

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.14564167>

УДК 539.376.624.04

КОЛЕБАНИЕ БЕЗГРАНИЧНОЙ УПРУГОЙ ДВУХСЛОЙНОЙ ПЛАСТИНКИ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ПОДВИЖНОЙ НАГРУЗКИ

Хаджиева Салима Садиковна

Старший преподаватель

Андижанский машиностроительный институт

Аннотация. В данной статье приведен колебание безграничной упругой двухслойной пластинки при воздействии подвижной нагрузки. Задачи сводится к решению приближенного уравнения для поперечного смещения W точек плоскости контакта двухслойной пластинки.

Ключевые слова: нормальная нагрузка, двухслойная пластинка, кусочно-однородной уравнение, уравнения колебания.

Задача о воздействии подвижных нагрузок на конструкции и их элементы возникает во многих областях техники и в строительстве.

Пусть по поверхности кусочно-однородной двухслойной пластинки распространяется бегущая вдоль оси x с постоянной скоростью V_0 нормальная нагрузка вида

$$f_z = F(x + V_0 t); f_{xy} = f_{yx} = 0. \quad (1.1)$$

При этом выполняется условие $F(\zeta) = 0$ при $\zeta = 0$.

В данной задаче начальные условие отсутствует, а задача плоская [1, 2, 3].

В силу внешнего воздействия вида (1.2) напряженно-деформированные состояния пластинки от координаты y не зависит.

Задачи сводится к решению приближенного уравнения для поперечного смещения W точек плоскости контакта двухслойной пластинки, полученному в первой главе

$$Q_1 \left(\frac{\partial^4 W}{\partial t^4} \right) + Q_2 \left(\Delta \frac{\partial^2 W}{\partial t^4} \right) + Q_3 (\Delta^2 W) + Q_4 \left(\frac{\partial^6 W}{\partial t^6} \right) + Q_5 \left(\Delta \frac{\partial^4 W}{\partial t^4} \right) + \\ + Q_6 \left(\Delta^2 \frac{\partial^2 W}{\partial t^2} \right) + Q_7 (\Delta^3 W) = F(x + V_0 t), \quad (1.2)$$

где коэффициент Q_i определяются по формулам (1.2) [4, 5, 6].

Так как в поставленной задаче начальные условия отсутствуют, то надо искать общее решение уравнения (1.2) проще, перехода к подвижным координатам, связанным с подвижной системой координат известным преобразованием Галилея

$$\xi = x + V_0 t.$$

Тогда уравнение (2.2.2) переходит в обыкновенное дифференциальное уравнение

$$(V_0^4 Q_1 + V_0^2 Q_2 + Q_3) \frac{d^4 W}{d\xi^4} + (V_0^6 Q_4 + V_0^4 Q_5 + V_0^2 Q_6 + Q_7) \frac{d^6 W}{d\xi^6} = F(\xi) \quad (1.3)$$

Общее решение уравнения (1.3) ищем в виде

$$W = W_0 \exp\left(\frac{1}{h_0} \xi \zeta\right), \quad (1.4)$$

где ξ – безразмерная частота [7, 8, 9].

Введем безразмерные параметры:

$$C = \frac{V_0}{b_1}; h = \frac{h_1}{h_0}; \rho = \frac{p_0}{p_1}; P_2 = \frac{\mu_0}{\mu_1}; D_0 = \frac{1}{2(1-\nu_0)}; D_1 = \frac{1}{2(1-\nu_1)} \quad (1.5)$$

где ν_0, ν_1 – коэффициенты Пуассона верхнего и нижнего слоев пластинки;

μ_0, μ_1 – коэффициенты Ляме [10, 11, 12].

Характеристическое уравнение дифференциальное уравнение (1.3) имеет вид

$$A_1 \xi^6 + A_2 \xi^4 = 0, \quad (1.6)$$

где коэффициенты A_1, A_2 и Q_j' равны:

$$\begin{aligned} A_1 &= C^6 Q_4' + C^4 Q_5' + C^2 Q_6' + Q_7'; \\ A_2 &= C^4 Q_1' + C^2 Q_2' + Q_3'; \end{aligned} \quad (1.7)$$

$$Q_1' = (\rho + h)^2;$$

$$Q_2' = -2 \left(2(P_2 D_0 + h D_1)(\rho + h) + (P_2 - 1) \left(\rho(1 + h) - (D_0 \rho - h^2 D_1) \right) \right);$$

