали, відсутні підтримки, для моделі характерне низький рівень деформації. Але деякі недоліки технології SLS знижують якість через високу шорсткість поверхонь, пористість, змінну щільність [7].

ВИСНОВКИ

3D-обладнання дає інженерам можливість розробляти вироби зі складною структурою та нестандартними елементами. Створення деяких конструкцій в більшості випадків можливе тільки за допомогою адитивних технологій. Аналіз сучасних розробок в галузі адитивних технологій показав актуальність цього напрямку дослідження для машинобудівного виробництва, при тому що кількість учасників цього ринку невелика. Можна підкреслити однозначну необхідність присутності 3D-обладнання в лабораторіях технічних університетів з метою якісної підготовки майбутніх інженерів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Андрощук Г.О. Адитивні технології: перспективи і проблеми 3D-друку / Г.О. Андрощук // Наука, технології, інновації,–2017.–№ 1.–С. 68–77.

2. Зленко М.А. Аддитивные технологии в машиностроении: пособие для инженеров /М.А. Зленко, М.В. Нагайцев, В.М. Довбышю. – М.: ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ». - 2015.-220 с.

3. Шаповалов В.О. Наукові основи дугових адитивних технологій у спецелектрометалургії та електрозварюванні / Стенограма наукової доповіді на засіданні Президії НАН України 30 травня 2018 року // Вісн. НАН України. – 2018. – № 7. – С. 33-39.

4. 3D Printer Families [Електроний ресурс].°– Режим доступа: https://envisiontec.com

5. 3D Printing Technologies Invented By Stratasys [Електроний ресурс].°– Режим доступа: https://www.stratasysdirect.com/technologies

6. Metal 3D Printers [Електроний ресурс].°– Режим доступа: https://www.3dsystems.com

7. Грабченко А.И. Интегрированые генеративне технологии / А.И. Грабченко, Ю.Н. Внуков, В.Л. Доброскок и др. – Харьков: НТУ «ХПУ». – 2011. – 418 с.

8. Технология FDM. Системы семейства FDM Vantage. Компания Stratasys [Електроний ресурс].°– Режим доступа: http://www.cad.dp.ua/obzors/FDM.php

УДК 65.011.56

Малаков О.І., Веселовська Н.Р., Вінницький національний аграрний університет

ФУНКЦІОНАЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ПІДГОТОВКИ ВИРОБНИЦТВА ДЛЯ ПРОЕКТІВ СТВОРЕННЯ НОВОЇ ТЕХНІКИ

Проаналізовано вимоги стандартів до технологічного забезпечення створення продукції. З метою реалізації функцій інформаційної системи проаналізовано фактори, що впливають на обсяг і структуру технологічних документів, визначений їх основний і допоміжний склад.

Постановка проблеми в загальному вигляді. Особливостями сучасних ринкових умов є те, що визначальним видом діяльності промислових підприємств стають проекти по розробці і створенню нової техніки. Реалізація подібних проектів – серйозна проблема, яка потребує організації неперервного процесу підготовки нових виробів, що характеризуються технологічною новизною (або модифікацією існуючих технологічних принципів), яка втілює наукові відкриття та винаходи [1].

Підготовка проекту – технічна підготовка виробництва об'єднує комплекс наукових, проектно-конструкторських, технологічних і виробничо-господарських робіт по створенню і освоєнню нових виробів і впровадження нових технологій. Всі види робіт з технічної підготовки виробництва проходять взаємозалежні етапи конструкторської підготовки виробництва, технологічної підготовки виробництва (ТПВ) і організаційної підготовки виробництва. В результаті формується комплект документів, що визначає взаємовідношення різних служб і виробничих підрозділів, що є фактором, який забезпечує зростання ефективності виробництва і підвищення виробничої праці [1, 2].

Проектна діяльність передбачає, що при створенні нової техніки необхідно розробляти індивідуальні технологічні рішення з метою оптимального забезпечення технологічної готовності виробництва до виготовлення виробів відповідно до вимог замовника або ринку даного класу техніки. Однак навіть у самій функціональній виробничій системі є істотний недолік - інерційність і відсутність орієнтації на нову продукцію, коли кожен освоєний зразок, що пройшов технологічну підготовку ставлять в серійне (масове) виробництво [1, 2, 3].

Проекти створення нової техніки орієнтовані на вироби, унікальні за конструкцією або іншим важливим ознаками, виконуються в рамках маркетингової стратегії підприємств при збільшенні (збереженні) долі ринку. Можливість автоматизації процесів створення документації при реалізації таких проектів практично повністю вирішує проблеми рутинності, трудомісткості і ресурсоємності її розробки, дозволяє скоротити тривалість

етапів проектування і технологічної підготовки виробництва, зменшити терміни реалізації проекту. Найбільш актуальними є технології автоматизованої розробки документації на основі концепції єдиного джерела [4, 5], ідея яких для проектів створення нової техніки представлена на рис. 1.

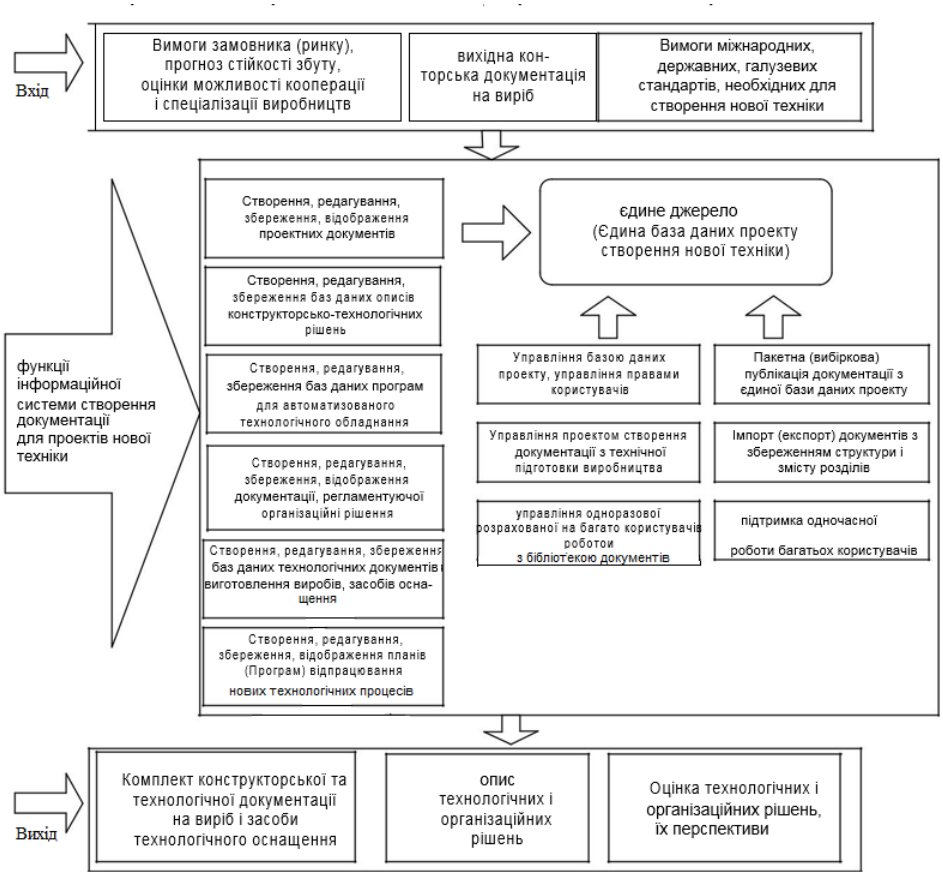


Рис. 1. Концепція єдиного джерела для проектів створення нової техніки

Розробка подібних інформаційних систем пов'язана з певними труднощами, однією з яких є відсутність єдиного підходу до опису процесів технологічної підготовки виробництва.

Тому метою статті є розробка моделі процесу технологічної підготовки виробництва, використання якої в рамках єдиної інформаційної системи дозволить ефективно реалізувати проекти створення нової техніки.

Основний матеріал. Стандарт ISO/IEC 12207 в життєвому циклі інформаційної систем розділяє етапи проектування та написання програмного коду, що дозволяє на початкових стадіях розробки проаналізувати предметну сферу, сформувати концептуальну модель системи з описом основних виконуваних функцій [5, 6]. При цьому за основу беруть моделі бізнес-процесів, які виконуються при створенні нової техніки.

Процес створення технічної документації на основі концепції єдиного джерела описується теоретико-множинним поданням виду [4]:

$$TD = (X ,S ,Y ,\text{j} ,\text{y}) ,$$

де $X=\{x_1,x_2,...,x_n\}$ – безліч вихідних даних, необхідних для розроблення технічної документації;

$S=\{s_1,s_2,...,s_m\}$ – безліч вимог, регламентують процес раз-ництва технічної документації і визначає її стан;

$Y=\{y_1, y_2 ,..., y_k\}$ – безліч документів, одержуваних на виході при реалізації процесу розробки технічної документації;

$\varphi=X\times S\rightarrow S$ – функція переходів, в результаті реалізації якої зіставляється і затверджується технічне завдання на розробку;

$\psi=X\times S\rightarrow Y$ – функція виходів, сформована в процесі трансформації вихідних даних у вихідний комплект документів з урахуванням вимог технічного завдання.

Отже, інформаційна система повинна реалізовувати функцію виходів, для визначення якої скористаємося методом функціонального моделювання IDEF 0 [5, 6], що дозволяє наочно уявити предметну область і досліджувати інформаційні потоки. Розглянемо особливості формування функції виходу на прикладі ТПВ.

ТПВ спрямована на розробку і реалізацію заходів, що забезпечують технологічну готовність виробництва. Відповідно до ГОСТ Р 50995.3.1-96 при проведенні ТПВ розробники і виробники на основі вимог нормативної документації перетворять вимоги замовника (ринку) на основі проектної документації з урахуванням обсягу випуску і наявних матеріалів (комплектуючих) в конструкторську і технологічну документацію, що забезпечує виготовлення деталей і складальних одиниць. Функціональна модель цього процесу у вигляді контекстної діаграми IDEF 0 представлена на рис. 2 [6].

Рис. 2. Загальна функціональна модель процесу ТПВ

При цьому необхідно пам'ятати, що обсяг робіт і документації, що створюється при ТПВ, залежить від стадії розробки конструкторської документації (КД). При цьому для унікальних проектів виробів нової техніки

не завжди технологічна документація буде проходити всі стадії розробки, що потрібно мати на увазі, формуючи бази даних, зазначені в функціональній моделі ТПВ.

Висновки. Таким чином, в рамках концепції єдиного джерела розроблена функціональна модель процесу технологічної підготовки виробництва. Її використання в якості елемента інформаційної системи дозволить:

- готувати конструкторську, технологічну, планово-економічну документацію для проектів в гранично стислі терміни;
- забезпечити технологічну готовність виробництва для випереджаючого запуску уніфікованих і запозичених вузлів нової техніки;
- приймати технічно і економічно обґрунтовані рішення при заключенні договорів, за участю підприємства в тендерах, в державних програмах, при створенні та впровадженні інноваційних виробів.

Перспективою подальших досліджень є деталізація етапів ТПВ розробкою програмного коду інформаційної системи створення документації.

Список використаних джерел

1. Невлюдов, І. Ш. Основи виробництва електронних апаратів: [Текст]: підручник / І. Ш. Невлюдов. – Х.: ТОВ «Компанія СМІТ», 2006. – 592 с.

2. Медведева, С. А. Основы технической подготовки производства [Текст]: учеб. пособие / С. А. Медведева. – СПб: СПб ГУ ИТМО, 2010. – 69 с.

3. Дмитриевский, Б. С. Моделирование технической подготовки производства в мелкосерийной инновационно-производственной системе: [Текст] / Б. С. Дмитриевский, И. О. Савцова // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2013. – № 2 (46). – С. 54-59.

4. Даншина, С. Ю. Технология автоматизированного документирования разработки радиоэлектронной аппаратуры: [Текст] / С. Ю. Даншина, А. В. Денисенко. – Відкриті інформаційні та комп'ютерні інтегровані технології: зб. наук. тр./ М-во освіти і науки Україйни, Нац. аерокосм. ун-т ім. Н. Е. Жуковского «ХАИ», – Харків, 2012. – Вип. 57. – С. 176-186.

5. CASE-технології в управлінні проектами [Текст]: монографія / В. М. Ілюшко, В. Я. Жихарєв, С. Ю. Мелешенко та ін.; під ред. А. Ю. Соколова. – Житомир: Волинь, 2005. – 534 с.

6. Методи системного аналізу в радіоелектроніці та комп'ютерній інженерії [Текст]: підручник / А. В. Горбенко, С. Ю. Даншина, В. А. Краснобаєв та ін.; за ред. С. Ю. Даншиної, В. С. Харченка. – Х.: Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського "Харк. авіац. ін-т", 2014. – 424 с.

Мунтяну В.І., учениця 10-А класу, Васильєва І.Г., наук. кер. вчитель хімії вищої категорії, к.т.н., доц. Цивінда Н.І.(КЗОШ І-ІІІ ступенів № 17 м. Кривий Ріг, Україна)

ДОСЛІДЖЕННЯ РІВНЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ КУЛЬТУРИ ШКОЛЯРІВ

На жаль, більшість людей вважає, що садіння дерев, спорудження очисних споруд і тому подібне є екологією. Ні. Це лише дія, вчинок, факт. Необхідність системи дії пов'язана з тим, що кожна з них окремо додає чи забирає щось в одному місці, а це спричиняє зворотній процес у іншому. Тобто кожна дія передбачає протидію. Дії, не узгоджені між собою, не приведені до певної системи, не можуть бути збалансовані. Відтак збереження довкілля перетворилося на прогресуючу хронічну хворобу. Таке ставлення до природи зрештою стрімко веде людство до самознищення.

Об'єкт дослідження: Учні 6-10 класів КЗШ №17.

Предмет дослідження: Рівень екологічної свідомості дитини.

Мета: Дати оцінку рівня екологічної свідомості учнів різного віку.

Завдання: 1) Провести анкетування учнів.

2) Порівняти результати анкетування учнів.

Методи дослідження: Аналіз, порівняння, статистична обробка даних.

Робота складаються з теоретичного та практичного розділів.

У теоретичному розділі описується:

- забруднення атмосфери.
- забруднення гідросфери.
- класифікація і шляхи забруднення ґрунту.
- висновки

Другий розділ - визначення рівня екологічної свідомості школярів шляхом оцінки результатів анкетування.

Для визначення рівня екологічної свідомості учнів я запропонувала такі питання:

1. Що таке екологія?
2. Який рівень забруднення нашого міста за 10 бальною шкалою?
3. Які недоліки в стані навколишнього середовища нашого міста?
4. Чи залежить стан навколишнього середовища нашого міста від нас самих?
5. Яким чином ви можете поліпшити стан навколишнього середовища в Кривому Розі?
6. Як ви вважаєте чи можна пити воду з нашого трубопроводу?
7. Чим забруднюють водний простір?
8. Як можна уникнути забруднення води?
9. Як запобігти забрудненню ґрунту побутовими скиданнями й відходами?

Анкетування проведено у 6-А класі (20 учнів), 7-А (17 учнів), 8-А (15 учнів), 9-А (18 учнів) та 10-А (29 учнів)

Висновки: Я вважаю, що 10 клас найбільш досвідчений у галузі екології. Судячи з аналізу анкетування знання у дітей набуваються з віком.

Учні 6-9 класів потребують додаткової інформації з екологічних питань, про те як запобігти забрудненню ґрунту та води. Більша частина учнів саме на ці питання не змогла дати правильної відповіді.

Дослідження показало, що учні вважають, що від них не залежить поліпшення екології нашого міста. Треба їм довести, що чистота нашого міста залежить і від них також.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ.

Екологічна безпека України; у запитаннях та відповідях / М.І. Хилько, В.І. Кушерець. - К.: Знання України, 2006. - 144 с. - (Еко- знання).

Білявський Г.О., Фурдуй Р.С. Основи екологічних знань: Підручник. - К.: Либідь 1995.-288 с.

Екологічна ситуація у місті Кривий Ріг - Офіційний сайт Криворізької міської ради та її виконавчого комітету [Електронний ресурс]. URL:https://kr.aov.ua/karta savtu pidrozdili vikonkomu/upravlinnya ekologii/ ekoloaichna situatsiva u misti kriviv rig

Екологічний паспорт міста Кривого Рогу - Офіційний сайт Криворізької міської ради та її виконавчого комітету [Електронний ресурс]. URL: https://kr.aov.ua/ua/news/pg/190117418982655 n/

УДК 621.224

Олексенко Ю.Ю., Миронов К.А. (Україна, м. Харків, НТУ «ХПІ»)

АНАЛІЗ ПОТОКУ РІДИНИ В ПРОТОЧНІЙ ЧАСТИНІ ВИСОКОНАПІРНОЇ РАДІАЛЬНО-ОСЬОВОЇ ГІДРОТУРБІНИ РО500

Представлені деякі результати розрахункового дослідження просторової течії в'язкої рідини в високонапірній радіально-осьовій гідротурбіні РО500 (на оптимальному режимі). Аналіз втрат енергії в проточній частині радіально-осьової гідротурбіни був проведений з використанням програм для розрахунку течії рідини в двовимірній і тривимірній постановці. Були розглянуті питання підвищення енергетичних показників спроектованої високонапірної радіально-осьової гідротурбіни.

Вступ

Загальноприйнятий підхід для вдосконалення проточних частин гідротурбін полягає в формуванні геометрії гідротурбіни шляхом внесення змін до початкового варіанта, отриманого в результаті наближеного розв'язання оберненої задачі, або, в прийнятті в якості аналога. Порівняння проектних варіантів проводиться на основі попередньої оцінки їх кінематичних і енергетичних характеристик. Пошук оптимального варіанту надзвичайно ускладнює процес вдосконалення проточної частини, оскільки такий підхід вимагає перебору значної кількості геометричних параметрів та їх комбінацій. Складність вирішення поставленого завдання обумовлена, як складною просторовою геометрією лопатевої системи робочого колеса, так і різним ступенем впливу робочих органів на формування енергетичних характеристик [1, 2].

Відсутність вдосконаленої методики узгодження елементів проточної частини в процесі її формування на основі рівняння прямої задачі істотно ускладнює процес вдосконалення проточної частини, збільшує обсяг науково-дослідних і проектних робіт.

При проектуванні проточної частини гідротурбіни використовують розрахункові та експериментальні методи дослідження. Останнім часом з метою скорочення обсягу фізичного експерименту велика увага стала приділятися чисельному експерименту. Це дозволяє скоротити терміни і вартість проектних робіт, що призводить до всебічного впровадження в інженерну практику автоматизованих систем проектування гідротурбін.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Для забезпечення високих енергокавітаційних показників проточної частини гідротурбіни необхідно проводити всебічний гідродинамічний аналіз елементів проточної частини з використанням сучасних пакетів прикладних програм CFD. Дані пакети дозволяють розрахувати в'язкий тривимірний турбулентний потік в порожнині гідротурбіни будь-якої складності [3-7].

Поряд з розвитком методів моделювання робочого процесу, що використовують результати вирішення завдання тривимірного в'язкого

потоку, знаходять широке застосування методи розрахунку енергетичних характеристик, що базуються на спрощених моделях течії.

Застосування спрощених моделей дає можливість на початкових етапах проектування (в процесі проектування проточної частини) розрахувати параметри оптимального режиму, визначити кінематичні параметри потоку на вході і виході з робочого колеса, величини втрат енергії на цьому режимі, а також узгодити елементи проточної частини між собою [1, 8].

Ці моделі робочого процесу знаходять застосування при вирішенні задач вибору та оптимізації основних параметрів гідротурбіни [1, 2].

Вони не вимагають проведення розрахунків обтікання і тому можуть бути використані на початкових етапах проектування при відсутності повної інформації про геометрію лопатевих систем.

Методологія дослідження

Моделювання потоку в гідромашині можна здійснювати при різних наближеннях. Один з найбільш поширених і ефективних підходів - стаціонарна циклічна постановка, в якій приймається допущення, що течія в усіх міжлопаткових каналах напрямного апарату і міжлопатевих каналах робочого колеса однакова [3]. У цьому випадку розрахунок проводиться тільки в одному з каналів апарату і колеса, а на бічних межах каналів ставляться умови періодичності потоку. Для передачі параметрів потоку з обертових сегментів в нерухомі і навпаки їх значення усереднюються в окружному напрямку. Такий підхід суттєво економить обчислювальні ресурси, проте не дає можливості враховувати окружну нерівномірність потоку і пов'язані з нею нестаціонарні ефекти.

В робочому колесі гідротурбіни головну роль відіграє процес передачі рідиною робочому колесу обертального моменту [3]. Даний процес досить точно описується стаціонарної моделлю нев'язкої рідини.

На втрати енергії в відсмоктуючій трубі значний вплив мають в'язкі властивості рідини. При деяких режимах роботи гідротурбіни в конусі відсмоктуючої труби за робочим колесом утворюється вихровий джгут, прецесія якого оказують негативний вплив на роботу всієї гідротурбіни. Для адекватного опису течії в відсмоктуючій трубі необхідно застосовувати ефективну модель турбулентності [3, 9].

Результати

У статті наводяться результати розрахункового дослідження течії рідини в спіральній камері, а також в області решіток статора і напрямного апарату високонапірної радіально-осьової гідротурбіни РО500, які отримано за допомогою CFX-TASCflow [10-12] і двовимірної моделі розробленої на кафедрі гідромашин НТУ «ХПІ».

Чисельне моделювання просторового потоку в проточній частині гідротурбіни було проведено для визначення зміни енергетичних характеристик, тому була обрана k - ε модель турбулентності, дана модель є найбільш вдалою моделлю турбулентності першого рівня замикання [8-10]. Для опису турбулентних величин в ній використовується система двох

нелінійних дифузних рівнянь - для масової щільності турбулентної енергії k і швидкості дисипації турбулентної енергії ε.

Розрахунки показують, що поблизу твердих стінок відбувається досить різка зміна параметрів k і ε. Для належного вирішення цих змін доводиться використовувати досить густу розрахункову сітку. Замість цього часто використовують підхід, при якому у стінки виділяється невелика область, в якій не виконується чисельне рішення рівнянь, а замість цього шукані параметри розраховуються за алгебраїчним формулами, що описує типові пристінкові шари.

В результаті розрахунку були визначені розподіл швидкостей і тисків в різних елементах гідротурбіни, при різних відкриттях напрямного апарату.

Чисельне моделювання течії в проточній частині гідротурбіни РО500 проводилося для розрахункової області, що включає міжлопатевий канал, утворений колонами статора, лопатками напрямного апарату, лопатями робочого колеса і відсмоктуючою трубою для моделі з діаметром робочого колеса D_1 = 500 мм.

Отримані дані показують, що геометрія лопатевої системи робочого колеса в районі вхідної кромки не узгоджена з кутом потоку за напрямним апаратом, що означає наявність ударних втрат на вхідний кромці робочого колеса, тому в подальших роботах будуть розглянуті питання, пов'язані з модифікацією вхідного елемента лопаті робочого колеса.

Тиск безперервно зменшується уздовж меридіонального напрямку від входу в статор до виходу з робочого колеса. Тиск стає негативним на виході з робочого колеса через вплив відсмоктуючої труби.

Розташування ліній току в відсмоктуючій трубі показує, що швидкість знижується від входу до виходу, за рахунок чого відбувається перетворення кінетичної енергії в енергію тиску. Існує поступове падіння тиску від входу до виходу з всмоктуючої труби і напірної сторони лопаті робочого колеса.

Отримані розрахункові дані відповідають відомим раніше експериментальним рекомендаціям про позитивний вплив невеликої закрутки потоку на вході в відсмоктуючу трубу на величину втрат в ній [7] і про оптимальний, з точки зору мінімізації індуктивних втрат, характер розподілу тангенціальної складової швидкості з зростанням її значень в периферійній області.

Результати розрахунку втрат енергії на оптимальному режимі (режим максимуму ККД) в проточній частині високонапірної радіально-осьової гідротурбіни РО500:

- при двовимірній моделі розрахунку сумарні втрати енергії склали 5,23 %;
- при тривимірній моделі розрахунку сумарні втрати енергії склали 5,13 %;
- найбільші втрати енергії при обох постановках припадають на напрямний апарат, при двовимірній моделі 3,02 %, а при тривимірній моделі 2,5 %;

- спіральна камера та статор при двовимірній моделі 0,6 %, а при тривимірній моделі 0,77 %;

- робоче колесо та відсмоктуюча труба при двовимірній моделі 1,61 %, а при тривимірній моделі 1,86 %.

Висновки

1. Для скорочення обсягу фізичного експерименту необхідно більше приділяти уваги чисельному експерименту. Це дозволить скоротити терміни і вартість проектних робіт. Чисельний експеримент дає можливість наочно представити картину та характер течії в проточній частині.

2. Наведено результати розрахунку оптимального режиму гідротурбіни за допомогою двовимірної і тривимірної моделей течії, отримані дані добре узгоджуються один з одним.

3. Для поліпшення енергетичних показників високонапірної радіально-осьової гідротурбіни необхідно більш детально вивчити вплив геометрії напрямного апарату на формування втрат в гідротурбіні.

Список використаних джерел

1. Колычев В.А. Кинематические характеристики потока в лопастных гідромашинах : учеб. пособие. Киев : ИСИО, 1995. 272 с.

2. Колычев В.А., Тыньянова И.И., Миронов К.А. Моделирование энергетических характеристик гидротурбин на начальном этапе проектирования. Восточно-европейский журнал передовых технологий. 2010. № 1/6 (43). С. 27–38.

3. Chung T.J. Computational fluid dynamics. Cambridge university press, 2002. 1012 c.

4. Minkowycz W.J., Sparrow E.M., Murthy J.Y. Handbook of Numerical Heat Transfer [2 ed.]. Wiley, 2006. 984 c.

5. Paul G. Tucker. Computation of Unsteady Internal Flows - Fundamental Methods with Case Studies. Springer, 2001. 376 c.

6. Миронов К.А., Олексенко Ю.Ю. Применение CFD при проектировании элементов проточной части гидротурбин. Вісник НТУ «ХПІ». Зб. наук. праць. Серія: Гідравлічні машини та гідроагрегати. 2016. № 20 (1192). С. 116–121.

7. Расчет и проектирование проточной части реактивных гидротурбин на основе численного моделирования рабочего процесса : учеб. пособие / Барлит В.В., Миронов К.А., Власенко А.В., Яковлева Л.К. Харьков: НТУ "ХПИ", 2008. 216 с.

8. Характеристики пространственного турбулентного потока и потери энергии в элементах проточной части гидротурбины РО500 / П.Н. Сухоребрый и др. Пробл. машиностроения. 2004. № 3, т. 7. С.13–20.

9. ANSYS. Ansys 16.0 Release Documentation, Theory and Modelling Guide; ANSYS Inc.: Canonsburg, PA, USA, 2015.

10. Jošt, D.; Škerlavaj, A.; Morgut, M.; Mežnar, P.; Nobile, E. Numerical simulation of flow in a high head Francis turbine with prediction of efficiency, rotor stator interaction and vortex structures in the draft tube. J. Phys. Conf. Ser. 2015.

11. Расчет и анализ баланса потерь энергии в высоконапорной радиально-осевой гидравлической турбине / В.А. Колычев и др. Східно-Європейський журнал передових технологій. 2005. № 1/2 (13). С. 95–106.

12. Расчет гидродинамических характеристик направляющих аппаратов гидротурбины: учебн. пособие. / В.А. Колычев и др. Харьков, НТУ «ХПИ»,2002. 268 с.

УДК 621.91.01

Перевозник К.Р., наук. кер. Фролов В.К. (Україна, м. Київ, КПІ ім. Ігоря Сікорського)

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЖОРСТКОСТІ КОНСОЛЬНИХ ІНСТРУМЕНТІВ НА ТОЧНІСТЬ ОБРОБЛЕННЯ ГЛИБОКИХ ОТВОРІВ

Консольне кріплення інструмента при розточуванні та шліфуванні глибоких отворів зменшує жорсткість технологічної обробляючої системи (ТОС), що призводить до зниження точності оброблюваних поверхонь. Наразі відсутні системні дослідження впливу статичної та динамічної жорсткості консольних інструментів на точність оброблюваних отворів. Метою даної роботи є визначення впливу сил, що діють на інструментальну оправку та призводять до зменшення точності при обробленні глибоких отворів.

Номенклатура деталей з глибокими отворами, до яких висуваються високі вимоги по точності та якості, постійно розширюється. Особливістю оброблення глибоких отворів є недостатня жорсткість інструмента, внаслідок чого виникають його пружні лінійні деформації, які зменшують якість оброблення. Зі збільшенням довжини отвору труднощі забезпечення високої продуктивності та необхідної точності поверхні різко зростають [1].

У відомих дослідженнях питання забезпечення точності оброблення глибоких отворів шляхом врахування та компенсації елементарних похибок при налагодженні ТОС розглянуте недостатньо.

Точність отворів при розточуванні та шліфуванні значною мірою залежить від точності позиціонування вершини різального або абразивного інструмента відносно оброблюваної поверхні. Неточність позиціонування може виникати під впливом динамічних та статичних навантажень на ТОС. Сили різання впливають на точність отворів безпосередньо під час оброблення. Однак ще до початку оброблення вже з’являється похибка, обумовлена наявністю статичних (вага інструмента та інструментальної оправки) та динамічних навантажень (сили інерції, що виникають через наявність лінійних деформацій, спричинених вагою інструмента та інструментальної оправки).

У відомій літературі з технологій машинобудування [2, 3] досліджено вплив радіальної складової сили різання на точність оброблення глибоких отворів. Однак про вплив ваги інструментальної оправки, ваги інструмента та відцентрової сили інерції на жорсткість оправки та точність оброблюваних отворів інформації не знайдено.

Метою даної роботи є визначення впливу сил, що діють на інструментальну оправку та призводять до зменшення точності при обробленні глибоких отворів; розроблення методів підвищення точності при розточуванні та внутрішньому шліфуванні, які полягають у компенсації елементарних похибок, що виникають під впливом статичних та динамічних навантажень.

На точність оброблюваних отворів впливають: вага інструмента Q_0, сила інерції $Q_{\text{ін}}$, що діє на інструмент, вага інструментальної оправки q_0 та сила інерції $q_{\text{ін}}$, що діє на інструментальну оправку (рис. 1).

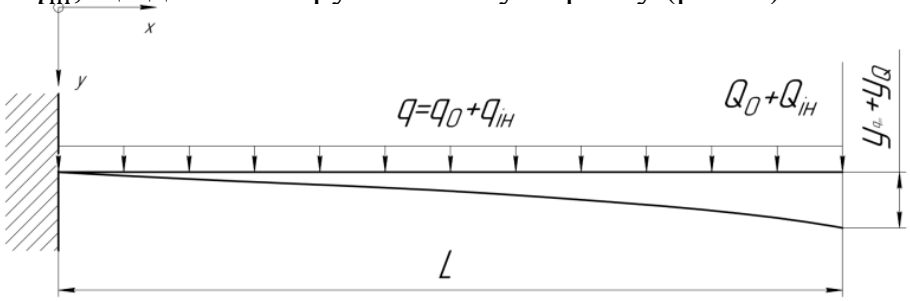


Рис. 1. Схематичне представлення циліндричної оправки у вигляді консольної балки

Максимальна лінійна деформація інструментальної оправки з інструментом, спричинена діями ваги інструмента та відцентрових сил інерції, обчислюється за формулою:

$$y_Q = \frac{Q_0 \cdot L^3}{3EI}\left(1 + \omega^2 \cdot \frac{L^3}{3EI}\right) \qquad (1)$$

де Q_0 – вага інструмента, Н; $\omega = \pi \cdot n/30$ – кутова швидкість обертання, рад./с.; n – частота обертання, об./хв.; L – виліт різального інструмента (довжина оправки), м; I – момент інерції поперечного перерізу, м^4 (для круглого перерізу $I = \pi \cdot D^4/64$); D – діаметр оправки, м; E – модуль пружності матеріалу оправки (для легованих сталей $E = 2{,}1 \cdot 10^5$ МПа).

Наявність лінійної деформації, що виникає під впливом ваги оправки, обумовлює наявність відцентрових сил інерції. У свою чергу, сили інерції викликають додаткову деформацію оправки. Величина відцентрової сили інерції $q_{\text{ін}}$, яка діє на оправку, буде змінюватися по довжині (рис. 1). Її можна представити як функцію від змінної y, де y – величина деформації оправки, яка у свою чергу залежить від x.

Інтенсивність розподіленого навантаження від ваги оправки становить $q_0 = \pi \cdot D^2 \cdot \rho \cdot g/4$, Н/м, а відцентрові сили інерції, що діють на оправку, $q_{\text{ін}} = \pi \cdot D^2 \cdot \rho \cdot \omega^2 \cdot y(x)/4$, Н/м ($g$ – прискорення вільного падіння, Н/кг; $\rho -$ густина матеріалу оправки, кг/м^3).

Для визначення лінійних деформацій $y_{q_{\text{оп}}}$ запишемо диференційне рівняння вигнутої осі балки 4-го порядку з врахуванням власної ваги балки і відцентрових сил інерції:

$$EIy^{IV}(x) = q_0 + q_{\text{ін}}(y(x)) \qquad (2)$$

Його загальний розв’язок має вигляд:

$$y(x) = C_1 \cdot \sin kx + C_2 \cdot \cos kx + C_3 \cdot e^{kx} + C_4 \cdot e^{-kx} - \frac{b}{k^4}, \qquad (3)$$

де C_1, C_2, C_3, C_4 – постійні коефіцієнти, що з’являються в ході розв’язання диференційного рівняння при введенні початкових умов; $k = \pi \cdot D^2 \cdot \rho \cdot \omega^2/(4 \cdot E \cdot I)$ та $b = \pi \cdot D^2 \cdot \rho \cdot g/(4 \cdot E \cdot I)$ – коефіцієнти, введені для зручності знаходження розв’язку.

За рівняннями (1) та (3) проведені розрахунки у програмному забезпеченні Mathcad, результати яких для оправки довжиною $L = 300$ мм представлені на рис. 2.

Встановлено, що при низьких частотах обертання шпинделя найбільший вплив на точність має радіальна складова сили різання. Вага оправки та сила інерції, яка діє на оправку, призводять до зменшення точності, однак її вплив дещо менший. Вплив сил інерції та ваги інструмента на точність найменші. При збільшенні частоти обертання шпинделя до величин, характерних для внутрішнього шліфування, значно збільшується частка деформації під впливом сил інерцій.

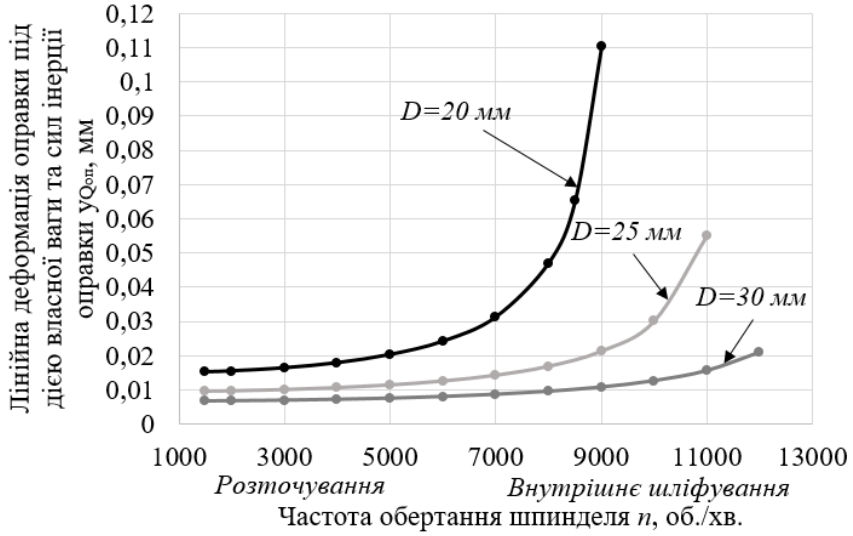


Рис. 2. Залежність лінійної деформації оправки $y_{Q_{\text{оп}}}$ під дією власної ваги та сил інерції від частоти обертання шпинделя n

Запропоновано практичну реалізацію результатів виконаних теоретичних досліджень.

При традиційному розмірному налагодженні горизонтально-розточувального верстата, коли вершину інструмента встановлюють у точці, що відповідає робочому налагоджувальному розміру і при цьому контролюють співвісність розточувальної оправки і оброблюваного отвору, можна отримати похибку, яка в деяких випадках перевищує величину допуску на просторове розташування осі [4, стор. 268]. Запропоновано спосіб налагодження консольного інструмента на горизонтально-розточувальному верстаті [5], при якому розточувальну оправку 1 встановлюють відносно оброблюваного отвору заготовки 2 так, щоб вісь шпинделя 3 була вище осі отвору на величину компенсації $y_{\text{комп}}$ (рис. 3).

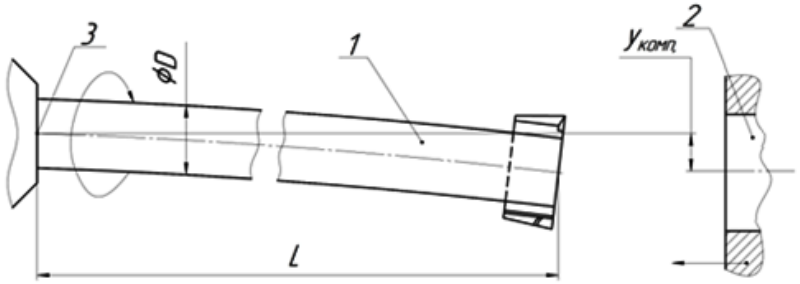


Рис. 3. Схема оброблення отвору на горизонтально-розточувальному верстаті

Запропоновано також конструкцію внутрішньо-шліфувального верстата [6], у якому лінійні деформації, що виникають під впливом

радіальної складової сили різання P_y та ваги шліфувальної оправки G, частково взаємокомпенсуються через різноспрямованість векторів цих сил (рис. 4).

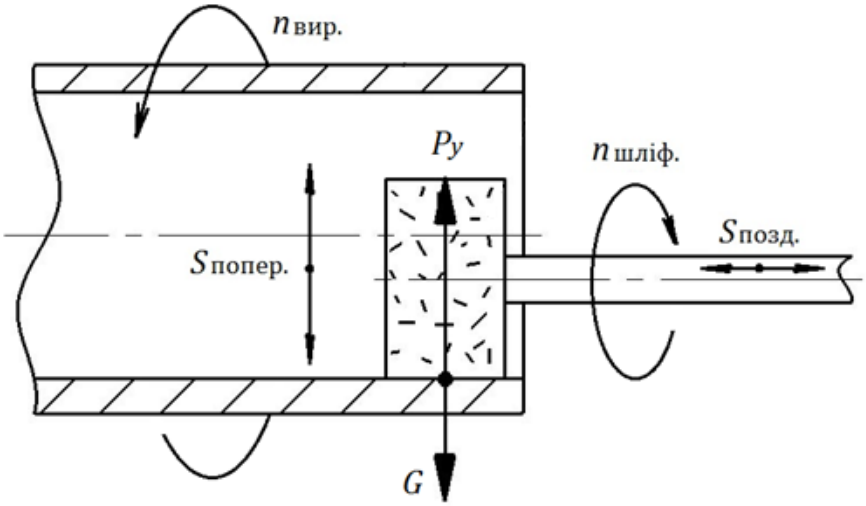


Рис. 4. Схема сил, які діють на шліфувальний шпиндель при внутрішньому шліфуванні

ВИСНОВКИ

За результатами досліджень встановлено вплив сил, що діють на інструментальну оправку та призводять до зменшення точності при розточуванні та шліфуванні глибоких отворів; запропоновано спосіб налагодження горизонтально-розточувального та конструкцію внутрішньо-шліфувального верстатів, які полягають у компенсації елементарних похибок, що виникають під впливом статичних та динамічних навантажень. Плануються подальші дослідження стійкості інструментальних оправок і випадків втрати стійкості з використанням теорії механіки стрижнів.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Отений Я.Н. Прогрессивные методы обработки глубоких отверстий: монография / Отений Я.Н., Смольников Н.Я., Ольштынский Н.В.; ВолгГТУ, КТИ (филиал) ВолгГТУ. – Волгоград: РПК "Политехник", 2003. – 132 с.

2. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. / Под ред. А.М. Дальского, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова, А.Г. Суслова. – М.: Машиностроение, Т.1, 2003.– 912 с.

3. Корсаков В.С. Точность механической обработки / В.С. Корсаков. М.: Машиностроение, 1961. – 380с

4. Основы технологии машиностроения. Под ред. В.С. Корсакова. Учебник для вузов. – М.: Машиностроение, 1977. – 416 с.

5. Заявка на патент України на кор. модель № u201812717, B23B 35/00. Спосіб налагодження консольного інструмента на горизонтально-розточувальному верстаті / Фролов В.К., Перевозник К.Р.; заявл. 21.12.18.

6. Заявка на патент України на кор. модель № u201812943, B24B 5/06. Верстат для шліфування глибоких отворів / Фролов В.К., Перевозник К.Р. Шугай В.Р.; заявл. 27.12.18; висновок про видачу деклараційного патенту на корисну модель від 13.02.2019.

УДК 658.512

Петренко Ю.А., Михайлова А.І. (Україна, м. Харків, ХНАДУ)

КОМП'ЮТЕРНА ТЕХНОЛОГІЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ УПРАВЛІННЯ СИСТЕМОЮ ПІДГОТОВКИ ВОДИ НА АТП

У статті розглянуто процеси розробки комп'ютерної технології підготовки води для автотранспортного підприємства, а також використання методу прийняття рішень в умовах нечіткої інформації.

The article deals with processes of development of computer technology of water training for motor transport enterprise, as well as the use of decision-making method in conditions of fuzzy information.

На даний час автотранспортне підприємство (АТП) є досить великим споживачем води. У зв'язку з цим виникає необхідність у підготовці води безпосередньо на підприємстві. Автотранспортне підприємство використовує: технічну воду на виробничі потреби такі як миття автомобілів, мийку підлог і полив території, пожежогасіння; питну воду для господарсько-питних та душових потреб; дистильовану воду на технічне обслуговування та ремонт [1].

Аналіз останніх досліджень показав, що на даний час запропоновані системи водоочистки враховують лише підготовку питної води. Дана робота передбачає розробку системи підготовки води, що дозволить отримати воду технічного призначення, питну, а також дистильовану воду.

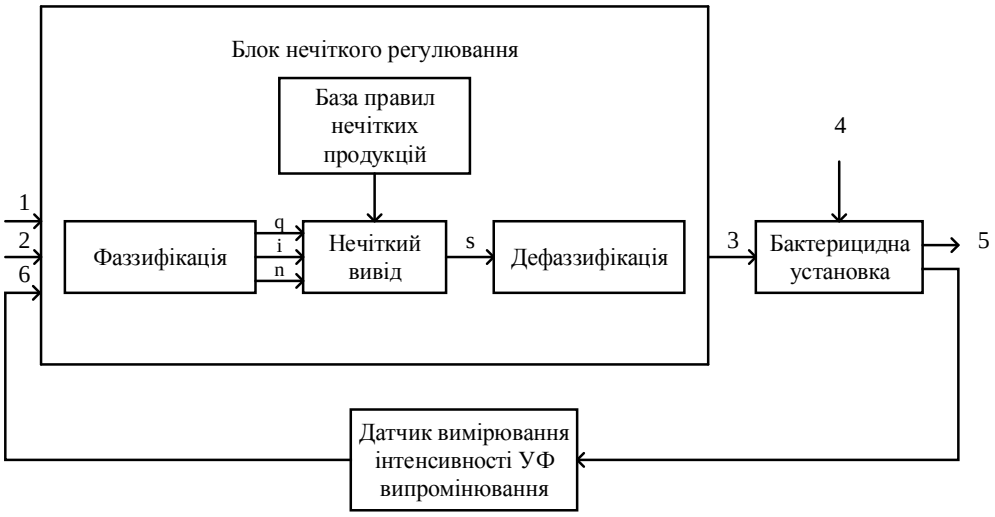
Метою роботи є підвищення ефективності підготовки води для автотранспортного підприємства за рахунок розробки комп'ютерної технології, що реалізується в програмному пакеті SCADA Trace Mode.

З метою автоматизації процесу знезараження води, необхідно враховувати, що прийняття рішення вибору засобів автоматизації відбувається з урахуванням нечіткої первинної інформації.

Для оцінки якості підготовленої води використовуються такі критерії:

- якість води, що поступає до бактерицидної установки;
- рівень світлового потоку лампи, від якого залежить рівень опору бактерій;
- затребуваність в воді;
- час перебування води в установці.

Для автоматизації процесу водопідготовки, необхідно провезти зміни в структуру системи управління установкою, ввівши блок нечіткого управління (рисунок 1.1) [2].



1 – якість води; 2 – затребуваність в воді; 3 – час перебування води в установці; 4 – вода; 5 – очищена вода; 6 – інтенсивність УФ випромінювання.

Рисунок 1.1 – Структура системи нечіткого управління процесом автоматизації знезараження води

В якості вхідних лінгвістичних змінних було використано:

a) якість води, що поступає до бактерицидної установки: q – «якість води»;

b) рівень світлового потоку лампи, від якого залежить рівень опору бактерій: i – «інтенсивність УФ випромінювання»;

c) затребуваність в воді: n – «затребуваність в воді».

В якості вихідної лінгвістичної змінної було використано час перебування води в установці: s – «час перебування води» [3].

На рисунку 1.2 приведена модель нечіткого управління процесом знезараження води на основі алгоритму Мамдані за допомогою MATLAB [4].

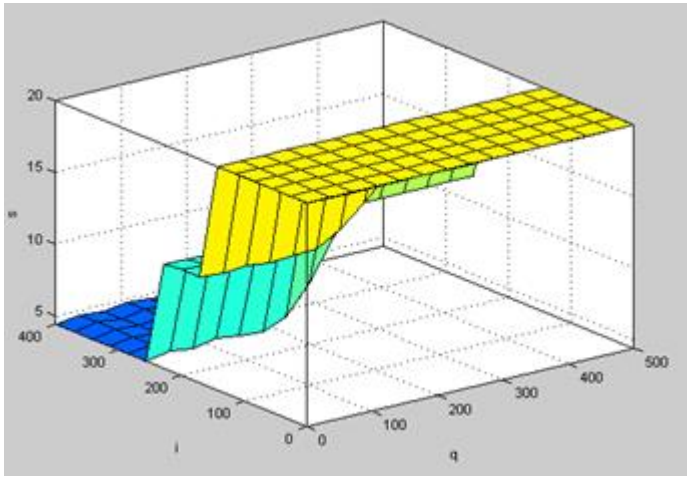


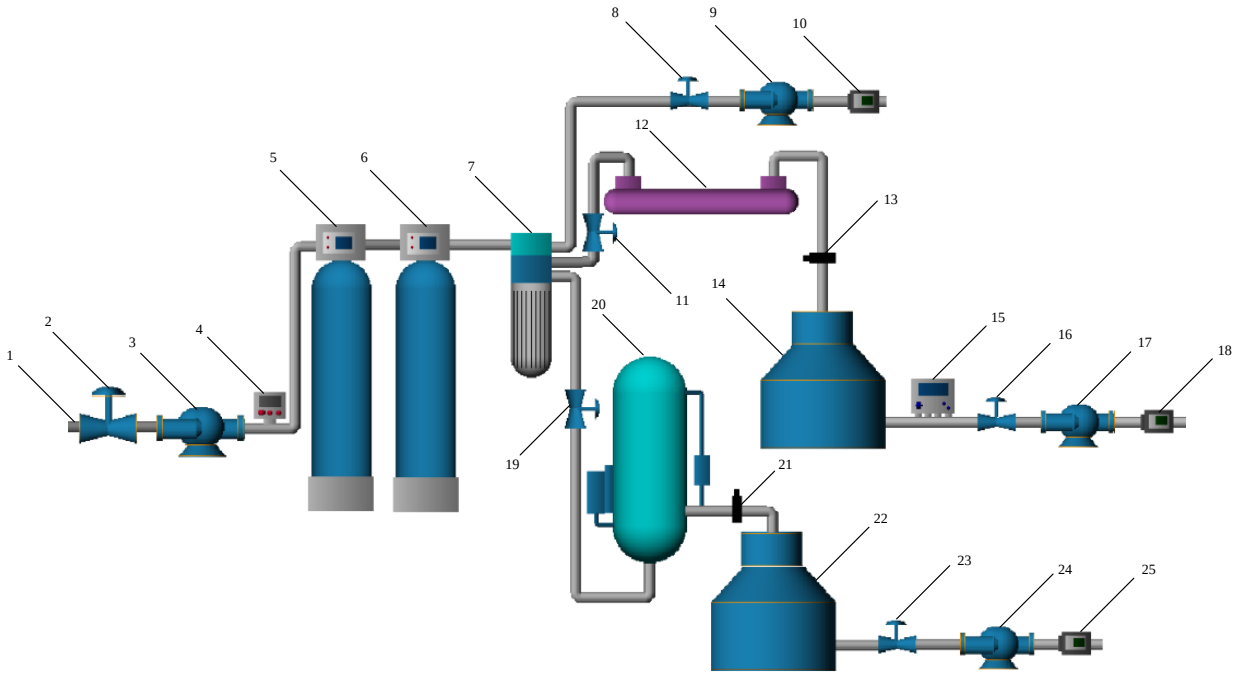
Рисунок 1.2 – Результат роботи моделі нечіткого управління процесом знезараження води

На основі розробленої моделі нечіткого управління та отриманих результатів було обрано відповідний ультрафіолетовий знезаражувач, що необхідний для очищення води до стану питної.

Для підвищення ефективності підготовки води для автотранспортного підприємства необхідно розробити комп'ютерну технологію за допомогою програмного пакета SCADA Trace Mode. Це дозволить автоматизувати процес підготовки води.

SCADA Trace Mode – це спеціалізований комплекс рішень для верхніх рівнів АСУТП. Являє собою єдиний потужний апарат систем розробки, в який входить більше десятка різних редакторів проектів для верхніх рівнів АСУ [5].

На рисунку 1.3 наведена комп'ютерна технологія підготовки води для автотранспортного підприємства.



1 – подача води на очисні споруди; 2, 8, 11, 16, 19, 23 – клапан; 3, 9, 17, 24 – насос; 4 – датчик тиску води; 5 – фільтр знезалізення; 6 – фільтр пом'якшення; 7 – контрольний фільтр; 10, 18, 25 – датчик витрати води; 12 – ультрафіолетовий знезаражувач; 13, 21 – датчик рівня води; 14 – ємність для зберігання питної води; 15 – датчик хімічного складу води; 20 – дистилятор; 22 – ємність для зберігання дистильованої води.

Рисунок 1.3 – Комп'ютерна технологія підготовки води

Принцип дії. Неочищена вода подається на очисні споруди за допомогою клапана 2 та насоса 3. Рівень тиску води контролює датчик 4. Вода надходить до блоку фільтрації, де проходить механічну очистку, що включає в себе: фільтр знезалізення 5, фільтр пом'якшення 6 та контрольний фільтр 7. Відфільтрована вода розподіляється в три зони:

– зону подачі технічної води. Технічна вода подається споживачу за допомогою клапана 8 та насоса 9. Витрату воду контролює датчик – 10.

– зону підготовки і подачі питної води. Вода за допомогою клапана 11 поступає в ультрафіолетовий знезаражувач 12. Очищена вода надходить в ємність для зберігання питної води 14. Рівень води контролює датчик 13. Хімічний склад води контролює датчик 15. Питна вода подається споживачу за допомогою клапана 16 та насоса 17. Витрату води контролює датчик 18.

– зону підготовки і подачі дистильованої води. Вода надходить до дистилятора 20 за допомогою клапана 19. Очищена вода поступає в ємність для зберігання дистильованої води 22. Рівень води контролює датчик 21. Вода подається споживачу за допомогою клапана 23 та насоса 24. Витрату воду контролює датчик 25.

Висновки

Таким чином, було запропоновано комп'ютерну технологію підготовки води для автотранспортного підприємства, що була розроблена в програмному пакеті SCADA Trace Mode. Завдяки впровадженню даної технології підготовки води можна отримати підготовлену для вживання питну воду, воду технічного призначення та якісну дистильовану воду, а також скоротити витрати на водопостачання.

Перелік посилань

1 Белан, Ф.И. Водоподготовка [Текст] / Ф.И. Белан – М.: Госэнергоиздат, 2013. – 255 с.

2 Кофман, А. Введение в теорию нечетких множеств [Текст] / А. Кофман – М.: Радио и связь, 1982. - 432 с.

3 Матеріали інформаційного сайту «Научная электронная библиотека» [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.monographies.ru

4 Леоненков, А.В. Нечёткое моделирование в среде MATLAB [Текст] / А.В. Леоненков – СПб.: БХВ – Петербург, 2003. – 736 с.

5 Синенко, О. SCADA-системы. Взгляд изнутри [Текст] / О. Синенко, Н. Куцевич, Е. Андреев – М.: РТСофт, 2004. – 176 с.

УДК 621.757

Печенка В.Л., науч. кер. Ковалевский С.В. (Україна, м. Краматорськ, Донбаська державна машинобудівна академія)

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ СКЛАДАННЯ ГРУПОВИХ БОЛТОВИХ З'ЄДНАНЬ ВЕЛИКОГАБАРИТНИХ РЕДУКТОРІВ

У статті надан аналіз технологічних процесів складання групових болтових з'єднань редукторів. Основна увага приділяється ефективності застосування аналізу завдяки вібродіагностиці на основі акустичних сигналів виникаючих при збуджені резонансних частот конструкцій.

The article gives an analysis of the technological processes of the assembly of group bolt connections of reducers. The main attention is paid to the efficiency of the analysis using vibration diagnostics based on the acoustic signals arising from the excited resonance frequencies of structures.

Забезпечення високої надійності трансмісії робочого органу виробу, довговічності, стабільної передачі крутного моменту, необхідність забезпечити якість механізмів - важливі характеристики будь якої машини.

Від цього залежить працездатність машини і якість роботи виконавчого механізму [1]. Одним з реалізацій таких машин є редуктор.

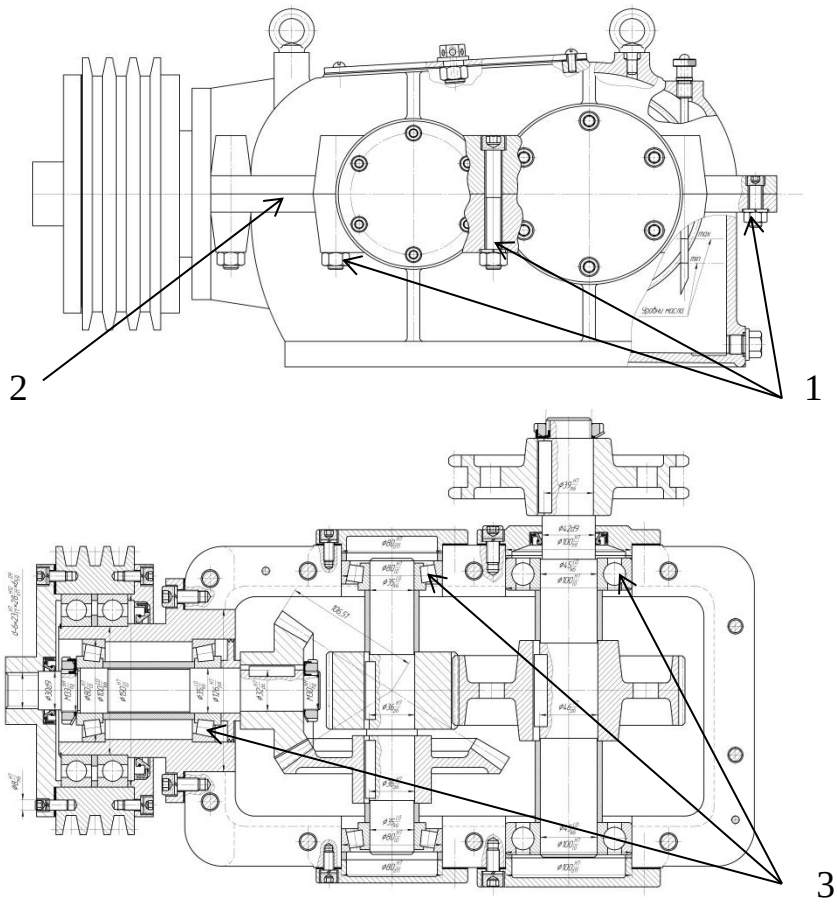
Забезпечення якості редуктора диктується технічними вимогами за кресленнях, ці вимоги забезпечуються контролем редукторів на етапах виготовлення та випробування [2].

Найкраще уявлення про якість редуктора дозволяє зробити комплексна оцінка працездатності редуктора виконуєма під навантаженням або без такого на основі вібродіагностики.

Реєстрація особливостей роботи редуктора виконується за даними вібраційних сигналів, які будуть отримані вже зібраного редуктора. І це дозволяє констатувати факт відповідати необхідним параметрам. При наявності відхилень виріб може бути направлено на доопрацювання.

Основна ідея запропонованої роботи полягає в тому щоб сформувати необхідні діагностичні параметри в ході складання на всіх етапах складання включаючи збірку пресових і болтових з'єднань. Це може бути досягнуто на основі аналізу акустичних сигналів виникаючих при збуджені резонансних частот конструкцій [3].

Резонансні коливання пропонується викликати на виріб широко-діапазонним спектром сигналів рівної амплітуди.



(1-контроль болтових з'єднань, 2-контроль прилягання площин верхньої і нижньої, 3-контроль посадок підшипників)

Рисунок 1. - Контроль параметрів.

В результаті фіксуються амлітудно - частотні характеристики виробу з виділенням елементів спектра відповідаючого за ці параметри.

Зокрема при контролі болтових з'єднань повинні бути забезпечені однакові частотні діапазони відгуку параметрів болтових з'єднань, рекомендовані частотні діапазони параметрів посадок підшипників, параметрів прилягання площин.

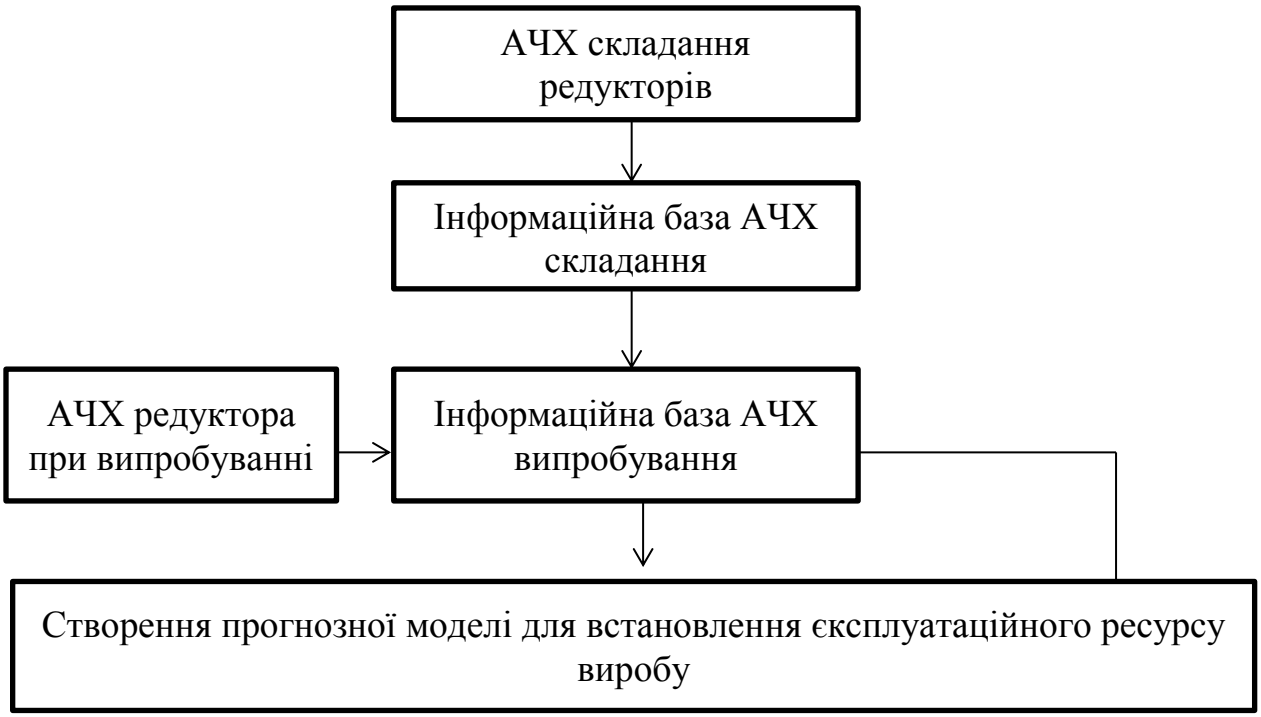
Для того щоб така робота була виконана повинні бути сформовані інформаційні бази амплітудно - частотних характеристик окремо взятих болтових з'єднань, так наприклад як це зроблено в роботі Ковалевського С. В. Акустический контроль усилия затяжки многоболтовых соединений на основе нейросетевого анализа [4].

Формування такої інформаційної бази може бути виконанню на основі застосування програмного забезпечення Wawetools з програмним генератором сигналів типу White і аналізатора спектра частот Analisist. Analisist - аналізатор спектру частот дозволяє оцифрувати амплітудно-частотну характеристику кожного об'єкта.

Роботи з діагностики ведуться в лабораторії проблем, розроблена методика і вже випробувана на різних об'ктах для створення математичних

моделей цих об'ктів. В даний час проводиться збір інформаціооной бази під конкретні моделі редукторів.

Оскільки амплітудно - частотні характеристики виробу, що збирається повинні забезпечити амплітудно - частотні характеристики виробу в момент випробування, то наступним етапом встановлення взаємозв'язку між зібраним виробом і його амплітудно - частотними характеристиками при випробуванні. Це повинно бути виконано з метою прогнозування.



ВИСНОВОК

На основі аналізу двох інформаційних баз заплановано сформувати нову математичну модель що дозволяє прогнозувати і управляти ресурсом виробу на етапі його складання.

ЛІТЕРАТУРА

1.Фещенко В.Н., Обеспечение качества продукции в машиностроении. Издательство Инфра-Инженерия , Киев, 2019 -788 с.

2.Виноградов А.Б., Обеспечение требуемого уровня качества машин при проектировании и изготовлении – Новосибирск, 2005 – 348 с.

3.Ковалевский С. В. Развитие методов акустической диагностики в машиностроении: монография / С. В. Ковалевский, Е. С. Ковалевская, В. И. Тулупов. – Краматорск : ДГМА, 2014. – 91 с

4.Ковалевський С. В. Акустический контроль усилия затяжки многоболтовых соединений на основе нейросетевого анализа / С. В. Ковалевский, Р. Ю. Кулик // Нейромережеві технології та їх застосування НМТіЗ-2016 : збірник наукових праць міжнародної наукової конференції / за заг. ред. С. В. Ковалевського. – Краматорськ: ДДМА, 2016. – С. 79–83.

Поборцев А.Г. магістр, наук. кер. к.т.н., доц. Пікільняк А.В., (Криворізький національний університет, м. Кривий Ріг, Україна)

УПРАВЛІННЯ ЖИТТЄВИМ ЦИКЛОМ ВИРОБУ НА МАШИНОБУДІВНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ КРИВОРІЖЖЯ ШЛЯХОМ ВПРОВАДЖЕННЯ TEAMCENTER PLM

У статті викладено підхід можливого підвищення ефективності роботи виробництва за рахунок впровадження сучасних комп'ютерних технологій, що відповідав би світовим тенденціям розвитку промисловості та був заснований на максимально-ефективному використанні кадрів, матеріальної бази, програмного забезпечення, площ ВНЗ і підприємства.

На багатьох підприємствах Криворіжжя відсутнє забезпечення єдиного джерела знань про виріб, тому при існуючій системі управління життєвим циклом виробу не представляється можливим підвищення ефективності роботи підприємств. Система управління даними, яка використовується на підприємствах не забезпечує наочності, що необхідна, як досвідченим інженерам, так і молодим фахівцям. Відсутність контролю над життєвим циклом виробу, призводить до додаткових витрат.

Для вирішення цих проблем доцільним є використання сучасних систем управління життєвим циклом виробу та підготовка висококваліфікованих фахівців із знанням цих систем. Потужним інструментом на ринку PLM систем виступає програмний продукт Teamcenter PLM від Siemens PLM Software бізнес-підрозділу департаменту Digital Factory німецького концерну Siemens AG - одного з провідних постачальників програмних засобів і послуг з управління життєвим циклом вироби (PLM) і управління технологічними процесами (MOM).

Система дозволяє:

- організовувати ефективне використання передових систем проектування у процесі розробки, тим самим, допомагає перейти від використання 3D моделей, як вихідних даних для оформлення 2D креслень, до використання 3D моделей в якості основного документу, який містить усі дані про виріб. Це приводить до суттєвого підвищення ефективності використання CAD/CAM/CAE систем підприємства, що призводить до скорочення термінів від початку розробки до виготовлення перших зразків в 2-3 рази.
- формувати та використовувати загальну базу даних про виріб та процеси, які призводять до підвищення якості конструкторської документації та скороченню кількості змін завдяки використанню загальних баз даних та обмежувачів матеріалів, стандартних та покупних виробів, а також технологічних довідників. Скорочення термінів підготовки виробництва за рахунок постійного обміну інформацією з корпоративною ERP системою підприємства даними про склад виробу та других конструкторських даних, необхідних для закупок та планування виробництва. Скорочення часу

пошуку інформації та числа помилок, зв'язаних з використанням застарілих даних.

- організовувати спільну узгоджену роботу конструкторів над єдиним електронним макетом виробу, що веде к значному скороченню кількості змін конструкцій на пізніх стадіях проектування виробу та при його виготовленні за рахунок скорочення кількості конструкторських помилок.

- організовувати паралельну роботу над виробом конструкторських та технологічних служб, що дозволяє скоротити терміни відпрацювання виробу на технологічність, завдяки доступності електронного макету технологічним службам на ранніх стадіях проектування виробу, актуальність та однозначність інформації, з якою працюють технологічні служби.

- надавати доступ до даних усім учасникам проекту незалежно від їх географічного положення робить їх взаємодію більш ефективною, скорочує час на проектування виробу та підвищує якість продукції.

- формалізувати процеси роботи з 3D моделями, створити передумови до присвоєння 3D моделі статусу первинного документу, при цьому значно скорочуються терміни технологічної підготовки виготовлення завдяки використанню 3D моделей для розробки програм управління для верстатів з ЧПК та при проектуванні оснастки.

Система Teamcenter виконує міждисциплінарне управління процесами проектування та чисельного моделювання за рахунок інтеграції з системами MCAD, ECAD та іншими робочими процесами виготовлення виробів. Інтеграція різноманітних засобів автоматизації проектування з системою Teamcenter забезпечує можливість створення єдиної системи управління виготовленням та чисельним моделюванням. Система інтегрується та має можливість імпорту/експорту з:

- CAD/CAM даними, які створюються в різних системах проектування: NX, Solid Edge, Catia, Creo (Pro E), Solid Works, Inventor, AutoCAD, та інших;

- з будь-якими CAE даними, які створюються у системах NX Advanced Simulation (NX Nastran), Femap, Ansys, MSC Nastran, Abaqus та інших;

- забезпечується доступ до даних Teamcenter із додатку Microsoft – Word, Excel, Power Point и Outlook. Наприклад, процедури узгодження можуть виконуватись в Outlook, а оформлення звітів, заснованих на змісті виробу в Excel;

- з спеціалізованими додатками по створенню технічної документації - Cortona 3D, XMetal Author, ARBORTEXT та іншими;

- забезпечується зберігання та управління електронними даними у будь-яких форматах.

Teamcenter служить не тільки загальним джерелом знання про виріб, крім цього надає широкий набір інструментів доступу к цим знанням. Засноване на групах, ролях та персональних даних розмежування доступу дозволяє організувати паралельну роботу над одним виробом усіх учасників проекту, та забезпечити виконання вимог по конфіденційності та захисту інформації.

Teamcenter володіє розвиненою системою електронного документообороту (бізнес процесами) побудованого по асинхронній архітектурі, що дозволяє проводити одночасні узгодження більшої частини даних без зниження продуктивності системи.

Підсистема управління бізнес процесами у Teamcenter дозволяє:

- графічно описувати процедури виконання бізнес процесів та маршрутів проходження об'єктів конструкторсько-технологічної підготовки підприємства;
- використання логіки умовних переходів, можливості паралельної та послідовної маршрутизації та інших можливостей;
- описувати складні процеси, які складаються з під-процесів з необмеженим рівнем вкладеності;
- делегувати задачі іншим користувачам, а у випадку відсутності з будь-яких причин на робочому місті, делегувати повноваження на певний період часу;
- контролювати терміни проходження стадій процесу;
- привласнювати різні статуси об'єктам в залежності від призначень процесу;
- зберегти всю історію дій, виконаних учасниками процесу з можливістю отримання необхідних звітів;
- забезпечити інтеграцію з зовнішньою електронною скринькою та почтовими клієнтами.

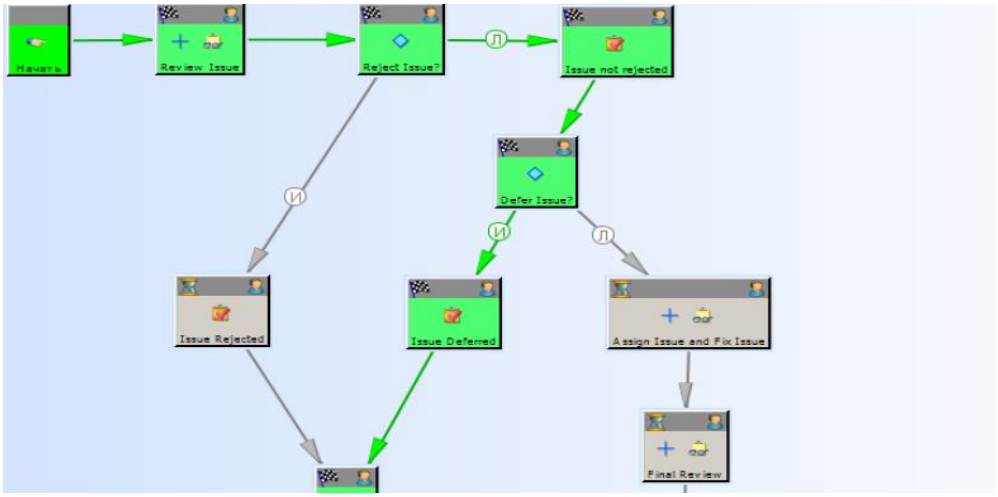


Рисунок 1 – Огляд процесу узгодження різних етапів виробництва

Відмінною особливістю системи є наявність модуля Maintenance, Repair & Overhaul (Teamcenter MRO) який призначений для управління даними на етапі експлуатації, випробувальних, робіт з досвідченим зразком виготовленого конкретного екземпляру виробу та забезпечує даними сервісні підрозділи, розрахункові відділи та інші. Teamcenter MRO ліквідує інформаційний розрив між спеціалістами підрозділів логістики та технічного обслуговування з однієї сторони, та підрозділів конструкторсько-технологічної підготовки з іншої.

Однією з головних задач системної інженерії є забезпечення усіх учасників проекту загальним "міждисциплінарною мовою" забезпечуючи взаємодію між учасниками маркетингу, дизайнерів, конструкторів, електриків, програмістів та інших.

Для реалізації принципів які закладенні у підході “Системної інженерії” Teamcenter володіє відповідним додатком – Системне проектування.

Додаток у повній мірі реалізує підхід RFL5P (Requirements Functional Logical Physical) – вимоги, функціональна модель, логічна модель, фізичний зразок та відповідними вимогами IEEE 1220, ISO 15288, EIA 632 та INCOSE в області Системної інженерії.

Додаток “Системне проектування” дозволяє вести багаторівневий опис виробу на рівні систем з використання функціонального, логічного моделювання у постійній зв’язці з вимогами до виробу та його компонентам, забезпечуючи єдину та узгоджену середу описання майбутнього виробу.

До основних функцій відносяться:

- будування функціональних та логічних схем засобами MS Visio, а також архітектурним моделювальником у середі тонкого клієнта - Active Workspace Client з автоматизованим будуванням відповідної структури;
- визначення інтерфейсів між функціональним, логічними схемами та елементами конструкторської розробки;
- визначення простежуваності зв’язку між вимогами, функціональними, логічними схемами та елементами конструкторської розробки;
- інтеграція з системами поведінкового моделювання (AMESIM, Simulink, та інших)

Teamcenter широко використовується на підприємствах наступних галузей промисловості, таких як авіабудування та оборонна промисловість, суднобудування, автомобілебудування, машинобудування та енергетика.

Для того щоб забезпечити підприємства машинобудування висококваліфікованими фахівцями, із знанням передових систем та технологій комплексної конструкторсько-технологічної підготовки та управління виробництвом, а випускників інженерів-механіків робочими місцями необхідно, щоб навчальні плани підготовки бакалаврів, спеціалістів, магістрів машинобудівного напрямку були узгоджені з підприємствами регіону, серед яких: АМКР, ВАТ “Північний гірничо-збагачувальний комбінат”, ВАТ “Південний гірничо-збагачувальний комбінат”, ООО НПП “Адамант”, ПАТ “Ельворті”, ПАТ “Гідросила” та передбачали вивчення технологій 3D - моделювання деталей і складальних одиниць з використанням сучасних CAD/CAM/CAE, PDM та PLM- технологій.

Висновок. Використання сучасних CAD/CAM/CAE, PDM та PLM-технологій у навчальному процесі при підготовці інженерів-механіків та співпраця з підприємствами у напрямку впровадження цих технологій та апробації отриманих студентами знань на реальних виробничих потужностях сприятиме організації ефективних виробничих, технологічних практик для студентів, що орієнтовані на виконання реальних робіт і ранню спеціалізацію студентів, виконанні курсових проектів та випускних магістерських робіт за реальною виробничою тематикою.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ.

1.*http://www.csoft.ru/catalog/soft/teamcenter/teamcenter-11.html*

2.https://sapr.ru/article/24140

3.https://ideal-plm.ru/uEditor/files/4/345/Teamcenterul11ulRusulBrochure.pdf

УДК 514.18; 621.869

Рагулін В.М. (Україна, м. Харків, ХНАДУ)

ДОСЛІДЖЕННЯ НАВАНТАЖЕННЯ МЕХАНІЗМУ ПІДВІСКИ ТЯГОВОЇ РАМИ АВТОГРЕЙДЕРА З ВИКОРИСТАННЯМ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

У роботі розглядається одна з актуальних науково-практичних проблем пов'язаних з підвищенням ефективності роботи механізму підвіски тягової рами автогрейдерів. Вирішення даного питання досягається шляхом перерозподілу навантаженості за рахунок модернізації механізму підвіски робочого обладнання, а саме кінематики руху виконавчих гідроциліндрів підйому-опускання тягової рами. Моделювання роботи механізму автогрейдера виконується за допомогою сучасного програмного пакету Autodesk Inventor.

The paper deals with one of the current scientific and practical problems associated with improving the efficiency of the motor graders traction frame suspension mechanism. The solution to this issue is achieved by redistributing the load due to the modernization of the suspension mechanism of the working equipment, namely the movement kinematics of the hydraulic cylinders lifting and lowering traction frame. The operation of the motor grader mechanism is performed by using the modern software Autodesk Inventor.

Однією з землерийно-транспортних машин, які найбільш використовуються у дорожньому будівництві, є автогрейдер. На його долю відводяться планувальні, профілюючі та інші роботи по зведенню земляного полотна та обслуговуванню доріг.

У зв'язку з великою кількістю завдань, покладених на дану машину зростають механічні дії, і як наслідок, не контрольований перерозподіл динамічного навантаження на робочий орган, а саме, на механізм підвіски тягової рами (МПТР), що приводить до зниження ефективності експлуатації машини.

У основу більшості дослідницьких методик покладені плоскі розрахункові схеми, що пропонують прикладення зовнішніх навантажень тільки в площині подовжніх осей виконавчих гідроциліндрів. Вказані зауваження заперечують існуючі складнощі в аналізі навантаженості МПТР.

З досвіду експлуатації автогрейдерів і літературних даних відомо, що від 20 до 60 % виходів з ладу виконавчих гідроциліндрів МПТР відбувається із-за асиметричного виконання даної конструкції, яке викликає нерівномірне навантаження по бортах машини, і багатократне перевищення зусиль в одній порожнині гідроциліндра по відношенню до другої цього ж гідроциліндра [1–3].

Ефективна і продуктивна робота робочого обладнання автогрейдера і машини в цілому, істотно залежить від можливості контролю напряму дії, прикладення і розподілу зовнішнього зусилля на складну просторову систему МПТР. Котре діє через грейдерний відвал, який має змогу займати різноманітні положення в просторі відносно машини і робочої поверхні.

Метою даної роботи є дослідження навантаження механізму підвіски тягової рами автогрейдера при зміні геометрії конструкції МПТР і кінематики руху гідроциліндрів підйому-опускання даного механізму.

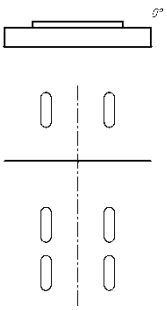
Експериментальні дослідження на прикладі автогрейдера середнього класу ДЗк-251 [4] та аналіз впливу навантаження виконавчих гідроциліндрів МПТР даної машини [5, 6, та інші] привели до висновку про доцільність зміни місця кріплення штока гідроциліндру винесення тягової рами убік [7].

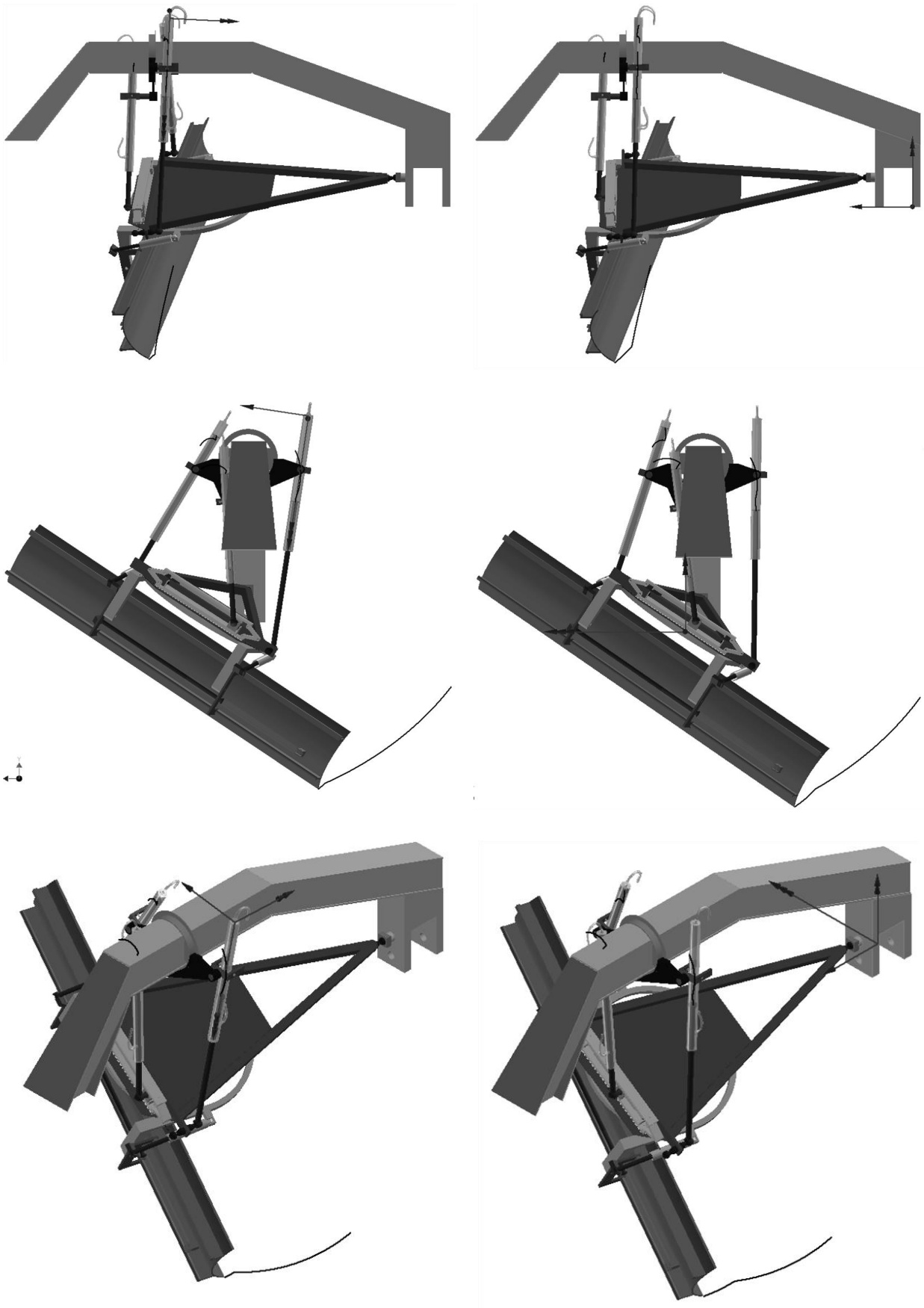
Для вирішення цієї проблеми найраціональніше використати метод тривимірного комп'ютерного моделювання. В якості програмного продукту був використаний програмний пакет Autodesk Inventor (рисунок 1).

Згідно з методикою тривимірного моделювання змінювали положення точки кріплення штоку гідроциліндру винесення тягової рами до моменту, що забезпечує працездатність МПТР та, як наслідок, автогрейдера в цілому. Дана операція необхідна для отримання початкових даних для математичного моделювання розрахунків зусиль у трьох виконавчих гідроциліндрах модернізованого механізму, а саме визначення кутів встановлення тягової рами відносно відповідних осей, а також координат точки кріплення штоку гідроциліндру винесення тягової рами у бік [5].

Зусилля у трьох гідроциліндрах від одиничного навантаження розкладеного по відповідним осям в залежності від кутів встановлення тягової рами ($\alpha = 0$ рад, $\beta = -0{,}0917$ рад, $\gamma = 0$ рад) та координат кріплення штоку гідроциліндру (R_3) ($x = -2{,}383$ м, $y = -0{,}08$ м, $z = -0{,}017$ м) наведені у таблиці 1.

Таблиця 1. Дані одного з віртуальних досліджень

Навантаження, кН			Схема початкового положення	Точка прикладення навантаження на відвал	Зусилля у гідроциліндрі, кН		
Px	*Py*	*Pz*			правому (R_1)	лівому (R_2)	виносу (R_3)
–1				*A*	0,8157	0,8309	0,5163
	–1				-1,0994	0,5753	-1,6517
		–1			0,4971	-2,5128	2,0157
–1				*C*	0,2793	0,2935	0,5056
	–1				0,2793	0,2935	0,5056
		–1			0,4773	-1,040	0,5628
–1				*E*	-0,2545	-0,241	0,4952
	–1				-1,0994	0,5753	-1,652
		–1			0,4575	0,4326	-0,89
–1				*G*	-0,7884	-0,7748	0,4849
	–1				-1,0994	0,5753	-1,6517
		–1			0,4378	1,9054	-2,3431
–1				*J*	-1,3223	-1,309	0,4746
	–1				-1,0994	0,5753	-1,6517
		–1			0,4180	3,3781	-3,7961



а б

Рисунок 1. Кінематика руху при зміщені точки кріплення штоку гідроциліндру винесення тягової рами: а – 300 мм; б – 800 мм

Розглянутий метод комп'ютерного моделювання дозволяє з високою точністю і малими витратами часу виконувати кінематичний та силовий аналіз гідроприводу механізму підвіски тягової рами автогрейдерів.

Використовуючи модернізований механізм підвіски тягової рами маємо змогу змінювати координати точки кріплення штоку гідроциліндру виносу тягової рами, що у свою чергу дозволяє зменшити нерівномірність навантаження між протилежними бортами машини в абсолютному значенні у 1,2...2,2 рази при куті захвату грейдерного відвалу 90^0.

Зміна координат точки кріплення штоку гідроциліндру виносу тягової рами не впливає на функціональні властивості автогрейдера.

Завдяки розробленому механізму з'явилася змога рекомендувати більш чіткі положення виконавчих гідроциліндрів для зменшення поломок та збільшення ефективності роботи автогрейдера.

1. Рагулин В.Н. Характерные разновидности разрушений металлоконструкции и элементов гидропривода автогрейдеров // Вестник ХНАДУ: сб. науч. тр. / Харьк. нац. автомоб.-дор. ун-т. Харьков, 2007. Вып. 38. С. 273-275.

2. Баловнев В.И., Хмара Л.А. Повышение производительности машин для земляных работ: Производств. издание. М.: Транспорт, 1992. – 136 с.

3. Калугин В.Е. Повышение эффективности автогрейдера совершенствованием устройства подвеса рабочего органа: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.04 /Омск.: СибАДИ, 1985. - 247 с.

4. Шевченко В.А., Рагулин В.Н., Павлюченко Е.С. Экспериментальное определение нагрузок, действующих в гидроприводе автогрейдера Шевченко, // Вестник ХНАДУ: сб. науч. тр. / Харьк. нац. автомоб.-дор. ун-т. Харьков, 2012. Вып. 57. С. 180-184.

5. Шевченко В.О., Розенфельд В.Н., Рагулін В.М. Дослідження впливу навантаження гідроприводу управління основним відвалом автогрейдера середнього класу // Збірник наукових праць ПолтНТУ. Серія: галузеве машинобудування, будівництво. Полтава, 2014. Вип. 1 (40). С. 27–31.

6. Шевченко В.А. Рагулин В.Н., Нагруженность гидропривода управления основным отвалом автогрейдера // Проблеми розвитку дорожньо-транспортного і будівельного комплексів»: матеріали міжнародної науково-практичної конференції, Кіровоград, 2013. – С. 151–156.

7. Патент України на корисну модель №104145, МПК E02F 3/76, E02F 3/84. Пристрій для керування робочим обладнанням автогрейдера / Рагулін В.М., Шевченко В.О., Фатєєв Р.В.; заявник та патентовласник Харківський національний автомобільно-дорожній університет. – № и 2015 07491; заяв. 27.07.2015; публ. 12.01.2016, Бюл. №1.

УДК 364

Рошкова В. О., студентка, Несторук Н. А., к. пед. Н, доц.(Україна, м. Бахмут, ГІІМ ДВНЗ «ДДПУ»)

ПСИХОЛОГІЧНА ПІДТРИМКА КАДРОВОГО ТА НАУКОВОГО ПОТЕНЦІАЛУ ВИРНОБНИЦТВ НА ЗАСАДАХ ГЕШТАЛЬТ-ТЕРАПІЇ

В роботі презентовано позиціонування гешталь-терапії, як допомоги при психологічних проблемах кадрового та наукового потенціалу виробництв. Здійснено обґрунтування положень щодо можливого підвищення продуктивності праці управлінців та їх підлеглих при вирішенні певних психологічних проблем та виробничих ситуацій на засадах гештальт-терапії.

Актуальність. На даний момент гештальт-терапія є одним з найпопулярніших і цікавих напрямків в психотерапії. Він відомий не тільки в Україні, але і в інших країнах. Засновником терапії був німецький психоаналітик Фредерік Перлз. Саме слово гештальт німецького походження (gestalt) і означає структуру, образ, тобто гештальт-це цілісний образ.Безліч вчених доводять, що люди сприймають світ цілісними структурами (гештальтами). Отже, людина бачить не окремо якісь елементи, а картину в цілому. Безліч психологів, що досліджують проблеми у суспільстві, звертаються саме до гештальт-психології, щоб вирішити їх.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На даний момент безліч психотерапевтів і психологів аналізують напрям гештальт-терапії. Його вивчають як гештальт-терапевти,так і звичайні бажаючі люди. Багато хто плутає поняття гештальт-психологію і гештальт-терапію.

Гештальт-психологія – напрям в психології, який виник на початку 1920-х рр. в Німеччині; розповідав про те, що аналіз частин не може забезпечити розуміння цілого. Засновником напрямку був німецький психолог Макс Вертгеймер.

Гештальт-терапія–це один з напрямків в психотерапії, що виник в середині минулого століття. Сенс терапії: людина і все навколишнє – єдине ціле. Найвідомішим засновником гештальт-терапії є Фрідріх Перлз.

Гештальт-терапія, звичайно, пов'язана з гештальт-психологією,але не є однаковими термінами. Наприклад, Мері Хенлі, гештальт психолог і історик, досліджувала взаємини між Гештальт психологією і Гештальт-терапією й прийшла до наступного висновку: «Те що Перлз зробив можна описати як – взяти кілька термінів з Гештальт психології, розтягнути їх значення до невпізнання, перемішати їх з часто неясними і несумісними поняттями з глибинних напрямів психології, екзистенціалізму, і міркувань здорового глузду, і назвати усю цю суміш Гештальт-терапією. Його робота не має ніякого суттєвого зв'язку з науковою гештальт психологією. Якщо скористатися його власною мовою, Перлз зробив "щось своє", що б це не означало, що не має відносини до Гештальт психології» [1].

Тобто, гештальт-терапія – це метод практичної психології, який спрямований на усвідомлення і аналіз пацієнтами всього невисловленого, з метою позбавлення від проблем і гармонізації особистості на засадах гештальт-терапії.

Як казав Клаудіо Наранхо: "Гештальт-терапія... це більше терапія, ніж теорія, більше мистецтво, ніж психологічна система" [2]. Гештальт тренінги і курси гештальт-терапії можна проводити самостійно,без присутності гештальт-терапевта, для цього є безліч методик.

Метою статті є позиціонування гештальт-терапії, як допомоги при психологічних проблемах кадрового та наукового потенціалу виробництв.

Виклад основного матеріалу. Основна суть терапії – це допомога людині розвинути її самосвідомість, усвідомити і завершити гештальти, які її турбують. Гештальт-терапія акцентує увагу людини на даний час, тобто в дану хвилину в даному місці, вона допомагає пацієнтові навчитися жити «тут і зараз», усвідомлювати власні почуття, усвідомлювати причини появи та наслідки,які можуть бути. Терапія допомагає людині пережити якісь складні й турбуючі моменти. Тож, для початку знаходиться якась складна ситуація, а пізніше шукаються причини її появи. Наступним кроком створюється ця сама складна ситуація, пацієнт вчиться справлятися з нею вже знаючи причинно-наслідкові зв'язки, тобто причини виникнення.

Головна мета гештальт-терапії – досягнення більш повного усвідомлення себе: своїх почуттів, потреб, бажань, тілесних процесів, своєї розумової діяльності, а також, наскільки можливо, повного усвідомлення зовнішнього світу, і в першу чергу – світу міжособистісних відносин. Гештальт-терапія не прагне до негайної зміни поведінки і швидкого усунення симптомів. Усунення симптомів або зміна поведінки, досягнута без достатнього усвідомлення, не дає стійких результатів або призводить до виникнення нових проблем на місці старих [3, с. 21]. Гештальт-терапія допомагає вирішити такі проблеми як: депресія, неприйняття себе,свого минулого, своїх проблем.

Виділяють декілька основних завдань:

1. Робота з емоціями. Оптимально працювати з груповою психотерапією, щоб відкриватися спілкуванню, навчитися усвідомлювати справжні почуття, демонструвати їх оточуючим.

2. Уміння відрізнити минуле від сьогодення. Розуміючи значення кожної життєвої обставини, важливо індивідуально з нею працювати.

3. Аналіз. Для власної свідомості необхідно відокремлювати і повністю відпускати негативні емоції, працювати над з'ясуванням причин їх виникнення.

4. Увага до тіла. Клієнт представляє власні проблеми, прирівнює їх до своїх внутрішніх відчуттів. В результаті погіршується загальне самопочуття, потрібен аналіз.

Вчені довели, що існує кілька умов, завдяки яким терапія буде проходити більш успішно.

По-перше, треба вживати займенник «Я» і відмовитися від «ми», «він», «вона», «вони».

По-друге, відмовитися від дієслів «не можу» і «не хочу» на користь «повинен» і «потребую».

По-третє, пропонують відмовитися від питання "чому" і замінити його на питання "як".

А останньою умовою є заміна питальних формулювань на ствердні [3, с. 23].

Що стосується гештальт-терапевта, то це людина, завданням якої є допомога клієнту у вирішенні його проблем. Він не тільки допомагає вам фокусуватися на сьогоденні, але й розуміти причини незакритих гештальтів в минулому, тобто тримати одночасно два часу в балансі. Він допомагає вам аналізувати свої емоції, почуття, вчинки і приймати відповідальність за них. Отже, якщо людина усвідомлює, що вона робила не так, то зможе змінити сьогодення чи майбутнє. На думку гешталь-терапевтів «ліки від минулого знаходяться в теперішньому часі". Якщо людина живе минулим часом або ж навпаки майбутнім,то людина не живе повноцінним життям, вона не живе «тут і зараз». Терапевт не розповідає пацієнту в чому була його помилка,а підштовхує до усвідомлення своєї проблеми, адже усвідомлення це перший шлях до успіху. Психотерапевт Тетяна Мартиненко казала: "Неможливо вирішити проблему на тому ж рівні свідомості, на якому вона виникла. Це відоме ейнштейнівське висловлювання чомусь завжди забувається клієнтами на прийомі у психотерапевта" [4].

За статистикою, багато проблем пов'язані з дитинством. Можливо, були конфліктні ситуації або залишилися неприємні спогади. І як ми вже розуміємо, цей незачинений гештальт і перенісся на наше майбутнє. Також, гештальт-терапевти вважають, що процес терапії повинен тривати до двох років, довше вже не є нормою, а сама розмова пацієнта і клієнта повинна тривати близько 50-60 хвилин.

Щодо освітньо-навчальної політики, то вона все більше орієнтується на роботу з людським чинником, поведінку персоналу організації. Це актуалізує роль психологічних аспектів ефективності навчання. Тому особливу увагу приділяють міжособистісним і груповим проблемам; навчанню способів виконання пов'язаних з інноваціями завдань і процедур; коригуванню установок і поведінкових стереотипів співробітників; вивченню впливу змін в організації на норми і цінності персоналу, що зумовлює модифікацію установок поведінки, стимулює підвищення продуктивності праці, якості виконання завдань.

Ефективність навчання управлінських кадрів забезпечують такі психологічні, зокрема й соціально-психологічні, чинники:

1. Розв'язання у процесі навчання реальних практичних проблем, засвоєння з цією метою нових методів і засобів роботи. За таких умов навчання функціонує в єдності з творчим розв'язанням проблем.

2. Ставлення до навчання як до одного з видів дослідницької роботи. Це створює додаткову мотивацію та підвищує якість засвоєння нових ідей і нового матеріалу. Завдяки цьому відбувається поєднання навчання й дослідження.

3. Орієнтація навчання на розвиток людини, зміну її поглядів, установок, цінностей, норм, уміння діяти відповідно з набутими знаннями.

4. Інтенсивне заглиблення в проблему, відволікання від поточних справ завдяки глибокій концентрації на матеріалі.

5. Побудова навчальної роботи від складного до простого, а не навпаки.

6. Включення у роботу надмірних об'ємів інформації.

7. Орієнтація на інтенсивний розвиток особистості під час групових занять, тощо.

Висновки. Гештальт-терапія може допомогти управлінцям та їх підлеглим вирішити безліч проблем, але в першу чергу людина повинна цього хотіти. Терапія може допомогти людині прийти до усвідомлення себе, своїх емоцій, помилок. Вона може навчити жити в гармонії з собою та оточуючим середовищем і сприймати минуле як досвід, а не психологічну проблему. На даний момент, гештальт-терапія є одним з найвідоміших напрямків в психотерапії,так як вона має безліч засобів, за допомогою яких можна допомогти кадровому та науковому потенціалу виробництв у вирішенні певних психологічних проблем, виробничих ситуацій, що прямо пропорційно вплине на оптимізацію продуктивності праці персоналу.

Література:

1. Гештальт психологія і гештальт терапія. [Електроний ресурс] Режим доступу: https://alexey5351.livejournal.com/219521.html [Дата звернення 18.03.2019]

2. Наранхо К. Гештальт-терапія. Ставлення і практика атеоретичного емпіризму. – Воронеж: МОДЕК, 1995. – 304 с. [Електроний ресурс] Режим доступу: https://ukrbukva.net/page,23,70738-Geshtal-t-metod-v-zarubezhnoiy-social-noiy-psihologii.html [Дата звернення 19.03.2019]

3. Малкина-Пых И. Г. Психосоматика: Справочник практического психолога. – М.: Изд-во Эксмо, 2005. – 992с. [Електроний ресурс] Режим доступу: http://sdo.mgaps.ru/books/K18/M21/file/5.pdf [Дата звернення 19.03.2019]

4. Вісник психології: Як відбуваються зміни? [Електроний ресурс] Режим доступу: https://psychologyjournal.ru/public/pytayas-reshit-problemu / [Дата звернення 18.03.2019]

УДК 621.22

Самарін В.В., к.т.н. Аврунін Г.А. (Україна, Харків, ХНАДУ)

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В СУЧАСНИХ ТРАКТОРАХ ЗА ДОПОМОГО ОБ'ЄМНОГО ГІДРОПРИВОДА

Розглянуті регулятори регулювання робочого об'єму насосів та гідромоторів об'ємних гідроприводів бортового ходу та навісного обладнання тракторів, в яких за допомогою засобів електрогідроавтоматики досягається автоматизація і енергозбереження на режимах транспортного ходу та технологічних операціях.

Сучасні досягнення в трансмісіях та приводах технологічного обладнання тракторів вимагають ретельного вивчення та застосування їх в створених на базі тракторів будівельно-дорожніх та підйомно-транспортних машинах. Наприклад, з метою універсалізації гідросистем в в об'ємних гідроприводах (ОГП) знайшли застосування такі гідророзподільникі, які можуть виконувати з переналаштуванням режими роботи навісного обладнання сільскогосподарьского трактора або навантажувача чи приводів постоянної частоти обертання гідромотора.

Вітчізняна науково-технічна література недостатньо приділяє увагу сучасним досягненням в ОГП, зокрема оснащених системами електрогідроавтоматики та системами енергозбереження трансмісій та засобів управління навісними пристроями. Також необхідно вивчати динамічні навантаження гідроприводів, характер яких суттєво впливає на ресурс гідропристроів – насосів та гідромоторів, в першу чергу.

Таким чином, метою даної роботи є аналіз сучасних досягнень в енергозбереженні гідроприводів тракторів та спроба виявити можливість проведення динамічного аналізу роботи гідроприводів.

Зміна робочого об'єму гідромашин забезпечується за допомогою регуляторів різного принципу дії, що впливають на регульований орган насоса або гідромотора (наприклад, похилий диск в аксіальнопоршневих гідромашинах). Номенклатура регуляторів достатньо широка, дозволяючи задовольнити вимогам практично будь-якого типу ОГП [1]. Регулювання робочого об'єму гідромашин дозволяє: 1) забезпечити необхідну швидкість гідродвигуна з істотно більш низькими втратами потужності в порівнянні з дросельним способом регулювання швидкості; 2) розширити верхній діапазон частоти обертання гідромотора з регульованим робочим об'ємом без підвищення встановлюваної потужності насоса і приводного двигуна; 3) адаптувати роботу насоса до режиму забезпечення постійності потужності на вихідному валу гідрофікованої машини; 4) забезпечити режим енергозбереження при роботі ОГП з дросельним способом регулювання швидкості.

Основні типи регуляторів: з гідро- і електрогідравлічним управлінням, яке здійснює оператор машини (такі регулятори носять назву – стежного

типу; автоматичні регулятори постійності тиску; комбіновані постійності тиску та регулювання витрати; регулятори постійності потужності.

Залежності витрати робочої рідини (РР) насоса $Q_{\text{н}}$ з регулятором стежного типу від положення регулювального органу x: кута нахилу φ ручки переміщення приводу стежного золотника, тиску керування редукційним гідроклапаном $p_{\text{у}}$ на вході в гідроцилідр зміни кута похилого диску, або значення струму I на пропорційних електромагнітах незалежно від конструктивних відмінностей регуляторів їх характеристики носять близький до лінійного характер

$$Q_{\text{н},i} = 10^{-3} V_{\text{рн},i} \cdot n_{\text{н}} = 10^{-3} V_{\text{рн}} \frac{x-a}{b-a} \cdot n_{\text{н}}, \text{ л/хв}, \qquad (1)$$

де $V_{\text{рн}}$ – максимальне значення робочого об'єму насоса, см^3,

$V_{\text{рн},i}$ – поточне значення робочого об'єму насоса, см^3,

$a...b$ – зона керувальної мускульної або електричної дії на стежний золотник або тиску на гідроциліндр регулятора насоса,

x – керувальна дія в діапазоні від a до b (діапазон від 0 до $\pm$ a є зоною нечутливості),

$n_{\text{н}}$ – частота обертання насоса, хв$^{-1}$.

Таким чином, для регулятора з гідравлічним керуванням значеннями $a...b$ є тиск $p_{\text{у}}$, створюваний у порожнинах силового гідроциліндра, для регулятора з електрогідравлічним керуванням значеннями $a...b$ є електричні сигнали (струму I або напруги U) для дії на пропорційний електромагніт редукційного клапана, для регулятора з мускульним керуванням значеннями $a...b$ є відхилення тяги керування φ. Значення тиску керування, електричного сигналу або кута відхилення тяги наводяться постачальниками гідромашин, дозволяючи споживачу підібрати відповідну за характеристиками апаратуру керування або кінематику механізму мускульного керування. Частота обертання гідромотора пропорційна подачі РР, підведеної від насоса

$$n_{\text{м},i} = n_{\text{н}} \frac{V_{\text{рн},i}}{V_{\text{рм}}} \eta_{\text{он}} \eta_{\text{ом}} = n_{\text{н}} \frac{V_{\text{рн}}}{V_{\text{рм}}} \frac{(x-a)}{(b-a)} \eta_{\text{он}} \eta_{\text{ом}}, \text{ хв}^{-1}, \qquad (2)$$

де $V_{\text{рм}}$ – робочий об'єм гідромотора (постійне значення), см^3,

$\eta_{\text{он}}$ і $\eta_{\text{ом}}$ – об'ємний ККД насоса (коефіцієнт витрати) і гідромотора, відповідно.

При екстремальних значеннях $x = a$ і $x = b$ одержуємо нульову і

максимальну частоти обертання гідромотора

$$n_{\text{м},i} = 0 \text{ при } x = a \text{ і } n_{\text{м,макс}} = n_{\text{н}} \cdot V_{\text{рн}} \cdot \eta_{\text{он}} \cdot \eta_{\text{ом}} / V_{\text{рм}} \text{ при } x = b. \quad (3)$$

Для визначення тиску редукування на вході в силовий гідроциліндр або значення електричного сигналу одержимо таку залежність

$$x = a + \frac{V_{\text{рм}} \cdot n_{\text{м},i} \cdot (b-a)}{V_{\text{рн}} \cdot n_{\text{н}} \cdot \eta_{\text{он}} \cdot \eta_{\text{ом}}}. \quad (4)$$

Таким чином, можливе попереднє визначення керуючого сигналу для його подальшого завдання при роботі ОГП (безпосередньо тиску або електричного сигналу, формованого електронним блоком керування пропорційним електромагнітом).

В Україні підприємство «Гідросила» (м. Кропівницький) виробляє аксіальнопоршневі ОГП (ГСТ) із замкненим ланцюгом циркуляції РР і з безступінчастим регулятором типу ЕР за допомогою редукційних клапанів.

Регулятор «постійності тиску» якнайповніше відповідає вимогам енергозбереження, оскільки автоматично мінімізує затрачувану насосом потужність у період пауз роботи технологічного устаткування і став широко застосовуватися в дросельних ОГП. Зниження втрат потужності як результат ефективності енергозбереження при використовуванні регулятора типу «постійності тиску» визначають за формулою

$$\Delta P = \frac{p}{60}\left(\frac{Q_{\text{макс}}}{\eta_{\text{макс}}} - \frac{Q_{\text{мін}}}{\eta_{\text{мін}}}\right), \text{ кВт}, \quad (5)$$

де $Q_{\text{макс}}$ – теоретична подача насоса з постійним робочим об'ємом, л/хв,

$Q_{\text{мін}}$ – теоретична подача насоса з регульованим робочим об'ємом на режимі спрацьовування регулятора, л/хв,

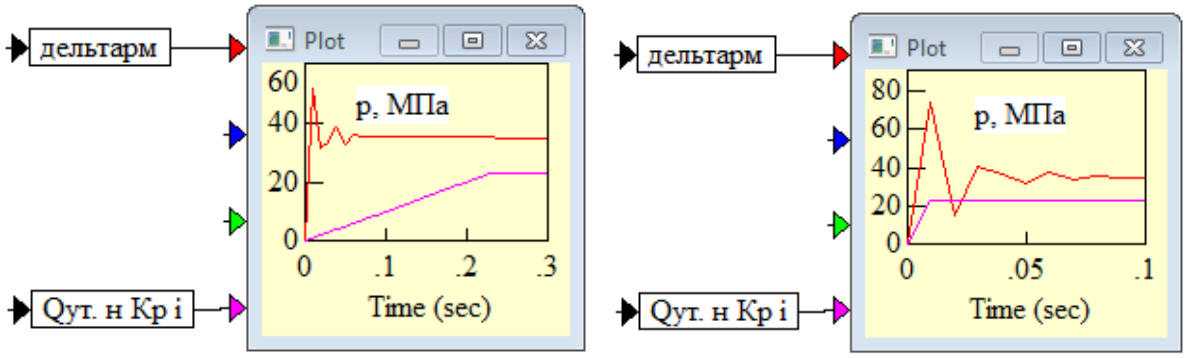
$\eta_{\text{макс}}$ – загальний ККД насоса з постійним робочим об'ємом,

$\eta_{\text{мін}}$ – загальний ККД насоса на режимі спрацьовування регулятора,

p – тиск нагнітання насоса (приймаємо постійним для регульованого і нерегульованого режимів), МПа.

Для аналізу динамічних характеристик ОГП, до яких відносять залежності витрати насоса, тиску і частоти обертання гідромотора на пусковому або гальмівному режимах, використовується математичне моделювання за допомогою пакету обчислювальних блоків VisSim [2]. Математичні моделі для ОГП зворотно-поступального і обертального руху створені д.т.н. Лурье З.Я. [3], у тому числі з урахуванням тимчасових інтервалів при пуску і зупинці гідродвигуна, і з введенням в дані моделі характеристик переливного клапану і регулятора витрати при дросельному регулюванні швидкості. Результати розрахунків для ОГП з гідромотором

приведені на осцилограмах (рисунок 1), що показують на те, що зниження часу виходу на максимальну витрату насоса дозволяє зменшити ривки тиску з 73 до 51 МПа. Таке істотне зниження коливань тиску є відчутним з точки зору зниження динамічних навантажень і підвищення довговічності насоса і гідромотора ОГП. Слід зазначити, що найбільш зручним способом контролю часу виходу на максимальну витрату насоса і характеру коливань тиску виявляються залежності зміни витоків Qут насоса або гідромотора від часу роботи ОГП. На рисунках чітко фіксується час виходу на максимальну витрату насоса за допомогою контролю часу стабілізації витоків Qут: на режимі (а) близько 0,24 с, на режимі (б) близько 0,01 с.



а б

Рисунок 1 - Характеристики тиску (верхній графік) і витоків в насосі (нижній графік) при різному часі виходу насоса на максимальну витрату

Висновки

1. Представлені матеріали дають підстави для більш широкого застосування гіроприводів з машинним регульованнням швидкоті робочого органу, як одного з дійсних факторів енергозбереження.

2. Сдід зазначити на подальше використання для розрахуків динаміки гідропривода за допомогою пакета прикладних програм VisSim.

Список посилань

1. Аврунін Г.А. Основи об'ємного гідропривода і гідропневмоавтоматики: (навчальний посібник) / (Г.А. Аврунін, І.Г. Кириченко, І.І. Мороз); під ред. Г. А. Авруніна. – Х.: ХНАДУ, 2009. – 424 с.

2. Клиначёв Н. В. Моделирование систем в программе VisSim: Справочная система. – Online версия 1.0. – Челябинск, 2001. – файлов 214, ил. (архив Offline версии – vsmhlpru.chm).

3. Расчет, проектирование и эксплуатация объемного гидропривода: учебное пособие / (З. Л. Финкельштейн, О. М. Яхно, В. Г. Чебан, З. Я. Лурье, И. А. Чекмасова). – Киев.: НТУУ «КПИ», 2006. – 216 с.

УДК 621.7.013: 617.3

Сивоконь М. Л., к.т.н. Залога О.О., д.т.н, проф. Залога В.О.
(Україна, м. Суми, СумДУ)

ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИРОБІВ ОРТОПЕДИЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ (СУПІНАТОРІВ)

Показано, що для ефективного використання інформаційних інноваційних технологій при проектуванні та виготовленні ортопедичних виробів раціональною є тісна взаємодія інженерів та лікарів – ортопедів. В роботі представлені результати досліджень процесів оброблення на фрезерному верстаті з ЧПК супінаторів із композитних матеріалів з частотами обертання шпинделя до 20000 об/хв і подачами (8 – 10)·10^{3}мм/хв.

The close cooperation between engineers and orthopaedists is rational for the effective use of innovative CAD/CAM technologies in the design and manufacturing of orthopaedic goods. This article represents the results of researching of the machining of orthotics from the composite materials on the CNC milling machines with spindle speeds of up to 20,000 rpm and feedings (8-10) · 10^{3}mm/min.

Сучасні тенденції розвитку економіки в цілому та, зокрема, виробництва виробів, особливо соціального призначення, ведуть до того, що все частіше використовується мультидисциплінарний підхід до розробки, конструювання та виготовлення нових виробів. Мова йде не тільки про вже звичне об’єднання знань, наприклад, в інженерній та економічній галузях, а й більш розгалужених, наприклад, медичних. Розвиток сучасних технологій проектування та виробництва «підштовхує» медицину до розробки новітнього обладнання, устаткування та виробів для поліпшення стану та життя людини. У Сумському державному університеті, у зв’язку з одночасною наявністю у ньому медичного інституту (МІ СумДУ) і факультету технічних систем та енергоефективних технологій (ТеСЕТ), тобто інженерного, розроблено та впроваджено проект створення на кафедрі «Технології машинобудування, верстатів та інструментів» (ТМВІ) на базі центру Delcam-СумДУ медико-інженерної лабораторії. Головною умовою для впровадження такого проекту з метою успішної практичної реалізації сучасних підходів у медичному та інженерному напрямах є можливість тісної взаємодії інженерів-механіків та медиків як у науковому напрямку, так і в практичної реалізації отриманих результатів такої взаємодії шляхом виготовлення медичних виробів, що можуть не тільки поліпшити стан людей, а навіть і успішно лікувати їх. Наприклад, одними із задач такого проекту, є створення сучасного високотехнологічного виробництва імплантатів і протезів суглобів, кінцівок та інших частин тіла, індивідуального ортопедичного взуття та індивідуальних ортопедичних устілок, зубних протезів та імплантатів з використанням інноваційних матеріалів і технологій проектування, виробництва та сучасного обладнання.

Використання сучасних інноваційних технологій, притаманних механооброблювальній галузі (сучасні інструментальні матеріали, швидкісне та надшвидкісне різання, тангенційне різання тощо), наприклад, в ортопедії дозволяє не тільки знижувати собівартість ортопедичної продукції, а й забезпечувати шляхом тісної взаємодії інженерів та лікарів- ортопедів її конкурентоспроможність, а також вести більш ефективну підготовку як практичних працівників у медичній сфері, так і висококваліфікованих інженерних кадрів.

Останнім часом для виготовлення різних виробів медичного призначення, у т.ч. в ортопедії, набуває розповсюдження використання для них пластичних матеріалів на основі етилевінілацетату. Разом з тим, на теперішній час виготовлення медичних виробів ортопедичного призначення найчастіше виконується з використанням таких методів як лиття, термоформування, штампування, які значно збільшують вартість таких виробів і у зв'язку з необхідністю виготовлення додаткового оснащення (форм, штампів тощо) дуже часто роблять їх в сучасних ринкових умовах не конкурентоспроможними. Крім того, таке медичне оснащення може бути економічно ефективним, як правило, у багатосерійному та масовому видах виробництва, у той час, як у медичній практиці такі вироби нерідко повинні мати індивідуальний характер. Саме тому одним із задовільних варіантів виготовлення таких виробів на цей час все ще залишається обробка різанням. Разом з тим, аналіз літератури показав, що на цей час майже повністю відсутні рекомендації щодо вибору різальних інструментів, режимів різання та стратегій обробки даного типу матеріалів, а особливо за умови оброблення композитних неметалічних матеріалів, які представляють собою багатошаровий етиленвінілацетат, що на різних ділянках має різні твердість та щільність. Ортопедичні вироби з цих матеріалів можуть суттєво впливати на усунення проблем зі станом здоров'я людини, особливо дитини, пов'язаних з опорно-руховим апаратом, які є одними з найбільших у сучасному суспільстві. Причому винні в цьому не стільки характерні для теперішнього часу малорухомі умови побуту та праці ультрацивілізованої людини, скільки свідоме чи несвідоме порушення законів біологічної механіки, яким підкоряється кожна кісточка і кожна зв'язка людської скелетно-м'язової системи - опорно-рухового апарату. Аналіз показав, що особливо часто страждають стопи людини (в першу чергу (і найчастіше) у вигляді плоскостопості), які є фундаментом для цієї системи. Першими симптомами плоскостопості можуть бути набряки і підвищена втома ніг, особливо в кінці дня. З часом виникають больові відчуття в підошвах, а також гомілковостопних і більш великих суглобах ніг. Незабаром вони можуть стати настільки інтенсивними, що ходити стає практично неможливим. Уникнути цих неприємних проявів дозволяють ортопедичні устілки з відповідною підтримкою для склепіння. Отриманий на сьогодні медичний досвід показує, що шляхом використання ортопедичних устілок, у

т. ч. супінаторів, які є їхніми складовими, можна не тільки суттєво покращати стан хворого, але й вилікувати цю хворобу.

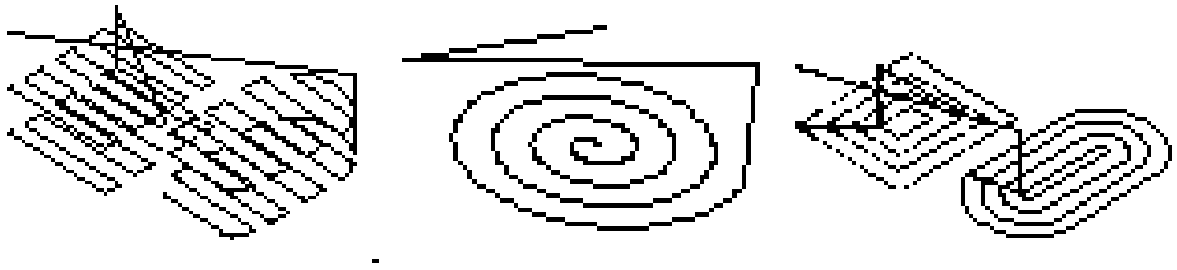
В Україні існує досить багато виробників, які професійно займаються ортопедичними виробами, в тому числі і супінаторами, але які використовують при цьому відносно застарілі технології їх виготовлення, що проявляється у підвищеній трудомісткості, у зв'язку з необхідністю значного об'єму ручної праці, яка в свою чергу несе за собою різну за формою та розмірами похибку. Основними вимогами до даного виробу ставляться сталість розмірів, форми та високі параметри шорсткості (відносно мала шорсткість) поверхні.

У Сумському державному університеті у створеній на кафедрі ТМВІ медико-інженерній лабораторії, яка є складовою центру DELCAM, для вирішення поставлених задач запропоновано процес виготовлення супінаторів тільки за допомогою процесу механічної обробки (фрезерування відносно складного рельєфу) на сучасному високошвидкісному верстаті з ЧПК без використання у будь-якій формі ручної праці з метою доведення виробу до потрібних параметрів його якості.

В якості програмного забезпечення при цьому використовується програмні середовища OrthoModel та ArtCam.

Основною проблемою, з якою зіткнулися в процесі впровадження розробленої технології обробки стало отримання заданої якості поверхні за параметром її шорсткості, що потребувало проведення ряду експериментів.

Під час проведення експериментів, щодо отримання високих показників шорсткості, експериментально було обрано три способи обробки поверхонь (види траєкторій), такі як «Растр», «Класична» та «3D зміщення» (рис. 1). Для кожного способу проводилось по три експерименти, в кожному з яких при обробці задавались різні напрямки руху різання (зустрічний, попутній та в обидва напрями).



а) *б)* *в)*

Рисунок 1 – траєкторії обробки поверхонь: а) растр, б) класична, в) 3D зміщення

Процес обробки твердосплавними торцевими фрезами Ø16 мм з довжиною різальної частини 40 мм виконувався в дві стадії: чорнова та чистова. Чорнова стадія обробки використовувалась для зменшення припуску на чистову обробку, і виконувалась з наступними режимами різання:

- глибина різання t = 1,5 мм;
- швидкість подачі $V_S = S_{хв}$ = 8 м/хв;
- частота обертання шпинделя n= 14000 об/хв;

- швидкість різання V= 7 м/хв.

Оскільки у даному випадку чорнова обробка виконувала підготовчу функцію, її показники якості та часу не фіксувалися.

Стосовно чистової обробки, були встановлені наступні режими різання:

- глибина різання t = 0,4 мм;
- швидкість подачі $V_S = S_{хв}$ = 10 м/хв;
- частота обертання шпинделя n=18000 об/хв;
- швидкість різання V= 9 м/хв.

В результаті проведених дослідів отримано наступні результати.

В усіх трьох випадках, при застосуванні одразу обох напрямків різання відбувалось рівномірне зрізування (рівномірний рельєф) волокон, чого не було помітно при оброці окремо зустрічним та попутним фрезеруванням.

Найкращі показники шорсткості було отримано при обробці класичним способом фрезерування, де також спостерігався рівномірний рельєф оброблюваної поверхні. Растр показав середній результат, зумовлений дещо нижчим показником шорсткості, а ніж в попередньому випадку. Найгірший результат отримано при обробці 3D зміщенням.

Щодо економічних показників недоліком класичного способу є час оброки (T_o=9:59 хв), що в 2,5 рази довше, ніж 3D зміщення (T_o=3:46 хв) та майже в 3,5 рази, ніж растр (T_o=3:02 хв).

ВИСНОВКИ

1. Використання ортопедичних виробів виготовлених за сучасними CAD/CAM технологіями дозволяє суттєво вирішити проблеми ніг та опорно-рухового апарату, як у дорослих, так і у дітей, тим самим максимально точно вирішити проблему кожного пацієнта окремо.
2. Використання сучасних CAD/CAM технологій при виготовленні виробів ортопедичного призначення дозволяє суттєво підвищити якість виробів (устілок, супінаторів) за рахунок суттєвого усунення людського (суб'єктивного) фактору та скоротити терміни їх виготовлення.
3. Програмні продукти фірми AUTODESK у своєму складі мають повний спектр програмного рішення для виготовлення виробів ортопедичного призначення, що дозволяє проводити весь цикл виготовлення, наприклад, індивідуальних ортопедичних устілок від сканування стопи пацієнта за допомогою прецизійного сканування, навіть без використання форм для відбитків стопи, до обробки даних устілок на високошвидкісному механічному обладнанні за лічені хвилини.
4. Проведені дослідження показали, що оптимальним (за критеріями часу обробки та якості поверхні) є обробка супінаторів за траєкторією «Растр» з обома напрямками різання.

УДК 621.83.061.2

Сидюк Д.М., наук. кер. Ковалевський С.В. (Україна, м. Краматорськ, ДДМА)

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИПРОБУВАННЯ ЯКОСТІ СКЛАДАННЯ ВЕЛИКОГАБАРИТНИХ КОНІЧНИХ РЕДУКТОРІВ

У статті розглянуті основні методи випробування якості складання великогабаритних конічних редукторів. А також можливість використання вібрації для випробування та визначення місця та величини плями контакту на зубчастій передачі.

The article deals with the basic methods of testing the quality of assembly of large-sized conical reducers. As well as the possibility of using vibration to test and determine the location and magnitude of contact spot on gear transmission.

З метою встановлення несучої здатності передач різних типів і, зокрема, редукторів і варіаторів їх випробовують. Випробування складених виробів – заключна контрольна операція якості їх виготовлення. Машини випробують в умовах, наближених до експлуатаційних.

Контроль якості складання машин, крім контролю правильності виконання різних з'єднань і якості виконання різних видів складальних робіт і регулювання (відповідно до вимог креслень і технічних умов і встановленим технологічним процесом складання), передбачає перевірку зібраних машин на відповідність технічним умовам.

Розрізняють випробування виробничі і дослідницькі. Проводячи виробничі випробування, переслідують дві мети - перевірку і оцінку якості виготовлення і складання редукторів і обкатку під навантаженням (приробotку передач) для підвищення ККД і довговічності. Завдання дослідних випробувань – з'ясування впливу конструктивних, геометричних, експлуатаційних факторів на несучу здатність і ККД передач і вибір найбільш оптимальних конструктивних рішень.

Також усі види випробувань можна звести до приймальних, контрольним і спеціальним.

Редуктори, що піддаються випробуванням, повинні перевірятися і прийматися ВТК відповідно до робочих креслень і технічних умов; покупні вироби повинні піддаватися вхідному контролю на відповідність їх стандартам або технічної документації підприємства-виготовлювача.

Під час приймальних випробувань виявляють фактичні експлуатаційні характеристики, а також правильність роботи різних механізмів і пристроїв вузла. Якщо в конструкцію виробу або в технологію його виготовлення вносять зміни, що впливають на кінцеві параметри редуктора, то в цілях оцінки ефективності та доцільності цих змін за окремими розділами програми приймальних випробувань і з урахуванням характеру внесених змін проводять типові випробування продукції.

Основний контроль якості складання ведуть самі збирачі (самоконтроль). Більшість операцій, контрольованих виконавцем при виконанні, не потребує додаткової перевірки.

Перед проведенням попередніх випробувань на основні деталі дослідних зразків редукторів повинні бути складені паспорти контрольної перевірки, в які вносять результати контролю розмірів і взаємного розташування основних посадочних поверхонь та елементів зубчастого зачеплення.

Контрольним випробуванням піддають вироби, у яких раніше були виявлені дефекти.

Спеціальні випробування виконують для вивчення зносу, перевірки безвідмовності роботи окремих пристроїв, встановлення придатності нових марок матеріалів для відповідальних деталей.

Складання машини закінчується випробуваннями.

Випробуваннями на холостому ходу перевіряють правильність роботи органів управління, а також дотримання норм роботи підшипників і зубчастих коліс. [1]

Після установки в машинному приміщенні панелі управління підключають електродвигун лебідки до мережі і обкатують привід на холостому ходу до підвіски кабіни і противаги. Обкатку треба здійснювати при нормальному числі обертів електродвигуна безперервно по 2 години для кожного напрямку обертання.

Під час обкатки редукторів відбувається корисний процес взаємної підробітки контактуючих поверхонь, що призводить до збільшення площ фактичного контакту.

Відбувається корисний процес взаємної прироботки контактуючих поверхонь, що призводить до збільшення площ фактичного контакту.

Після перевірки прилягання зубів по плямі контакту з випробуваного редуктора зливають відпрацьоване масло, ретельно промивають редуктор гасом за допомогою спеціальної насосної установки, заправляють свіжим маслом і відчувають під навантаженням.

Випробування під навантаженням застосовують для виявлення якості роботи вузла в виробничих умовах. [1]

Стенди, призначені для випробування редукторів, в залежності від методу створення навантажень на зубчасті передачі, діляться на два види: з розімкненим і з замкнутим силовим потоком.

У стендах першого виду для навантаження деталей редуктора використовується процес гальмування вихідного (веденого) валу редуктора. Для цього застосовуються механічні, гідравлічні, ферропорошкові, магнітні та інші види гальм або електричні генератори.

Недолік стендів з розімкненим силовим потоком полягає в тому, що при навантаженні деталей відбувається втрата електроенергії, що підводиться до електродвигуна стенду.

У стендів із замкнутим силовим потоком деталі навантажуються за рахунок нагружателя (зазвичай трорсіонів кручення), що включаються в систему двох однакових випробовуваних редукторів, внаслідок чого втрати електроенергії зведені до мінімуму.

У початковий період випробувань редуктор навантажується моментом кручення при числах обертів, складових 20-25% номінальних значень. Після роботи в цьому режимі протягом 30-40 хв і при відсутності порушень редуктор навантажується моментом кручення при числах обертів, що становлять 50% їх номінальних значень. Поступово навантаження і число обертів доводяться до номінальних значень. Тривалість обкатки під навантаженням від 3 до 12 год. При випробуванні під навантаженням перевіряються ті ж параметри, що і при випробуванні вхолосту. [2]

Також застосовують випробування на потужність. Для цього за допомогою спеціальних гальмівних пристроїв повідомляєють максимальні сили і моменти сил, які можуть виникнути при експлуатації машини. [1]

Також існує метод віброконтролю. Він полягає у тому, що записують характеристики сигналів вібрації еталонного редуктора та того, що контролюють та порівнюють значення. Використовують різницю фаз максимальних значень вібрації на зубцях також для визначення місця розташування та величини плями контакту. [4]

ВИСНОВКИ

У статті представлена загальна класифікація методів випробування якості складання редукторів та описання їх проведення. У якості суміщення контролю усього редуктора та плями контакту конічної зубчастої пари запропоновано метод порівняння вібрацій еталонного та контрольованого редукторів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Колесов И.М. Основы технологии машиностроения. - М.: Машиностроение, 1997, 590 с.

2. Балекчян Г.Г. Оценка качества продукции в промышленном производстве - МН., Изд-во БГУ, 1973, 88с.

3. Гостев В.И, Белоусов В.А. Контроль качества продукции в машиностроении - МАШГИЗ, Москва 1955.

4. *Описание изобретения к авторському свидетельству SU 1113659 A*

УДК 364

Сорокіна А. О., студентка, Несторук Н. А., к.пед.н, доц. (Україна, м. Бахмут, ГІІМ ДВНЗ «ДДПУ»)

СОЦІАЛЬНО-ПСИХОЛОГІЧНИЙ СУПРОВІД ІНДИВІДА В СУЧАСНИХ УМОВАХ

У статті здійснено аналіз соціально-психологічного супроводу індивіда, зокрема військовослужбовця, в сучасних умовах життєдіяльності, розглянуто завдання, методи, аспекти роботі з сім'ями учасників бойових дій, рекомендації щодо реабілітації.

Актуальність та постановка проблеми. Страх, кровопролиття, смерть, сирітство – це далеко не повний список, який об'єднує одне слово, одна подія – війна. За весь час існування нашої планети та нашого Всесвіту, час, коли всі проблеми та конфлікти вирішували мирним шляхом, не був довготривалим. Такі війни, як Семирічна війна (1756–1763), Перша світова (1914-1918), Друга світова війни забрали з собою десятки мільйонів людей, залишивши, море крові, злидні, та на декілька років зупинили розвиток країн. На жаль, всі уроки, які надає нам історія, проходять повз вуха лідерів і тому сучасний світ стоїть на порозі Третьої світової війни. Набрали масштабів такі конфлікти як, Громадянська війна у Лівії, війна у Сомалі та Центральноафриканській республіці, конфлікт між Палестиною і Ізраїлем. Цей список не зупиняється, а лише доповнюється.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання соціалізації, адаптаціїї особистості в сучасних умовах досліджували Сайтс К. [4], Пьюселік Ф., Авдиенко Г. [1], Кісарчук З., Омельченко Я., Лазос Г., Литвиненко Л., Царенко Л. [2] та багато інших науковців різних країн. Однак, вважати це питання остаточно дослідженим й вирішеним не можна, оскільки соціум змінюється, а з цим потребує й змін соціально-психологічний супровід індивіда в сучасних умовах життєдіяльності.

Метою статті є аналіз соціально-психологічного супроводу індивіда, зокрема військовослужбовця, в сучасних умовах життєдіяльності.

Виклад основного матеріалу. Наша країна знаходиться у дуже важкому стані. На території України, а саме на сході, проходять бойові дії. Україна відстоює свою територіальну цілісність, та незалежність, але яким чином, усім нам відомо. За всі роки бойових дій, які проходили в Україні з 2014 року, населення України з 45 245 900 млн. осіб зменшилось до 42 млн. 263, 9 тис. осіб (данні за 2018рік). За підрахунками ООН на 30 вересня 2016 року, жертвами конфлікту на сході стали 31 805 осіб: з них 9 574 тис. вбито і 22 231 тис. постраждалих (змінюється). Також в Україні кількість осіб, які переїхали або втекли з країни на листопад 2016 року налічує 1,5 млн. осіб (змінюється). Справжню цифру реальних втрат, ми не дізнаємося найближчим часом, або ж взагалі не дізнаємося, бо її дуже важко вирахувати. Нараховується велика кількість втрат з боку мирного населення, та все ж

найбільшу ношу понесли та несуть військовослужбовці. Вони і надалі залишаються захищати наш суверенітет.

Війна триває вже майже шостий рік, військові знаходяться у постійній напрузі. На їх самопочуття, як моральне так і фізичне впливають збройні сутички. Важко уявити, що відчуває людина, яка націлює зброю на іншу людину та натискає на курок. Не кожен, військовий це чи ні, може витримати таке. Діапазон впливу факторів війни на людину надзвичайно широкий. При цьому набагато більший масштаб мають пом'якшені і відстрочені наслідки війни, що впливають не тільки на психофізичне здоров'я військовослужбовців, але і на їх психологічну врівноваженість, світогляд, стабільність ціннісних орієнтацій.

В усьому світі, у час, коли в країні проходять бойові дії, військовослужбовцям надається психологічна допомога, з ними працюють психологи, які не дають їм зануритися у спогади жахливих років з головою. Ця допомога надається у центрах реабілітації. В Україні ці центри розташовані у Києві (клініка МЕДЕКС), Вінниці (реабілітаційний центр «Сходи»), Житомирі («Оазис життя»), Прикарпатті й ін. [3].

З позицій різних дефініцій реабілітацію можна тлумачити як комплекс медичних, педагогічних, психологічних та інших видів заходів, спрямованих на максимально можливе відновлення або компенсацію порушених або повністю втрачених, в результаті хвороби або травми, нормальних психічних і фізіологічних функцій (потреб) людського організму, його працездатності.

Основними методами реабілітації є:

- лікувальні та психологічні заходи, спрямовані на попередження розвитку патологічних процесів після ПТСР, що призводять до порушення соціальних зв'язків, професійної та особистісної дезінтеграції, алкоголізму, наркоманії, суїцидів, і складається з фармакологічної, групової та індивідуальної терапії.

- групові заняття, тренінги спрямовані на усунення неврозів з порушенням труднощів в міжособистісному спілкуванні та соціальної адаптації. Це спільна діяльність пацієнтів в лікувальних цілях, яка активізує подолання неконструктивної фіксації на хворобливому стані, розширює коло інтересів і сферу контактів, розвиває комунікативні навички.

Основними завданнями соціально-психологічної реабілітації є:

- оцінка психофізіологічного стану потерпілих, визначення якості і ступеня психоемоційного розладу;

- визначення оптимальних шляхів і методів психологічного впливу, спрямованих на відновлення оптимальної працездатності;

- вивчення динаміки психічних порушень у процесі лікування; оцінка фізичної, сенсорної та інтелектуальної працездатності, зіставлення їх з номінальними показниками професійної працездатності та відновлення втрачених психічних функцій; корекція психосоматичного статусу методами психотерапевтичних, психофізіологічних і психофармакологічних впливів;

- корекція самосвідомості, самооцінки і самопочуття.

Надзвичайно важливі для психосоціальної адаптації військових є їхні стосунки в сім'ї. Даний пункт є одним з головних, адже героїв, які віддали свої життя і здоров'я не можна забувати. Від бойових дій страждають не лише військові, які захищають кордони, але й ті, хто їх чекає вдома. Часто буває так, що у загиблих бійців залишаються сім'ї з маленькими дітьми або самотні батьки. Їм необхідні як моральна підтримка і допомога психологів, так і фінансова або будь-яка інша допомога.

Говорячи про роботу з сім'ями учасників бойових дій, виділяють два аспекти:

1) роботу з ними як з одним з найбільш важливих і значимих чинників психореабілітації і психологічної допомоги;

2) надання безпосередньої психологічної допомоги самим членам сімей.

Одним з основних напрямків в рамках реабілітації є робота з сім'ями військовослужбовців перед їх поверненням, відвідування консультацій психолога. Актуальними є наступні рекомендації:

1. Необхідно уважно вислуховувати розповіді своєї близької людини про те, що йому довелося пережити. Дуже важливо дати йому виговоритися в комфортній обстановці, де буде моральна підтримка близької і коханої людини.

2. Проявляти увагу і терпіння до проблем близької людини, які неминуче виникають після бойового стресу, до його психологічного дискомфорту, до підвищеної дратівливості, можливого тривалого депресивного стану. Це тимчасове явище, допоможіть йому з ним впоратися.

3. Необхідно враховувати, що за час розлуки ви всі дещо змінилися, не лише в емоційному сенсі. Необхідно якийсь час, щоб знову звикнути один до одного.

4. Особливу увагу, потрібно приділяти дітям. Важливо, щоб при відновленні відносин з чоловіком, вони не залишалися без належної уваги і турботи. Тому що, саме у дитячий період, формується емоційність та психіка дитини. Вони не повинні переживати емоції війни. Це може призвести до неминучих змін.

5. Створіть сприятливу інтимну обстановку, дайте зрозуміти партнеру, що ви маєте потребу в ньому і що підете йому назустріч, що постраждалий не один і у нього є підтримка.

6. Не заохочуйте вживання алкоголю. Алкоголь на фоні ПТСР є небезпечною сумішшю. Такий союз може призвести до серйозних наслідків.

Повинні бути активні розпитування, доброзичливі й уважні вислуховування найбільш неприємних переживань - при цьому зменшується афективна напруга, структуруються переживання, активізується цілеспрямована діяльність постраждалих.

В результаті такої діяльності досягається зміна ставлення до ситуації як до однієї з можливих, яка вже сталася і ти вже її пережив; релаксація;

підвищення порогу чутливості до психогенного фактору; емоційна підтримка; тактильний контакт з потерпілим.

Людям, неважливо, військовослужбовцям або їх родинам, необхідно обов'язково відвідувати психолога, хоча б декілька разів, оскільки для успішної соціально-психологічної реабілітації, у зоні бойових дій, фахівцем застосовуються різні методи і техніки психодинамічної, поведінкової, когнітивної, гіпносугестивної терапії, гештальт-терапії, нейролінгвістичного програмування, трансактного аналізу, психодрами та інші методики.

При цьому ці методи орієнтовані на:

1. Усвідомлення і осмислення тих подій, які послужили причиною актуального психічного стану.

2. Редагування переживань, пов'язаних зі спогадами про події бойової діяльності, які викликають ПТСР.

3. Прийняття того, що сталося як невід'ємної частини життєвого досвіду.

4. Актуалізацію поведінки, необхідної для подолання негативних наслідків бойового стресу і реадаптації до умов, що змінилися, як внутрішніх так і зовнішніх умов життєдіяльності.

Висновки. Соціально-психологічна реабілітація учасників бойових дій є одним із пріоритетних напрямків роботи центрів реабілітації в Україні. Психологічна реабілітація військовослужбовців є важливим складовим елементом психологічної роботи в сучасних умовах військової служби. Повністю уникнути психотравм серед військовослужбовців в бойовій обстановці неможливо, однак за допомогою своєчасного надання психологічної допомоги та здійснення реабілітаційних заходів, можна знизити відсоток психологічних травм; допомогти людині соціалізуватися в сучасних умовах життєдіяльності.

Література:

1. Авдиенко Г. Ю. Психологическая коррекция и реабилитация участников боевых действий: учебник и практикум для бакалавриата и специалитета / Г. Ю. Авдиенко. – М.: Издательство Юрайт, 2019. – 299 с.

2. Психологічна допомога постраждалим внаслідок кризових травматичних подій: методичний посібник / З. Г. Кісарчук, Я. М. Омельченко, Г. П. Лазос, Л. І. Литвиненко… Царенко Л. Г.; за ред. З. Г. Кісарчук. – К. : ТОВ "Видавництво "Логос". 2015. – 207 с.

3. Реабілітація учасників АТО. [Електронний ресурс]. Режим доступу: // http://www.vezha.org/na-prykarpatti-vidkryyut-likuvalno-reabilitatsijnyj-tsentr-dlya-bijtsiv-ato-video. – 2014. [Дата звернення 07.03.2019 р.]

4. Сайтс К. Синдром війни: про що не говорять солдати / К. Сайти; ред. Р. Піскотіна; пер. з англ. А. Шураева. - Москва: Альпіна нон-фікшн, 2016. - 274 с.

УДК 621.3.011.715

Суязов О.П., наук. кер. д.т.н., проф. Ковалевський С.В.(Україна, м.Краматорськ, ДДМА)

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ НАВЕДЕННЯ ПЕРЕХРЕСОГО ВПЛИВУ НА ПАРАЛЕЛЬНИХ ПРОВІДНИКАХ

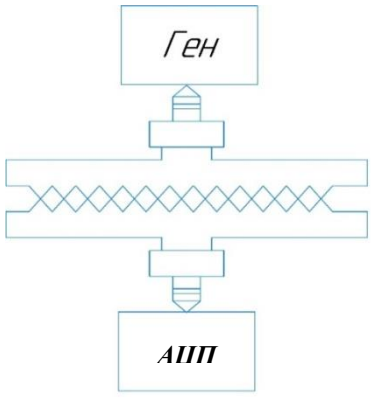
У статті представлено дослідження вияву наведення електричного струму у паралельних провідниках, завдяки проходженню високочастотного цифрового сигналу у одному з них. Використано теорію зв'язку магнітного та електричного полів, закон Ампера-Максвела та фізичного явища перехресного наведення у провідниках.

The article presents the research of the manifestation of electric current in parallel conductors due to the passage of a high-frequency digital signal in one of them. The theory of the connection of magnetic and electric fields, law of Ampere-Maxwell and the physical phenomenon of cross-guidance in conductors was used.

Перехресний вплив (або явище "перетікання" сигналу з одного каналу в інший, електричні наведення, викликані проходженням сигналу в сусідніх проводах) характеризується, перш за все, джерелом сигналу (яким може служити будь-який комплексний опір) і приймачем, зазвичай мають більш високе значення комплексного опору , або потенціал віртуальної, "плаваючої" землі. [1,2,3,4,5]

Метою статті є дослідження процессу наведення перехресного впливу у паралельних провідниках та визначення частот значення струму у провідникові-приймачі.

Схема робочої установки



Установка складається:

1) генератор високих частот

2) 2 дроти , з виходами для підключення(роз'єм 3.5 мм, довжина кожного дроту по 1,3 м)

3) Аналогово-цифровий приймач частот(АЦП)

Рисунок 1- схема установки досліду

Дослідження грунтується на властивостях та взаємодії електричного та магнітного полів , а також струму змінюваної частоти,а саме ця взаємодія є особливістю дослідження. Використовується широкосмуговий генератор частот зі змінною частотою сигналу, завдяки якому формується змінюване

магнітне поле у провідникові-передавачі. За допомогою АЦП проведено аналіз величини індукційного струму провідника-приймача, наведеного взаємодією сигналу передавача та власного опору матеріалу провідника-приймача. Таким чином маємо вплив характеристик провідника-приймача(від конфігурації його форми до фізичних властивостей) на вихідний сигнал .За отриманими резуль-
-татами встановлена залежність між частотою та силою струму у провіднико́ві.

У таблиці 1 наведені результати дослідження та на рисунку 2 наочно показана залежність величини сили струму від частоти коливань провідника.

Таблиця 1 -Данні для побудови графіка

Струм,мА	301	473	645	860
Частота,кГц	7	11	15	20

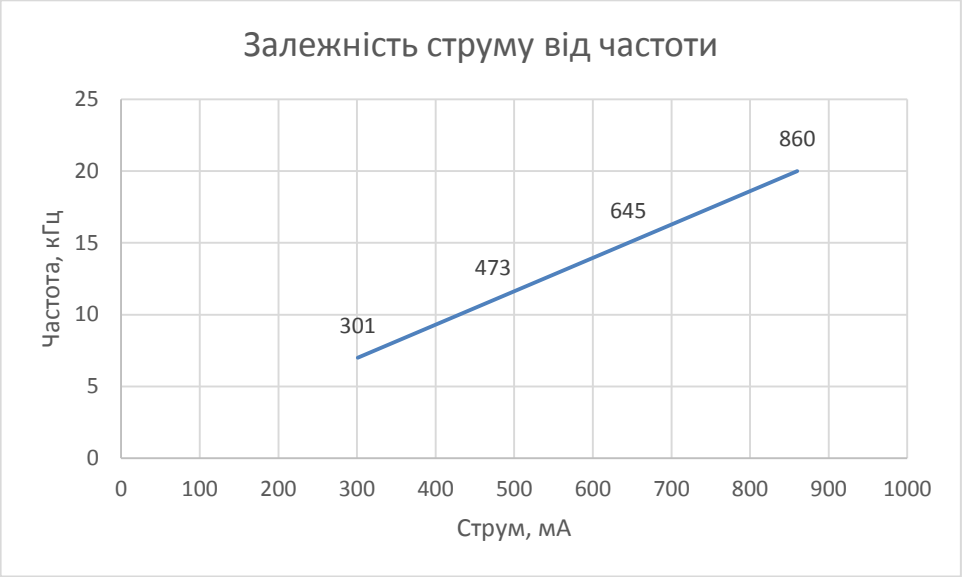


Рисунок 2- графік залежності струму від частоти.

Розглядаючи вище наведений графік залежності струму від частоти сигналу, маємо можливість сказати ,що величина струму у провідникові-приймачі лінійно залежить від значення частоти передавача. Тобто маємо перетворення однієї АЧХ змінної частоти (вхідний сигнал з передавача) на інакшу АЧХ лінійної частоти(вихідний сигнал з приймача).

ВИСНОВКИ

Проведене дослідження виявляє можливість створення струму у паралельних провідниках умовно незв'язаних між собою за допомогою перехресного впливу широкосмугового змінного магнітного поля та дає можливість у подальшому вивченні процесу визначати характеристики матеріалу провідника-приймача.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Проектирование усилителей мощности звуковой частоты. Третьеиздание./Дуглас Селф/-М.; ДМК Пресс,2009.- 536 с.*
2. *Гоноровский И.С. Радиотехнические цепи и сигналы: Учебник для вузов.- 4-е изд.,перераб. и доп. - М.: Радио и связь, 1986. - 512 с.*
3. *Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение Пер. с англ. - 2-е изд, испр. - М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. - 1104 с.*
4. *Бойерле Х.П., Беценар Г.Бах. Коммуникация в технике автоматизации. - Пер. с нем. - Берлин, Мюнхен: АО Siemens, 1991. - 155 с.*
5. *Защита от радиопомех / Под ред. М.В. Максимова. - М.: Советское радио, 1976. - 496*

УДК 364

Тимченко Н. В., студентка, Несторук Н. А., к.пед.н., доц. (Україна, м. Бахмут, ГІІМ ДВНЗ «ДДПУ»)

УПРАВЛІННЯ ТА РОЛЬ СОЦІАЛЬНО-ПСИХОЛОГІЧНОГО КЛІМАТУ В КОЛЕКТИВІ

В роботі презентовано особливості соціально-психологічного клімату в колективі та шляхи його поліпшення. Проаналізовано важливість його значення, оскільки це дає змогу дослідити стан показника, як чинника підвищення ефективності соціально-економічної діяльності. З'ясовано, що він має значення у забезпеченні високоефективної та продуктивної співпраці членів трудового колективу, впливає на підвищення задоволеності соціально-трудовими відносинами, що в свою чергу дає змогу досягти високої якості трудового життя, соціального добробуту та злагоди.

Актуальність та постановка проблеми. Найбільш частою причиною раптового падіння виробничих і комерційних показників фірм є погіршення соціально-психологічного клімату організації в цілому або в окремих її підрозділах. Найчастіше різка зміна соціально-психологічного клімату пов'язано зі зміною керівництва. Новий керівник приходить зі своїм розумінням «правильних» відносин в колективі і активно починає впроваджувати їх в життя. Наслідки часто бувають сумні: старі традиції, правила, напрацьовані відносини руйнуються, а нові – не приживаються. Як підсумок – зниження зацікавленості в результатах діяльності, підвищення плинності кадрів, зниження мотивації співробітників.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання ролі соціально-психологічного клімату в колективі досліджували Паригін Б. Д., Шакуров Р. Х., Коломінський Н. Л., Обозов М. М., Щокін Г. В., Платонов Ю. П., Реан А. А.

Метою статті є презентація аналізу сутності соціально-психологічного клімату в колективі, особливості його формування та шляхи його поліпшення.

Виклад основного матеріалу. Успішне управління організацією та діяльністю її персоналу передбачає обізнаність не лише з діловим, а й поза діловим спілкуванням. Психологічний клімат в організації може підсилювати чи знижувати предметну діяльність людей так само, як і професійні завдання організації істотно впливають на психологічний клімат. Саме тому одним із чинників успішності діяльності групи чи організації є стан міжособистісних відносин, на одному полюсі якого є позитивний (тобто сприятливий) психологічний клімат, на іншому – конфліктна ситуація, яка дезорієнтує групу, погіршує діяльність організації.

Соціально-психологічний клімат – це якісний бік стосунків, що виявляється у вигляді сукупності психологічних умов, що сприяють або

перешкоджають продуктивній спільній діяльності та розвитку особистості в групі [1].

Часто використовують синонімічні поняття «психологічний клімат», «морально-психологічний клімат», «психологічна атмосфера» тощо.

Так, Паригін Б. Д. зазначає, що соціально-психологічний клімат – "один із вирішальних чинників успішної діяльності людини в усіх сферах життя суспільства" [2].

Вирізняють такі основні фактори формування соціально-психологічного клімату:

- фактори макросередовища;
- фактори мікросередовища.

Говорячи про фактори макросередовища, що впливають на психологічний клімат ззовні, необхідно також враховувати те, що жодна група не може існувати, а тим більше розвиватися ізольовано від навколишнього світу.

До таких факторів належать:

- соціально-психологічні тенденції науково-технічного прогресу;
- особливості суспільно-економічної формації на конкретному етапі розвитку суспільства;
- особливості діяльності органів управління, вищих за рівнем;
- соціально-психологічні особливості територіального району, в якому функціонує організація, тощо.

Значно більше впливають на соціально-психологічний клімат колективу фактори мікросередовища. Основні з них такі:

- особливості матеріально-економічних, технологічних та організаційно-управлінських умов праці в колективі та ступінь задоволення людей цими факторами;
- особливості формальної структури в колективі та її співвідношення з неформальною;
- стиль керівництва керівника колективу;
- рівень психологічної культури керівника та співробітників тощо [1].

Отже, основними факторами, що впливають на стан соціально-психологічного клімату в колективі є:

- зміст праці та ступінь задоволення людей роботою;
- умови праці та побуту, задоволеність ними;
- ступінь задоволення характером міжособистісних стосунків зі співробітниками;
- стиль керівництва,
- особистість керівника та його задоволеність співробітниками.

Український психолог Коломінський Н. Л. [3, с.53] розробив схему (рис. 1 Задоволеність особистості працею та її основні джерела), де врахував основні чинники, що зумовлюють задоволеність людей виконуваною роботою, а також взаємний вплив різних компонентів. Така схема цікава для

керівника, бо допомагає запобігати конфліктності в колективі та поліпшувати його емоційну атмосферу.

Задля згуртованості та гармонізації колективу, керівнику необхідно володіти такими особистісними характеристиками, як: визначеність, усвідомленість, цілеспрямованість, вибірковість, тактовність, дієвість, вимогливість, критичність, відповідальність.

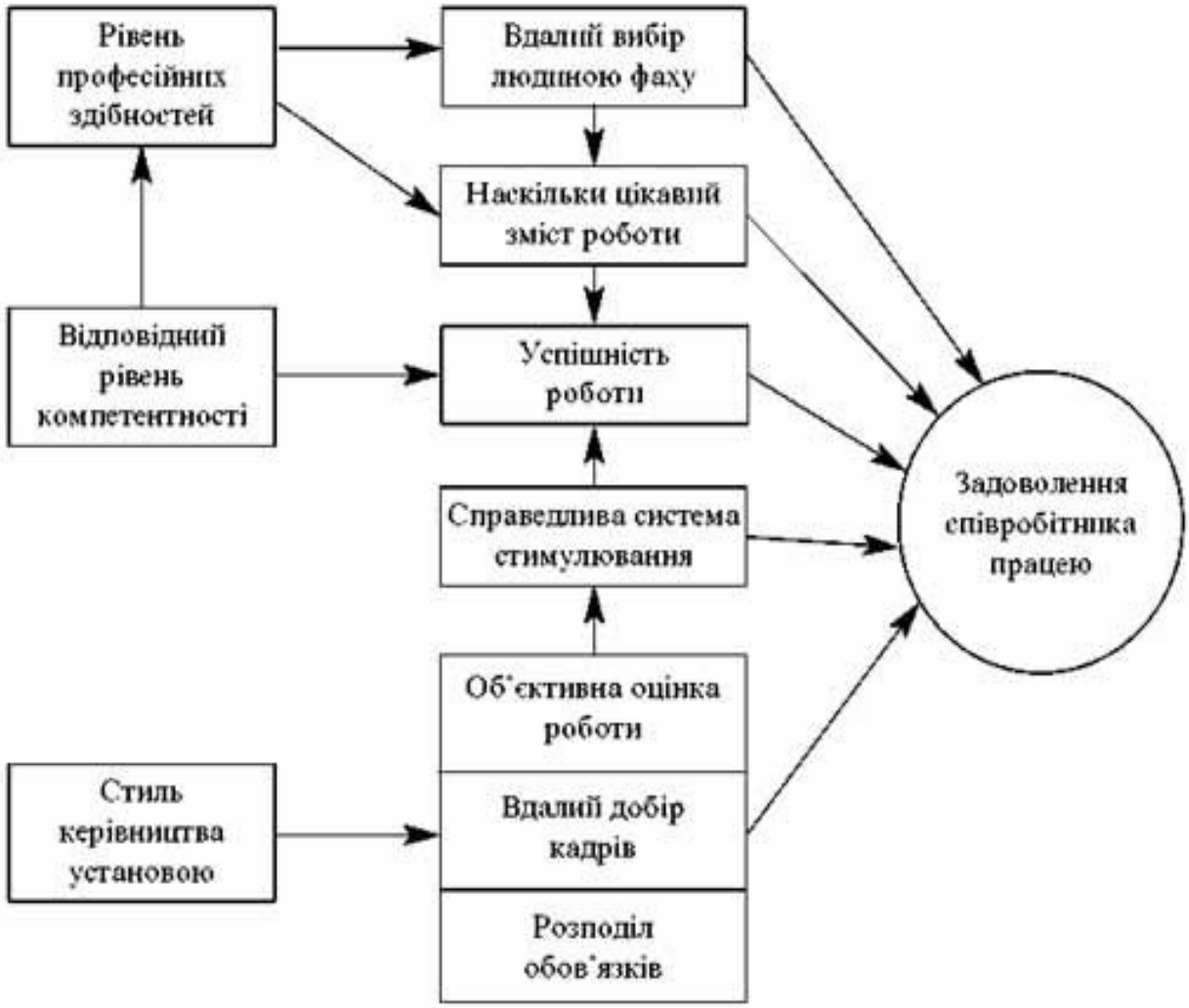


Рис. 1 Задоволеність особистості працею та її основні джерела

Доброзичливими та комфортними стосунки людей в колективі будуть тоді, коли його члени ставитимуться з повагою та симпатією один до одного. Це дуже важливий фактор. Обозов М. М., Щокін Г. В. [4] систематизували основні чинники, які визначають характер міжособистісних стосунків (рис. 2 Чинники для визначення характеру міжособистісних стосунків).

З метою формування та поліпшення соціально-психологічного клімату в колективі (фірми, підприємства) бажано мати в штаті організації кваліфіковану людину, тобто практичного психолога, який за допомогою різних методик зможе поліпшити загальну емоційну атмосферу колективу, допомогти співробітникам гармонійно співіснувати протягом робочого процесу та навчати членів колективу і керівників високій культурі взаємодії

та спілкування. Найбільш ефективними методами досягнення сприятливого соціально-психологічного клімату є тренінги та такі їх форми, як поведінковий тренінг, тренінг чутливості, рольовий тренінг, відеотренінг.

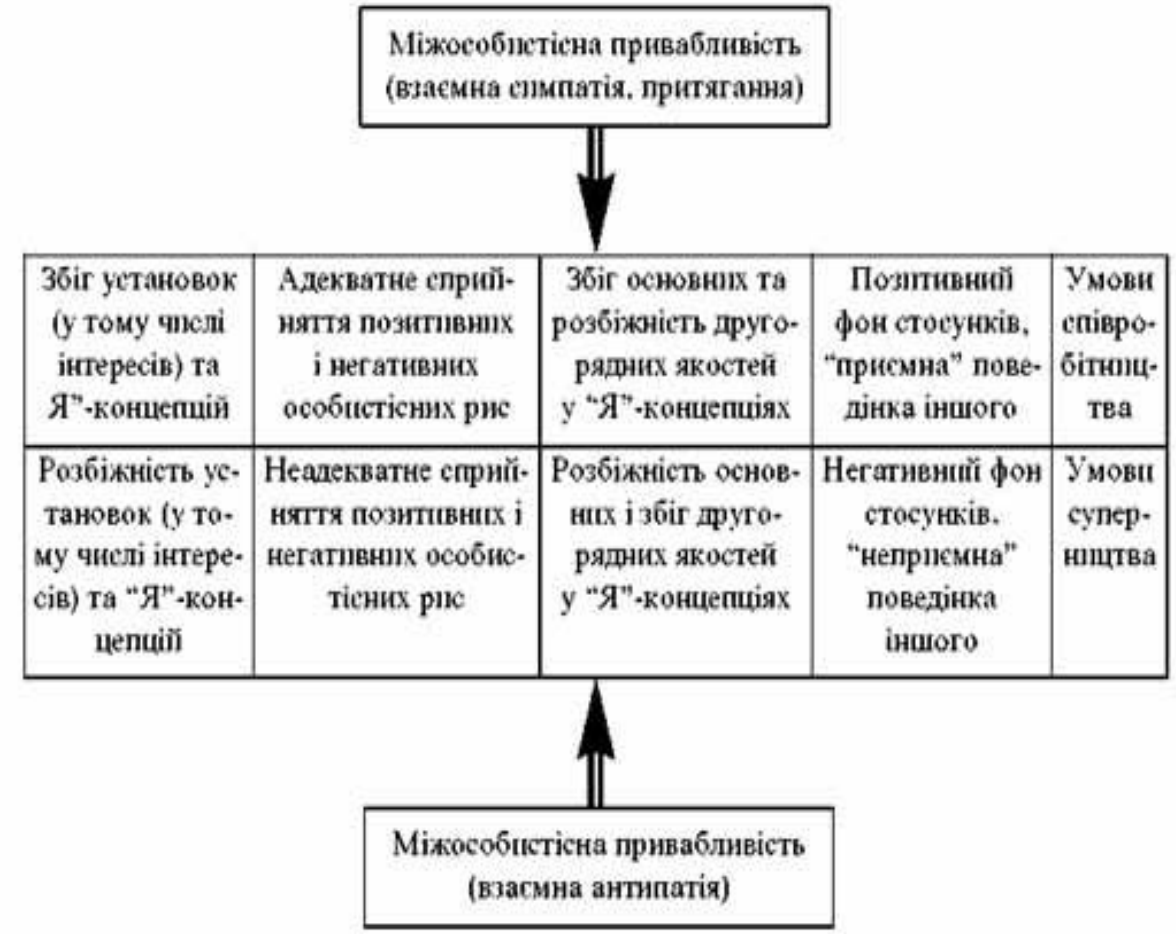


Рис. 2 Чинники для визначення характеру міжособистісних стосунків

Висновок. Аналіз дослідження соціально-психологічного клімату на підприємствах має важливе значення, оскільки дає змогу дослідити стан цього показника як чинника підвищення ефективності соціально-економічної діяльності. Він має значення у забезпеченні високоефективної та продуктивної співпраці членів трудового колективу, впливає на підвищення задоволеності соціально-трудовими відносинами, що в свою чергу дає змогу досягти високої якості трудового життя, соціального добробуту та злагоди.

Література:

1. Психологія: соціально-психологічний клімат у колективі. URL: http://ru.osvita.ua/vnz/reports/psychology/29134/ . [Дата звернення 15.03.2019].

2. Парыгин Б. Д. Социально-психологический климат коллектива. Пути и методы изучения / Б. Д. Парыгин. – Ленинград, 1981. 192 с.

3. Коломінський Н. Л. Психологія педагогічного менеджменту: навчальний посібник / Н. Л. Коломінський. – Київ: МАУП, 1996. 176 с.

4. Обозов Н. Н., Щёкин Г. В. Психология работы с людьми: Советы руководителю / Н. Н. Обозов, Щёкин Г. В. – Киев, 1990. 228 с.

УДК 629.4.027.23

Хода Я.А., наук. керів. д.т.н., проф. Ковалевський С.В.(Україна, м. Краматорськ, ДДМА)

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОВЕРХНЕВОГО ЗМІЦНЕННЯ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИМ ВИГЛАЖІВАТЕЛЕМ

У статті представлені результати проведеної експериментальної роботи по частотам струмів в електромагнітному виглажівателе. Представлені якісні характеристики, отримані в ході експерименту і описано новий пристрій пластичного зміцнення поверхонь.

The article presents the results of the experimental work on the frequency of currents in an electromagnetic flux. The qualitative characteristics obtained during the experiment and the new device of plastic strengthening of surfaces are described.

На сьогоднішній день існує багато методів ППД - вигладжування, вібровиглажіваніе, дробеструйная обробка, накатки сферичним, циліндричним і круговим роликом і інші. Процеси ППД мають ряд позитивних рисів, серед яких можна відзначити забезпечення достатньої жорсткості, вимоги до шорсткості, твердості поверхні, збільшують зносостійкість деталей машин і стійкість до корозійного руйнування, знижує собівартість продукції (економія матеріальних ресурсів і енерговитрат) [1, 2].

Застосування матеріалів високої якості знижує знос до мінімуму і полегшує догляд, проте виготовлення деталі повністю з подібного матеріалу не вважається економічно ефективним, так як призводить до завищених витрат на виробництво і ремонт. А оскільки службові характеристики деталей в основному визначаються властивостями їх поверхні, то актуальним є створення нових і вдосконалення існуючих технологій поверхневого модифікування конструкційних матеріалів [3].

Пропонується електромагнітний виглажіватель, який відрізняється конструкцією від інших інструментів такого типу. Це викликає появу в наклепаного шарі додаткові напруги зрізу, які сприяють підвищенню залишкових стискаючих напружень на поверхні деталі. Величину цих напружень можна регулювати шляхом зміни кута схрещування осей, причому це можливо здійснювати в оперативному режимі. Це буде сприяти підвищенню якості укріплених поверхонь .

Теоретичні та експериментальні дослідження показали, що перемагничивание полем високої напруженості сприяє збільшенню твердості, підвищення міцності і довговічності оброблюваних заготовок. Залежність механічних властивостей від режимів магнітно-імпульсної обробки пояснюється зміною структури металів. Так як дефекти кристалічної структури роблять значний вплив на властивості металів, необхідно розглянути поведінку дислокацій під дією магнітного поля. Кристалічні ефекти викликають пружні спотворення структури, внаслідок чого з'являються внутрішні пружні напруги .

Була використана модель, при якій постійній буде швидкість дислокації, а зміною загальна енергія. Якщо до кожної з елементів виглажівателя прикладена сила, яка дорівнює за величиною і протилежна за напрямком його взаємодії то їх

швидкість залишиться незмінною, а загальна енергія змінитися. В результаті теоретичних досліджували: отримані залежності, що визначають значення енергії для крайових і гвинтових дислокацій. Ці залежності застосовуються для визначення ефективності впливу енергії магнітного поля на зміну властивостей металів при перемагничивании [4]. Комбінуючи з'єднання між собою виходів котушок можна отримувати струми різної частоти.

Було проведено експериментальне дослідження, для яких прийняті такі габаритні розміри зразка: пластіна сталева 36 × 8 × 150 мм,40 × 85 мм, активна обмотка з габаритами 100 мм × 50 мм має 220 вітків..

Мета експериментальних досліджень - зафіксувати вплив частоти струму активної обмотки на наведений струм, який мав би різні АЧХ.

В результаті експериментальних досліджень отримані АЧХ пристрою, зразки яких надані на рис.1

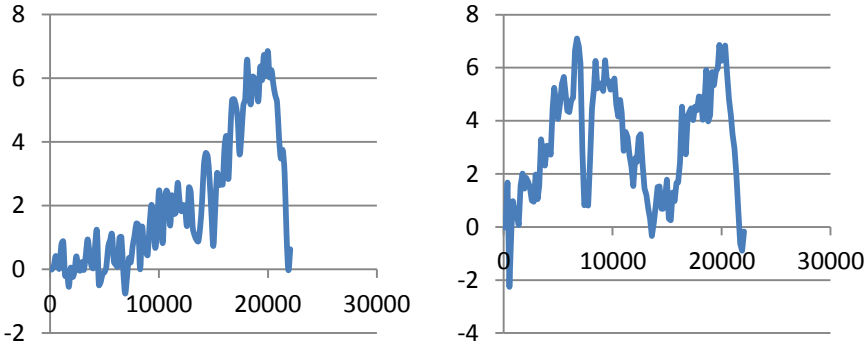


Рисунок 1 – АЧХ наведеного струму в виглажівателе

Наведені дані свідчать про те, що обертовий рух заготовки може супроводжувати процес формування структурованої на мікрорівні поверхні, що обробляється.

Висновок

В результаті проведеної експериментальної роботи можна зробити висновок,, що в електромагнітний виглажуватель має високочастотну складову, яка може формувати нано-структуровану робочу поверхню.

Література

1.Одинцов Л. Г. Зміцнення і обробка деталей поверхневим пластичним деформуванням: довідник / Л. Г. Одинцов. - М.: Машинобудування, 1987. - 328 с.

2.Смілянський В. М. Механіка зміцнення деталей поверхневим пластичним деформуванням / В. М. Смілянський. - М.: Машинобудування, 2002. - 300 с.

3.Ковалевський С. В. Особливості застосування роликів при обробно-зміцнюючої обробки зовнішніх поверхонь деталей типу тіл обертання / С. В. Ковалевський, А. В. Гущин // Науковий вісник ДДМА. - № 3 (15Є). - 2014. - С. 44-49.

4.Ковалевський С. В. Дослідження поверхнево Зміцнення робочих поверхонь деталей машин на основе поверхнево-пластічної деформації при накочуванні роликом з круговим профілем / С. В. Ковалевська, О. В. Гущин, А. О. Попов // Обробка матеріалів лещатах. - 2016. - № 2 (43). - С. 94-97.

УДК 621.9.01

Чернишова Д.С., наук. кер. Олійник С.Ю. (Україна, м. Краматорськ, ДДМА)

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ОБРОБКИ ЦИЛІНДРИЧНИХ ЧЕРВ'ЯЧНИХ ПОВЕРХОНЬ ВАЛІВ

В статті розглянуті основні методи обробки черв'ячних поверхонь, їх переваги та недоліки. Приведені загальні характеристики методів, що стосуються нарізання циліндричних черв'яків. Поставлене завдання щодо розробки методів підвищення якості виготовлення черв'ячних поверхонь в умовах виробництва.

In the article is considered the basic methods of machining worm surfaces, their advantages and disadvantages. The general characteristics of the methods that related to the cutting of cylindrical worm shafts are presented. The task of developing methods for improving the quality of manufacturing worm surfaces in production conditions is set.

Експлуатаційні вимоги до черв'ячної передачі передбачають високу точність складання відповідних механізмів, а це закладає високі вимоги до геометричної точності поверхонь тертя та їх міцності. Виготовлення складних високоточних елементів є проблемою для промисловості через значну кількість виробничих похибок: похибки кінематичної схеми, геометричної точності верстату, різального інструменту, пристосувань, температурних деформацій, впливу залишкових напруг, зносу інструменту, похибки налаштування верстату, встановлення заготовки. Тому ефективність технології виготовлення черв'ячного валу значно впливає на собівартість вироба вцілому.

Метою роботи є виконання аналізу сучасних методів обробки черв'ячних поверхонь та виявлення їх недоліків.

Елементами пари черв'ячної передачі є черв'ячне колесо й черв'як, вісі яких перехрещуються під кутом 90° (в деяких механізмах важких верстатів застосовують передачі з вісями, що перехрещуються під кутом 45°) [1]. Черв'яки бувають глобоїдні та циліндричні. Перетин витків циліндричного черв'яка осьовою площиною представляє собою рейку з прямолінійними або криволінійними боковими сторонами. Осьовий перетин глобоїдного черв'яка має форму кругової прямобічної рейки. Значний вплив на технологію виготовлення витків черв'яків має їх конструкція. В машинобудуванні використовують три різновиди їх конструкції.

Найбільше розповсюдження для невідповідальних передач отримав гвинтовий, або архимедів черв'як, який представляє собою звичайний гвинт з трапеціїдальною різьбою. Черв'ячна пара з таким черв'яком має низький ККД й швидко зношується, тому її доцільно застосовувати в невідповідальних, тихохідних й низько навантажених передачах або у технології передбачати операції зміцнення [2]. Ще один різновид циліндричного черв'яка - евольвентний черв'як - це циліндричне зубчате колесо з евольвентною гвинтовою поверхнею. Черв'ячні пари з евольвентними черв'яками раціонально використовувати в

відповідальних передачах при великих навантаженнях й швидкостях, але виготовлення таких передач потребує застосування спеціального обладнання й складних методів обробки. Третім різновидом циліндричного черв'яка є черв'як з прямолінійним профілем, що знаходиться в площині, перпендикулярній до ліній впадин - конволютний черв'як. Ці черв’яки більш прості в обробці, ніж евольвенті й забезпечують достатню точність зачеплення черв'ячної передачі, мають високий ККД й зносостійкість [2; 3].

Розглянемо основні методи нарізання черв'ячних поверхонь. Традиційним видом обробки черв'яків є нарізання їх на токарному верстаті різцем з прямолінійним профілем. Для отримання правильного профілю витків профіль різця повинен мати контур западини між зуб'ями черв'яка в певному його перетині та поєднуватися при нарізуванні з площиною цього перетину (див. рис. 1).

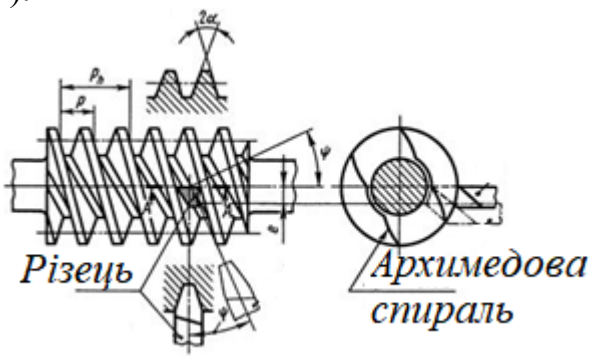


Рис. 1. Нарізання черв'яка різцем з прямолінійним профілем

Щоб отримати архимедів черв'як, профіль різця з прямолінійними крайками повинен бути поєднаний з площиною, що проходить через вісь черв'яка. Однак зі збільшенням кута підйому витка нарізування черв'яка одним різцем стає скрутним внаслідок зміни розміру кута, що призводить до виходу з ладу різального інструменту через викришування різальної крайки. Тому архімедові черв'яки при великому куті підйому витків замінюють евольвентними або конволютними [3].

Поряд з цим використовується спосіб нарізання обох сторін зуб'їв двостороннім різцем (див. рис. 2, а; рис. 3, а) для чорнової обробки, та спосіб роздільного нарізування кожної сторони зуба односторонніми різцями (див. рис. 2, б) для чистової обробки. Евольвентний черв'як нарізають двома різцями, профілі різальних крайок яких поєднуються з двома площинами, розташованими дотично до поверхні основного циліндра з двох сторін. Відомо, що зі збільшенням діаметра основного циліндра, установка різців вище і нижче центру викликає певні труднощі внаслідок змін кутів різання, тому при нарізанні евольвентних черв'яків застосовують профільні різці, які відповідні контуру нормального перетину западини черв'яка з установкою площини профілю нормально до її вісі (див. рис. 2, в).

Конволютний черв'як нарізується різцем, встановленим своїм профілем в площині, паралельній вісі черв'яка, вище або нижче її на певну висоту або під нахилом до неї, з суміщенням вісі симетрії профілю різця з віссю черв'яка, але

навіть при нарізуванні такого черв'яка неминучі завали або спотворення профілю витка біля основи та на вершині через різні кути підйому витка на внутрішньому і зовнішньому діаметрах. Конволютні черв'яки, котрі мають прямолінійний робочий профіль обробляють двома різцями (див. рис.2, г). Спільним недоліком процесів нарізування черв'яків різцями є утворення жорсткої зливної стружки, що ускладнює автоматизацію процесу, особливо на верстатах з ЧПК.

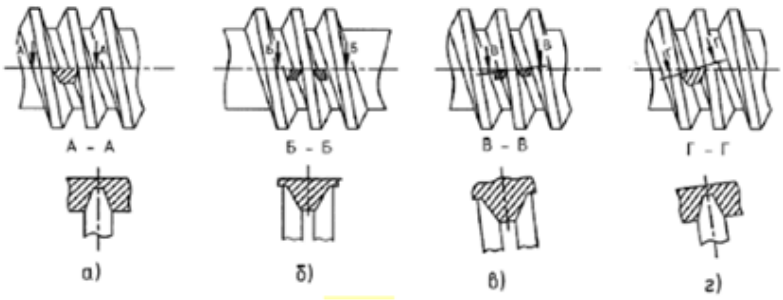


Рис. 2. Способи нарізування зуб'їв черв'яка [4]

Для нарізування черв'яків можна також використовувати фрези на фрезерних і різьбофрезерних верстатах, а також черв'ячні фрези на зубофрезерних верстатах. Обробкою черв'ячною фрезою з прямолінійними різальними крайками зуба виготовляють евольвентні черв'яки. Для нарізування архімедових і конволютних черв'яків застосовують спеціальні черв'ячні фрези з криволінійним профілем різальних крайок. Такий спосіб обробки має високу продуктивність, але вимагає наявність складного інструменту, а також під час обробки з’являються дефекти профілю поверхонь витків черв'яка (огранювання профілю), що обумовлює обробку фрезою на попередньої операції [5]. Попередню обробку можна виконувати пальцевими фрезами (див. рис. 3, в) на верстатах для фрезерування черв'яків і різьб. Різальні кромки таких фрез виконані по спіралі, при їх заточуванні важко зберегти високу точність. Нарізування черв'яків дисковою фрезою - більш продуктивний спосіб обробки, але при цьому профіль черв'яка підрізується, через різницю кутів підйому витка біля основи і вершини (див. рис. 3, г) [5].

Чистові переходи виконують методом шліфування витків (для загартованих черв'яків) на різьбошліфувальних верстатах однонитковим шліфувальним кругом, встановленим під кутом підйому гвинтової лінії черв'яка (див. рис. 3, а). При такій обробці у черв'яка можна буде виконати необхідний радіус на голівці та ніжці витка, це забезпечить плавність зачеплення й збільшить довговічність його роботи. Після пробного шліфування на верстаті з ЧПК є можливість корегувати кут й форму профілю черв'яків завдяки вводу окремих точкових корегувань, це забезпечує отримання необхідної форми й положення плями контакту в черв'ячній передачі.

Метод вихрового нарізування зуб'їв незагартованих черв'яків здійснюється за допомогою різцевої вихрової голівки що обертається, яка встановлена під кутом підйому гвинтової лінії (див. рис. 3, д). Голівці надають осьову подачу відносно заготовки, а обробка здійснюється на спеціальних токарних верстатах. Метод точіння зуб'їв черв'яка довбяком (див. рис. 3,е) виконують на зубофрезерному верстаті з вертикально

розміщеною віссю заготовки. Для кращого видалення стружки довбяк встановлювати різальними крайками вниз. Цей метод застосовують для виготовлення черв'яків з кутом підйому витка менш 25º [5].

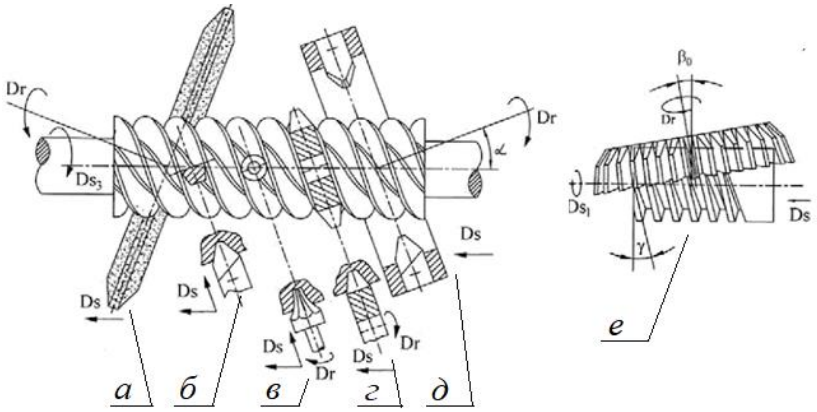


Рис. 3. Схеми методів обробки черв'ячних зуб'їв [4]

Для попередньої обробки також використовують метод накочування дрібномодульних зуб'їв черв'яків двома роликами, який є продуктивним методом, та метод гарячого накочування зуб'їв черв'яків двома роликами, що застосовується при попередній обробці [4].

ВИСНОВКИ

На підставі огляду можемо зробити висновки, що технологія виконання черв’ячної поверхні достатньо складна та не має ідеального рішення. Кількість патентів та наукових досліджень обмежена або застаріла, а сучасні верстати з ЧПК не зажди дають очікувану точність, що приводить до значної частки доводочних робіт при виконанні профілю черв’яка на виробництві. Дослідження процесів нарізання черв’ячних профілів є актуальною науковою тематикою та вимагає комплексних підходів при вирішенні проблеми, що включають як досягнення геометричної точності профілю, зміцнення контактних поверхонь, сучасних методів відстеження та контролю точності обробки з використанням штучного інтелекту.

ЛІТЕРАТУРА

1. Производство зубчатых колес: справочник / С.Н. Калашников, А.С. Калашников, Г.И. Коган и др., под общ. ред. Б.А. Тайца. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1990. – 464 с.: ил.

2. Сандлер А.И. Теория и практика производства червячных передач общего вида: учеб.-прак.пос. / под.общ.ред. С.А. Лагутина. – М.: Инфра-Инженерия, 2016. – 346 с.

3. Гусев А.А. Технология машиностроения (специальная часть) / А. А. Гусев, Е. О. Ковальчук, И. М. Колосов и др. – М. Машиностроение, 1986. - 480 с.

4. Якухин В.Г. Високотехнологичные методы металлообработки / В.Г. Якухін. – М.: МГИУ, 2011. – 360 с.

5. Гапонов Д.Е. Органические погрешности процесса фрезерования витков червяка / Д.Е. Гапонов, Е.Ю. Кузнецов, О.Я. Ямникова // Известия ТулГУ. Технические науки. – Вып. 8, 2013. – С. 75-85.

УДК 621.9.04

Щабельський М.А., наук. кер. Онищук С.Г. (Україна, м. Краматорськ, ДДМА)

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ОБРОБКИ ГЛОБОЇДНИХ ЧЕРВ'ЯКІВ

В статті представлений аналіз методів обробки глобоїдних черв'яків, та був вибран оптимальний варіант їх обробки для сучасного машинобудування.

У сучасному машинобудуванні знаходять широке застосування глобоїдні і черв'ячні пари з гвинтовою поверхнею лінійчатого (рідше нелінійчатого) профілю. Найбільшого поширення набули глобоїдні черв'ячні передачі з прямолінійним (лінійчатим) профілем витків черв'яка.

Передачі з глобоїдним профілем (нелінійчатої) сполученої пари (черв'яка і колеса) здатні забезпечити підвищення здатності навантаження у два рази, ККД до 30% і довговічності в 2-3 рази в порівнянні з передачами з прямолінійним (лінійчатим) профілем витків черв'яка [2].

Однак в даний час такі передачі застосовуються рідко через низьку продуктивність процесу нарізання гвинтової поверхні і високу вартість застосовуваного технологічного оснащення (ріжучого інструменту та обладнання), а ряд питань технології нарізання гвинтових поверхонь вимагає подальшого теоретичного та практичного доопрацювання.

Деталі з глобоїдною поверхнею знаходять широке застосування в конструкціях черв'ячних приводів, що працюють в умовах Крайньої Півночі, в пристроях для складання виробів машинобудівного виробництва, в обладнанні для виготовлення деталей складного профілю з композиційних матеріалів методом гарячого пресування, де в шнекових екструзіонних пристроях застосовують глобоїдні передачі, а також деталі з циліндричними гвинтовими поверхнями лінійного і нелінійчатих профілів. Також подібні деталі застосовуються в хімічній, нафтогазовій промисловості, суднобудуванні та інших галузях машинобудування [4].

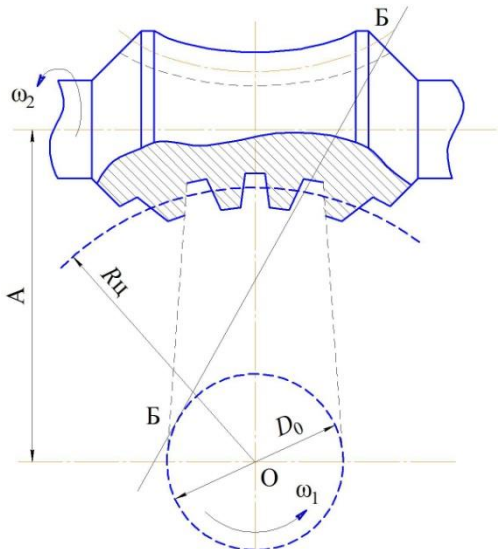
Основним недоліком обробки є конструктивне виконання ріжучого інструменту для нарізання гвинтової поверхні, особливо це характерно для виготовлення черв'яків великогабаритних передач (для глобоїдной передачі з міжцентровою відстанню 1250 мм діаметр інструмента дорівнює 2072 мм), що вимагає спеціального технологічного оснащення. Також процес нарізання такої поверхні відрізняється дуже низькою продуктивністю, на чорновому нарізанні швидкість різання V становить 8...15 м/хв, на чистовому - 1...1,5 м/хв, подача S - 0,05 ... 0,3 мм на оберт інструменту [3].

При нарізанні глобоїдних черв'яків і пов'язаних з ним коліс мають враховуватися геометричні принципи робочих поверхонь сполучених пар, а також умови їх зачеплення при роботі. Тому при розробці конструкторсько-технологічних рішень і створенні технологічного оснащення процесу

нарізання глобоїдних гвинтових поверхонь необхідно враховувати вид виробляючої поверхні при нарізанні гвинтових поверхонь черв'яка і метод нарізання пов'язаних пар. За цими ознаками стосовно глобоїдних гвинтових поверхонь розрізняють два види глобоїдних черв'яків (рис. 1).

Рис. 1. Види глобоїдних черв'яків

Черв'яки першого виду (рис. 2) [5], як правило, знаходять застосування в модифікованих передачах. Бічна поверхня витків модифікованого глобоїдного черв'яка має закономірне відхилення по лінії витків в тіло на їх кінцях. При цьому способи модифікації витків глобоїдного черв'яка можуть бути корекційними і безкорекційними.

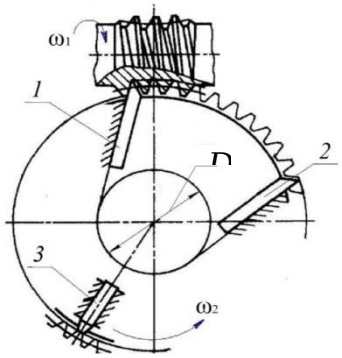


О - вісь колеса; D_o - діаметр профільної окружності; ω_1 - кутова швидкість, обертання прямої Б-Б щодо вісі колеса; ω_2 - кутова швидкість обертання черв'яка; Rц - радіус центроїди; А - міжосьова відстань

Рис. 2. Схема утвореннння витків глобоїдного черв'яка першого виду

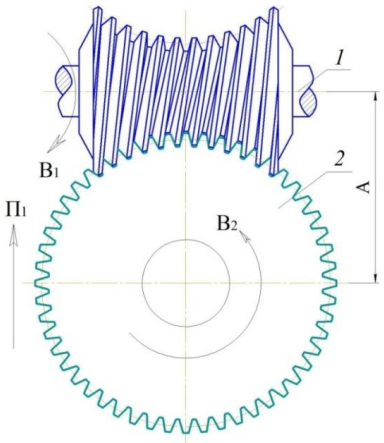
Представлена на рис. 2 [1] схема реалізується в залежності від типу виробництва різними за конструкцією ріжучими інструментами. Основними методами обробки вважаються: трьохрізцеві головки (рис. 3) [1] з двома профілюючими різцями і третім різцем для обробки вершин витків. Інструменти такої конструкції знаходять найбільше застосування в одиничному і дрібносерійного виробництва. Крім того, у виробництві використовують багаторізцеві головки (рис. 4) [1] із застосуванням радіальної подачі і багаторізцеві головки (рис. 5) [1], що працюють за методом кругового протягування.

Нижче представлені самі схеми обробки глобоїдних черв'яків.



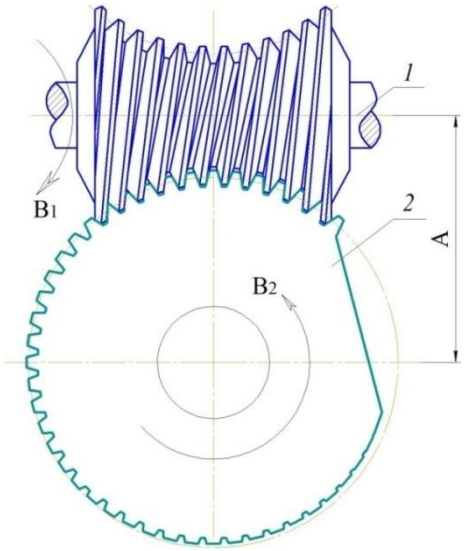
1 - лівий різець; 2 - правий різець; 3 - задній різець; D_o - діаметр профільної окружності; ω_1 - кутова швидкість обертання черв'яка; ω_2 - кутова швидкість обертання трьохрізцевої головки

Рис. 3. Схема трьохрезцівевої головки для нарізания витків глобоїдного черв'яка



1 - заготовка глобоїдного черв'яка; 2 - інструмент; А - міжосьова відстань; В1 - обертання заготовки глобоїдного черв'яка; В2 - обертання інструменту; П1 - радіальна подача інструменту

Рис. 4. Схема багаторізцевої головки для нарізання глобоїдного черв'яка при радіальної подачі інструменту



1 - заготовка глобоїдного черв'яка; 2 - інструмент; А - міжосьова відстань; В1 - обертання заготовки глобоїдного черв'яка; В2 - обертання інструменту

Рис. 5. Схема багаторізцевої головки для нарізання глобоїдного черв'яка за методом кругового протягування

ВИСНОВКИ

Одним з ефективних шляхів усунення недоліків обробки може бути застосування технології ротаційного точіння примусовим обертанням багатолезовим інструментом з евольвентним профілем ріжучого елемента [5]. Розробка і застосування технології ротаційного точіння дасть можливість виконати нарізання глобоїдного черв'яка з увігнутим профілем по методу обкатки з профілюванням по методу огинання, що дозволить забезпечити збільшення продуктивності і якості обробки гвинтової поверхні черв'яка, спростити технологію нарізання зубів сполученого колеса з опуклим профілем і тим самим технологічно забезпечити можливість виготовлення глобоїдной передачі з вихідним виконавчим колесом, використовуваним в виробах спеціального призначення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Трифанов И.В., Малько Л.С., Сугятин А.В., Технология нарезания глобоидных и цилиндрических винтовых поверхностей вогнутого профиля деталей машин - Красноярск, 2017 - 47 с.

2. Виноградов А.Б., Обеспечение требуемого уровня качества машин при проектировании и изготовлении (на примере глобоидной передачи) - Новосибирск, 2005 - 348 с.

3. ГОСТ 17696-89. Передачи глобоидные. Расчет геометрии. Издательство стандартов. 1990

4. ГОСТ 24438-80. Передачи червячные глобоидные. Исходный червяк и исходный производящий червяк. Издатель стандартов. 1980.

5. Способ изготовления колеса модифицированной глобоидной передачи. Авт. Св. СССР, № 1328092, 24.03.86./ Федотов Б.Ф.: БИ 1987, № 29.

УДК 621.868

Щукин А.В., к.т.н., доцент; Орел О.В., к.т.н., доцент (Україна, Харків, ХНАДУ)

МЕТАЛОГРАФІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОВЕРХНЕВОГО ШАРУ ДЕТАЛЕЙ ЗЕМЛЕРИЙНО-ТРАСНПОРТНИХ МАШИН З ІОННО-ПЛАЗМОВИМ ПОКРИТТЯМ

Наведено методику і результати металографічних лабораторних досліджень ножів, які виготовлено зі сталі 65Г, з іонно-плазмовим покриттям TiN-Cr_2N та без нього. Встановлено, що підвищення зносостійкості покриття TiN-Cr_2N, при оптимальному значенні товщини 4 мкм, обумовлено наявністю титану, а корозіоностійкості – хрому. Встановлено, що покриття TiN-Cr_2N при товщині 8 мкм відшаровується внаслідок відносно великої товщини. Покриття товщиною 1 мкм ненадійне для роботи фрагментів ножів автогрейдера в абразивному середовищу через руйнування поверхневої плівки.

The methodology and results of metallographic laboratory research of knives made of steel 65G with ion-plasma coating TiN-Cr_2N and without it are given. It has been established that increasing the wear resistance of the TiN-Cr_2N coating, with an optimum thickness of 4 μm, is due to the presence of titanium, and corrosion resistance is chromium. It was established that TiN-Cr_2N coating at a thickness of 8 μm is exfoliated due to a relatively large thickness. Coating with a thickness of 1 μm is unreliable for the work of fragments of knives of the motor grader in abrasive medium due to the destruction of the surface film.

Вступ. Серед широко поширених в практиці машинобудування методів поверхневої обробки деталей машин не можна назвати такі, які сприяють значному підвищенню довговічності ріжучих елементів землерийно-транспортних машин (ЗТМ), зокрема, ножів автогрейдерів. Це пов'язано з явно вираженими недоліками, які в більшій мірі знижують ударну в'язкість матеріалу, незначно підвищуючи його зносостійкість.

У той же час, аналіз досвіду роботи різних галузей машинобудування показав істотне підвищення експлуатаційних характеристик матеріалів робочих поверхонь за рахунок нанесення на них плазмових зносостійких матеріалів [1, 2]. Основними методами нанесення таких покриттів є хімічне осадження з газового середовища і конденсація твердої речовини в умовах іонного бомбардування (КІБ) [2]. Найбільш раціональним методом є саме КІБ, основною перевагою якого є можливість регулювання температури процесу (~ 300-800 °С).

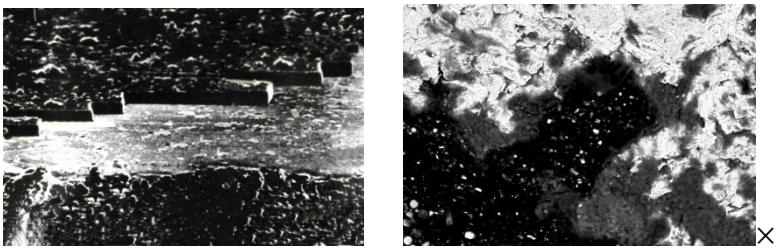
Як показали результати лабораторних випробувань [3], застосування іонно-плазмового покриття TiN-Cr_2N товщиною 4 мкм методом КІБ не тільки дозволяє підвищити зносостійкість ріжучих елементів автогрейдерів зі сталі 65Г, майже в 2 рази, але і зберегти геометричну форму ножа, а також значення ударної в'язкості матеріалу, з якого він виготовлений. Це важливо при експлуатації автогрейдерів, робочі органи яких працюють в умовах постійно діючого динамічного і знакозмінного навантаження. Тому на наш

погляд, доцільно було б дослідити причини збільшення зносостійкості ріжучих елементів автогрейдерів.

Мета і постановка задачі. Метою цієї роботи є визначення причин підвищення зносостійкості ножів автогрейдерів за допомогою проведення металографічних досліджень.

Виклад матеріалів дослідження. Металографічні дослідження проводили за допомогою мікроскопа МИМ-8 при збільшенні 500, 1000 з подальшим фотографуванням зображення. При цьому металографічні шліфи були отримані в результаті шліфування з використанням алмазної пасти. Разом з тим для виявлення мікроструктури стали 65Г застосовували хімічне травлення шліфів у 3% спиртовому розчині азотної кислоти (ніталь).

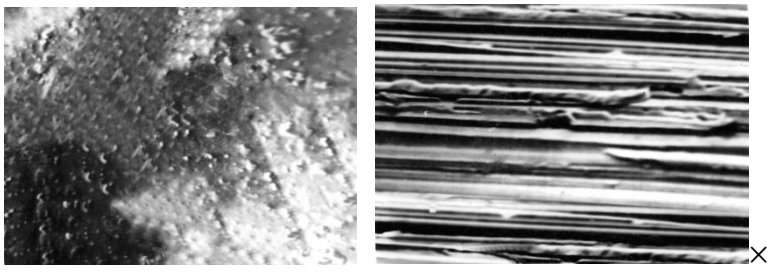
В результаті металографічних досліджень нами було встановлено, що покриття TiN-Cr_2N має найкращу адгезію при товщині від 2 до 5 мікрон, в іншому випадку має місце порушення цілісності поверхневого шару. Як видно з рис. 1а, при товщині покриття понад 5 мікрон в процесі зношування спостерігається його відшарування.


× 1000

а б

а – відшарування покриття TiN-Cr_2N товщиною 8 мкм;
б – руйнування покриття TiN-Cr_2N товщиною 1 мкм
Рисунок 1 – Відшарування покриття TiN-Cr_2N

В результаті проведених лабораторних випробувань фрагментів ножа автогрейдера з покриттям TiN-Cr_2N товщиною 1 мікрон спостерігалося його руйнування протягом перших кількох годин роботи (рис. 1б).


×500

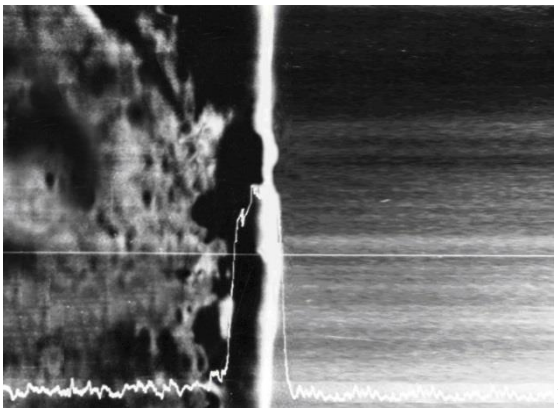
а б

а – з покриттям TiN-Cr_2N товщиною 4 мкм;
б – після термообробки і шліфування без покриття
Рисунок 2 – Поверхня фрагмента ножа зі сталі 65Г

Крім того, як видно з рис. 2, покриття TiN-Cr_2N може значно згладити нерівності поверхні, які можуть бути концентраторами напружень.

На цих фотографіях покриття виглядає у вигляді світлої смуги, яка має чітку межу зі сталлю і при цьому не труїться ніталем (3% HNO_3). За покриттям має місце перехідна зона, яка відрізняється тим, що вона відносно добре труїться ніталем і має товщину 4-5 мікрон.

При цьому в результаті проведення мікрорентгеноспектрального аналізу було встановлено, що переважаюча частина титану знаходиться саме в самому покритті. Лише деяка його частина розташовується в перехідній зоні (рис. 3).



× 1000

Рисунок 3 – Розподіл титану в самому покритті TiN-Cr_2N і перехідній зоні

Метод якісного рентгенівського аналізу, який проводився за допомогою установки УРС 50, дозволив простежити розподіл хімічних елементів в покритті системи TiN-Cr_2N, перехідній зоні і матриці, а також виявити включення різного роду. При цьому суть методу полягала в наступному: пучок електронів при взаємодії з атомами, розташованими на поверхні зразка (пластини), генерував рентгенівське випромінювання. При цьому вимірювання довжини хвилі і інтенсивності випромінювання дозволило визначити наявність тих чи інших елементів. У свою чергу інтенсивність випромінювання характеризується числом імпульсів, що виникають за певний відрізок часу переміщення зразка.

Результати вимірювань у міру переміщення на задану відстань зразків за допомогою микрозонду друкувалися на спеціальному пристрої. Залежність інтенсивності випромінювання від координат місця розташування точок фіксувалася на діафрагмової папері, що дозволили в подальшому визначити концентрацію елементів з похибкою до 2%.

Сканування електронного пучка на поверхні пластини дозволило отримати дані поверхневого шару. Однак, зображення, які вийшли за рахунок відображення в електронах, являють собою якісну характеристику хімічного складу покриття, але такі відомості зумовлюють визначення взаємозв'язку концентрації покриття і мікроструктури поверхневого шару.

Результати сканування в процесі фазового рентгенівського аналізу наведено у табл. 1.

Таблиця 1 – Значення параметрів фазового рентгенівського аналізу

№ лінії	θ°	*J*	$d_{эксÅ}$	Табличні значення				
				TiN	α-Fe	Ti	Cr_2N	Cr
1	10,6	сл	4,06					
2	12,38	с	3,46					
3	13,25	сл	3,29	2,58			2,64	
4	17,61							
5	18,20	с	2,42			2,39		
6	18,84	сл	2,36	2,20	1,89			
7	22,29	ср	1,94			1,77		
8	25,58	сл	1,69		1,56	1,52	1,50	1,42
9	32,42	сл	1,41			1,29		
10	38,55	сл	1,26					1,28
11	39,67	сл	1,20		1,20			1,25

Необхідно відзначити, що на рентгенограмі можна виділити лінії, які характеризуються такими фазами: TiN, α-Ti, α-Fe. Визначення наявності Cr_2N досить суб'єктивний процес. Це пов'язано з тим, що лінії такого з'єднання зазвичай збігаються з лініями інших з'єднань. У нашому випадку хром не був виявлений, але це не говорить про його повну відсутність. Даний факт пояснюється тим, що представлений метод може бути недостатньо чутливий для виявлення хрому.

Висновки. 1. Результати рентгенівських і мікрорентгеноспектрального досліджень показали, що підвищення зносостійкості покриття TiN-Cr_2N, при встановленому оптимальному значенні товщини 4 мкм, обумовлено наявністю титану, а корозіоностійкості - хрому. Обидва елементи знаходяться в самому покритті і рівномірно розподілені по його структурі. 2. Покриття TiN-Cr_2N товщиною 8 мкм схильне до відшаровування внаслідок великої товщини. Покриття товщиною 1 мкм малонадійно для роботи фрагментів ножів автогрейдера в абразиві через руйнування поверхневої плівки.

Список використаних джерел

1. Роик Т.А. Повышение износо- и коррозионной стойкости деталей объемного гидропривода нанесением ионно-плазменных покрытий / Т.А. Роик, Д.Б. Глушкова, Ю.В. Рыжков. – Харьков, 2012. –112 с.

2. Роик Т.А. Повышение стойкости пресс-форм литья под давлением медных сплавов / Т.А. Роик, Д.Б. Глушкова. – Харьков, 2013. – 108 с.

3. Венцель Е.С. Исследование износа режущих элементов землеройно-транспортных машин с ионно-плазменным покрытием: Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова / Е.С. Венцель, Д.Б. Глушкова, А.В. Щукин. – 2013. – №4. – С 143–147.

УДК 621.8

к.т.н., доцент Ярижко О.В.(м. Харків, Україна, ХНАДУ)

АНАЛІЗ НАВАНТАЖЕНОСТІ ТЕЛЕСКОПІЧНОЇ СТРІЛИ КРАНОВО-МАНІПУЛЯТОРНОЇ УСТАНОВКИ

Для оцінки навантаженості елементів конструкції гідроманіпулятора розроблено тривимірну твердотільну модель і проведено комп'ютерне моделювання процесів роботи з використанням програми Autodesk Inventor Professional. Обгрунтовоно вибір виду поперечного перерізу секцій телескопічної стріли та наведено результати аналізу їх напружено-деформованого стану.

Вступ. Зростаючи об'єми та розширення спектру вантажів, що перевозяться машинами лесного комплекса неминуче ставлять перед перевізниками питання про необхідність наявності в парку автомобілів, оснащених краном-маніпулятором (КМУ) [1]. КМУ сьогодні з успіхом виконують не тільки навантажувально-розвантажувальні операції, але і широко використовуються в монтажних технологіях, де потрібні маневреність, особлива точність виконання робочих рухів, плавність переміщення і стабільність положення вантажу. Зростанню своєї популярності КМУ багато в чому зобов'язані конструкціям використовуваних стріл. Саме стріла визначає можливості маніпулятора як з погляду вантажопідйомності, так і визначення межі робочої зони.

Аналіз публікацій. Конструкція стріли повинна задовольняти наступним найважливішим вимогам [2]: форма секції повинна бути придатна для економічно виправданого виробництва стріл; для зменшення контактних сил між окремими телескопічними секціями вони повинні бути спроектовані такої форми, щоб в зонах контакту виникали мінімальні додаткові зусилля; між секціями повинні бути передбачені невеликі зазори для забезпечення бічної стійкості і малого кута закручування; для зниження маси можливе використання високоміцних сталей з дрібнозернистою структурою. При цьому висока здатність навантаження цих сталей може бути реалізована тільки за відсутності можливості появи риску "випучування" (місцевої втрати стійкості) в тонких стінках поперечного перетину стріли. При перевірці місцевої стійкості повинні враховуватися як подовжні зусилля в стрілі, так і зусилля, що діють в напрямі упоперек стріли. Для забезпечення міцності і недопущення прогинів, як це може трапитися при гратчастій будові стріли, на манипуляторных установках, стріли виготовляються коробчастими. У конструкціях КМУ сьогодні можна зустріти велику кількість різновидів перетинів стріл. Треба відзначити, що для принципового поліпшення експлуатаційних показників конструктори пішли по шляху збільшення кількості граней в перетині короба. Дослідження в області стріл кранів показали, що чим більше граней в профілі, тим ефективніше розподіляється напруга по перетину. На рисунку 1 показані деякі перетини, що

використовуються для секцій стрілових кранів і крановo-маніпуляторних установок [3]. Кожен з представлених профілів має свої переваги і недоліки. Наприклад, перетин 1, не дивлячись на його простоту, до теперішнього часу широко використовується американською фірмою Manitex на кранах вантажопідйомністю до 45 т. Коробчатий профіль застосовують виробники короткобазових кранів Terex, Grove, Tadano, Kato на моделях вантажопідйомністю до 80 т.

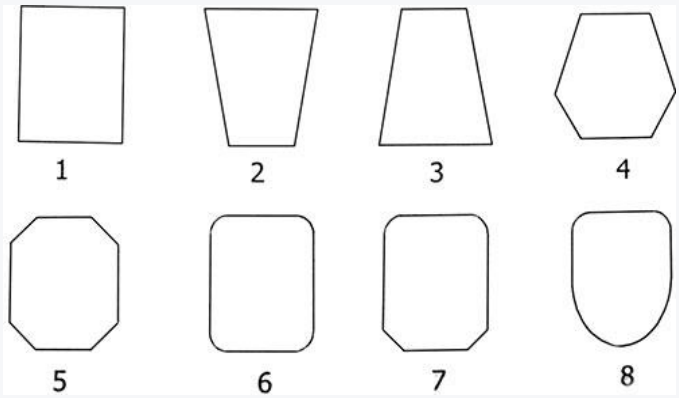


Рис. 1. Різновид перетинів телескопічних секцій стрілових кранів і крановo-маніпуляторних установок.

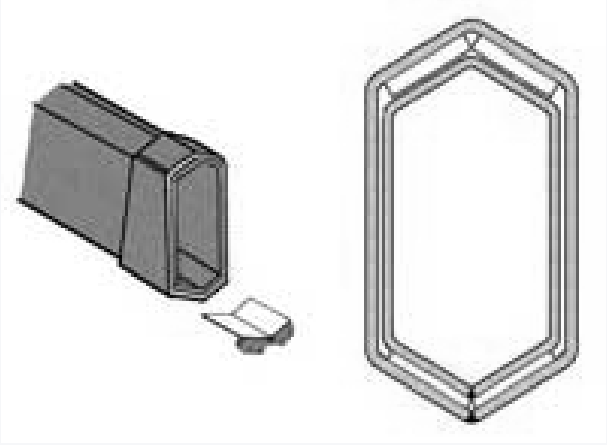


Рис. 2.Шестигранний (гексагональний) профіль стріли кранів-маніпуляторів.

Шестигранний профіль стріли (рис. 2) був вперше розроблений і представлений покупцям шведською компанією Hiab. Завдяки своїй формі і великій опорній поверхні стріла відмінно тримає навантаження, має збільшений термін служби, вигідне співвідношення власної маси і міцності. Тепер услід за Hiab гексагональний перетин застосовується багатьма виробниками кранів-маніпуляторів.

Профілі прямокутного перетину сьогодні застосовуються тільки в маніпуляторах невеликої вантажопідйомності. Прямокутний перетин в окремих випадках замінюється трапецієвидним. Іноді широким виконується нижній пояс перетину (перетин 3 рис. 1), і секції з такими профілями

утворюють масивні і відносно короткі телескопічні стріли. У іншому варіанті 4-гранного профілю широким роблять верхній пояс перетину, і товщину цієї полиці істотно підсилюють (перетин 2 рис. 1). Вважається, що такий профіль значно знижує небезпеку викривлення при навантаженні, що вигинає.

Мета работы. Для оцінки навантаженості елементів конструкції гідроманіпулятора розробимо тривимірну твердотільну модель (рис. 3) і проведемо комп'ютерне моделювання процесів роботи з використанням системи гібридного (твердотільного і поверхневого) параметричного моделювання за допомогою програми Autodesk Inventor [4-5].

Основна частина. Розрахункова схема стріли (рис. 3) відповідають вантажній характеристики: робота четвертою секцією телескопічної стріли з вагою вантажу – $Q_{\text{вантажу}}$ =910 кг.

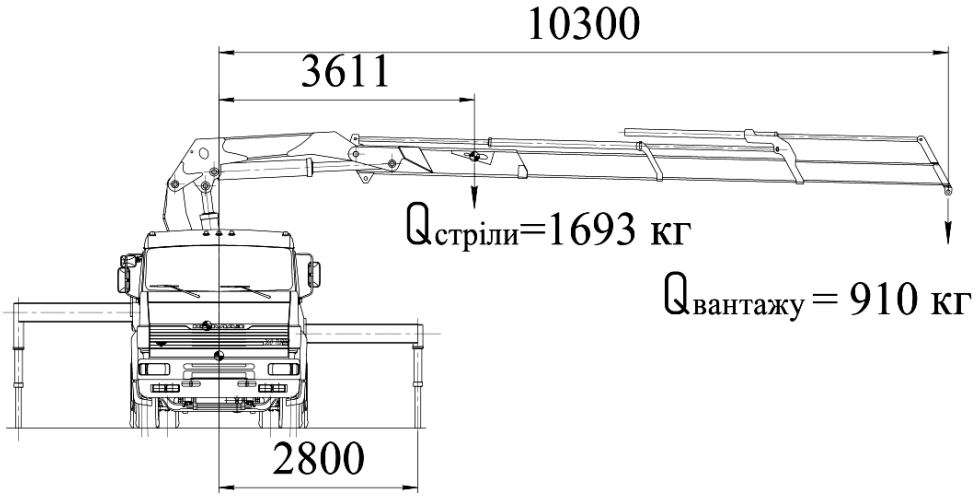
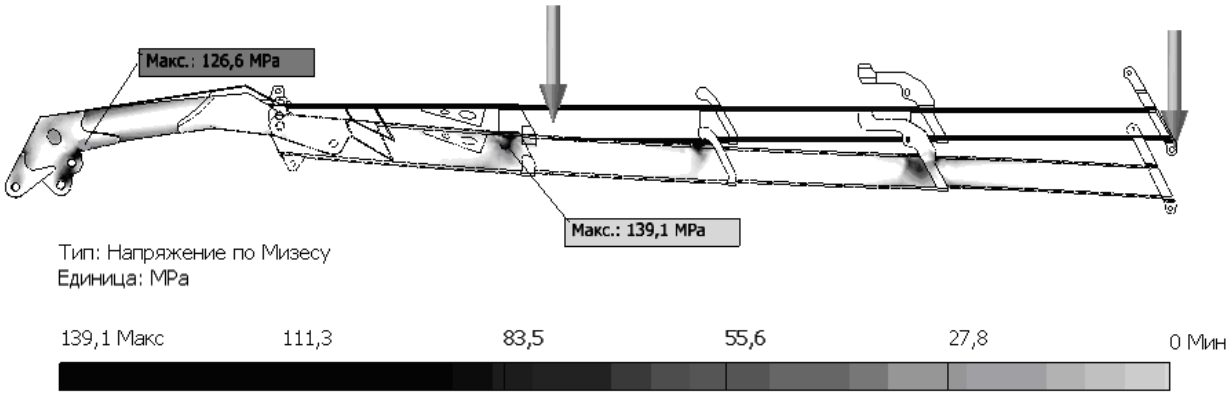
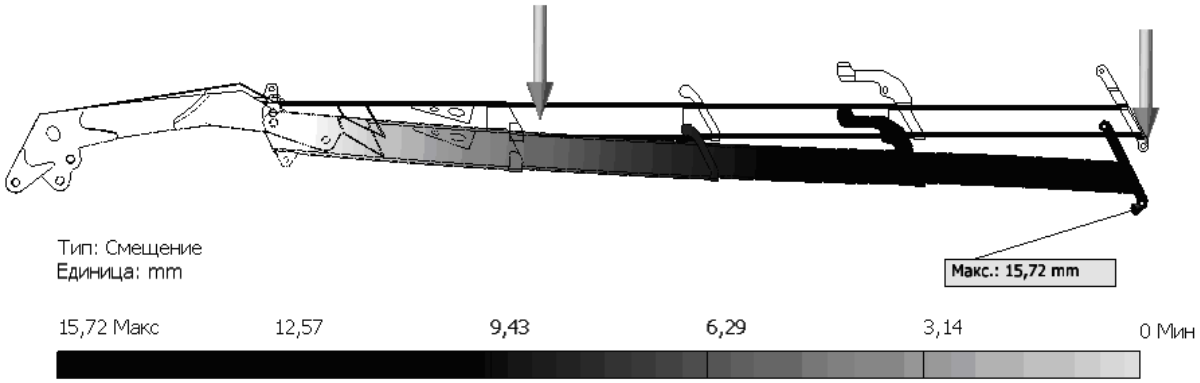


Рис. 3. Розрахункова схема стріли крановo-маніпуляторної установки.

В процесі моделювання, задаючись параметрами матеріалу і накладаючи обмеження на функціонування системи, визначаємо значення максимального рівня напруги в конструкції технологічного устаткування. Отримані епюри дозволяють візуалізувати розподіл навантажень, визначати небезпечні перетини (рис. 4).



а)



б)

Рис. 4. Епюри розподілення еквівалентних напружень по Мізесу (а), переміщення (б) стріли краново-маніпуляторної установки.

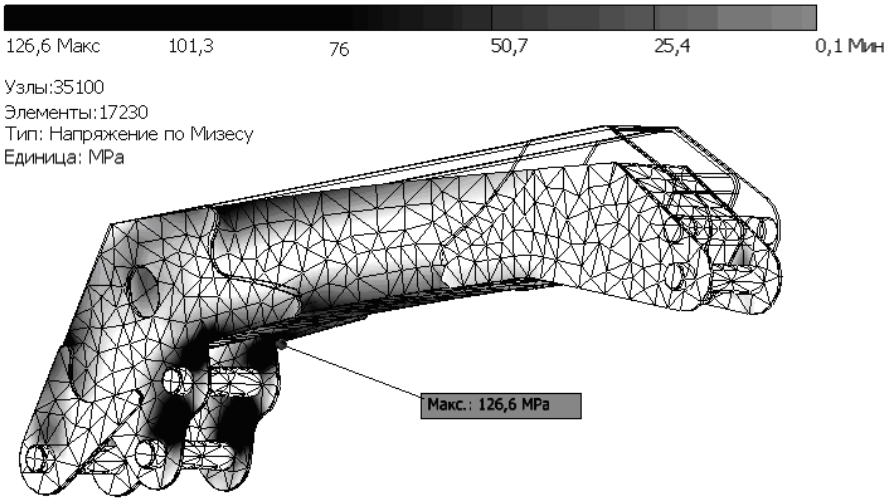


Рис. 5. Скінченно-елементна модель та розподілення еквівалентних напружень по Мізесу рукояті КМУ.

Проведені дослідження і отримані результати (рис. 5-7) дозволяють судити про рівні напруги в окремих елементах конструкції краново-маніпуляторної установки.

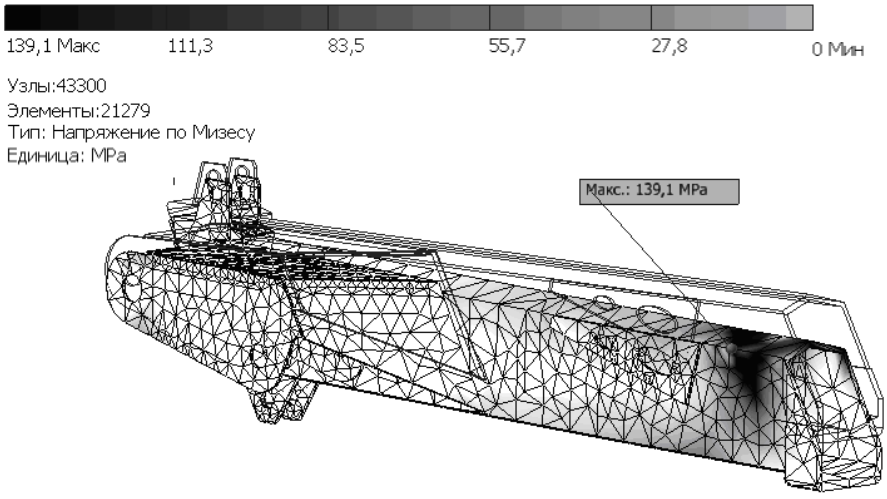


Рис. 6. Скінченно-елементна модель та розподілення еквівалентних напружень по Мізесу основної секції телескопічної стріли КМУ.

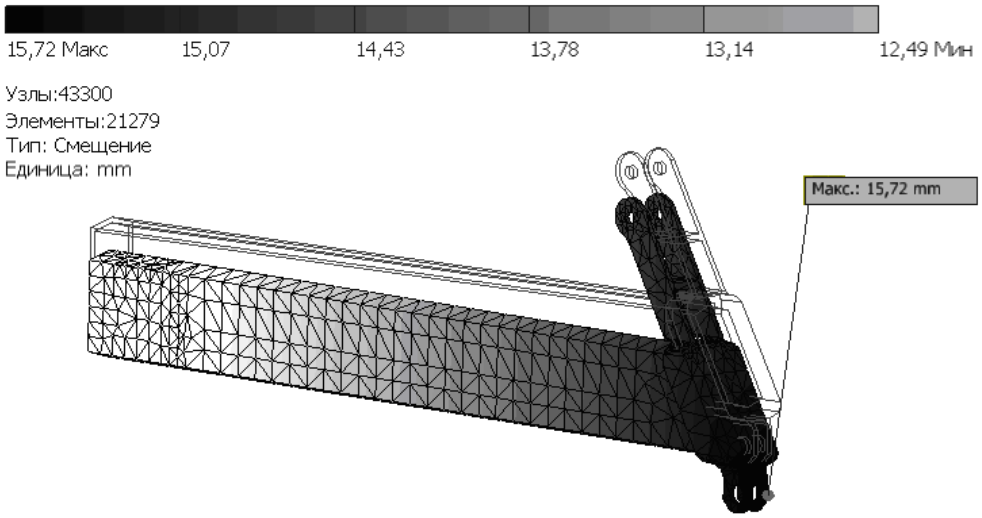


Рис. 7. Скінченно-елементна модель та розподілення переміщень кінцевої висувної секції телескопічної стріли КМУ

Розроблені тривимірні параметричні моделі технологічного устаткування гідроманіпулятора дозволяють оперативно вносити корективи до конструкцій, опрацьовувати різні компонувальні і кінематичні схеми, визначати необхідні додаткові параметри (переміщення елементів конструкції, розподіл коефіцієнта запасу міцності, частотний і термічний аналізи, випробування на ударне навантаження, втома і так далі).

Висновки. Застосування тривимірного моделювання при конструюванні і розрахунку технологічного устаткування лісових машин значно скорочує час на проектування і розрахунки, що у свою чергу підвищує економічний ефект конструкторських робіт, веде до зниження кінцевої ціни виробу, дозволяє візуалізувати об'єкти, в найкоротші терміни опрацьовувати велику кількість варіантів технічних рішень.

Список літератури

1. Смыков А.А. Повышение эффективности применения гидроманипуляторов ОАО «ММЗ» для лесохозяйственных и лесозаготовительных работ //Строительные и дорожные машины. 2013. № 1. С.11–15.

2. Гохберг М.М. Металлические конструкции подъемно-транспортных машин. – Л.: Машиностроение, 1976. – 456 с.

3. Соколов С.А. Металлические конструкции подъемно-транспортных машин: Учебное пособие. – СПб.: Политехника, 2005. – 423 с.

4. Том Трембли Autodesk Inventor 2013 и Inventor LT 2013. Основы. Официальный учебный курс /. – М.: ДМК-Пресс, 2013. – 348 с.

5. Curtis Waguespack. Mastering Autodesk Inventor 2014 and Autodesk Inventor LT 2014. – Sybex, 2013. – 1032 p.

Наукове видання

МОЛОДА НАУКА – РОБОТИЗАЦІЯ І НАНО-ТЕХНОЛОГІЇ СУЧАСНОГО МАШИНОБУДУВАННЯ

Збірник наукових праць

Міжнародної молодіжної науково-технічної конференції

За загальною редакцією

д-ра техн. наук, проф. С. В. Ковалевського

Формат 60 × 84/16. Ум. друк. арк. 12,09.
Обл.-вид. арк. 9,45. Тираж 100 пр. Зам. № 19.

Видавець і виготівник
Донбаська державна машинобудівна академія
84313, м. Краматорськ, вул. Академічна, 72.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК №1633 від 24.12.2003