$$Q_3' = -4(P_2 - 1)(P_2 D_0 + h^2 D_1 + 2h P_2 D_0);$$

$$Q_4' = \frac{1}{6} \left\{ \rho \mu [3h^2 + \rho(\rho + 4h)](2 - D_0) + h^2 [3\rho^2 + h(h + 4\rho)](2 - D_1) \right\};$$

$$\begin{aligned}
 Q_5' &= -\frac{1}{6}\{\rho^2\mu(2P_2(4D_0(1-D_0)+1)+(P_2-1)(4+D_0^2)) - \\
 &-h^4(2(4D_1^2-2D_1-1)-(P_2-1)D_1(2-D_1))+ \\
 &+6h^2(\rho\mu(4(P_2^2D_0+D_1)+(P_2-1)(2P_2(1-D_0)-P_2D_1(2-D_0)+D_1(1+D_0))) \\
 &+ \\
 &+\rho^2+1)+2P_2h[2\rho\mu((2+4D_0-D_0^2)+h^2(2P_2-P_2D_1+5D_1-D_1^2))+ \\
 &+\rho^2\mu^2((P_2-1)(4-3D_0)+2D_1(4-D_1))+2h^2D_0(4-D_1)]\}; \\
 Q_6' &= \frac{1}{3}\{\rho[-2D_0(1-3P_2+4D_0)+(P_2-1)(2+9D_0-3D_0^2)]+ \\
 &+h^4[4D_0(1-2D_1)+(P_2-1)D_1(3-D_1)]+ \\
 &+3h^2[(4P_2D_0(P_2(1+D_1)+D_1) \\
 &- (P_2-1)(2(P_2-1)D_1(1-D_0)-P_2(2-D_0-4D_0D_1)))]\rho\mu+ \\
 &+(4D_1(1+D_0+P_2D_0)-(P_2-1)(6D_0D_1(P_2-1)-6P_2D_0+D_1))]- \\
 &-4D_0(1+h^2(2P_2-1)(1-D_1)+P_2D_1+(1-D_1))\}; \\
 Q_7' &= \frac{2}{3}\{P_2D_0(4D_0-5(P_2-1)+h^4D_1(4D_1-(P_2-1))- \\
 &-3h^2[(8P_2D_0D_1-(P_2-1)((2P_2+1)D_0D_1-3P_2D_0+D_1(1-D_0))-3P_2D_0+D_1(1-D_0))]- \\
 &-4hP_2D_0[((P_2-1)+2D_1)+h^2(2(P_2-1)+(P_2+1)D_1)]\}.
 \end{aligned}
 \tag{1.8}$$

Так как первые четыре корня алгебраического уравнения (1.6)

$$\xi_1 = \xi_2 = \xi_3 = \xi_4 = 0,$$

а корней ξ_5 и ξ_6 мнимые [13, 14, 15, 16, 17].

Следовательно, общее решение однородного уравнения (1.3) равно

$$W_{od} = C_1 + C_2\xi + C_3\xi^2 + C_4\xi^3 + C_5 \cos\left(\sqrt{\frac{A_2}{A_1}}\xi\right) + C_6 \sin\left(\sqrt{\frac{A_2}{A_1}}\xi\right). \tag{1.9}$$

Аналогично, общее решение неоднородного уравнения (1.3) равно

$$W_0 = W_{od} + W_y,$$

где W_y – частное решение неоднородного уравнения и ищется в зависимости от вида функции внешнего воздействия [18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29].

Если правая часть уравнения (1.3) равна

$$F(\xi) = Q e^{-\alpha_0 \xi} \sin(\beta_0 \xi), \quad (1.10)$$

то частное решение уравнение (1.3) ищется в виде

$$W_q = e^{-\alpha_0 \xi} [A \sin(\beta_0 \xi) + B \cos(\beta_0 \xi)]. \quad (1.11)$$

Тогда, общее решение дифференциального уравнения (1.3) будет

$$W = C_1 + C_2 \xi + C_3 \xi^2 + C_4 \xi^3 + C_5 \cos \left(\sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \xi \right) + C_6 \sin \left(\sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \xi \right) + \frac{Q}{a^2 + b^2} e^{-\alpha_0 \xi} (a \sin(\beta_0 \xi) + b \cos(\beta_0 \xi)) \quad (1.12)$$

где

$$\begin{aligned} a &= A_1 \left((\alpha_0^2 - \beta_0^2)^3 - 12 \alpha_0^2 \beta_0^2 (\alpha_0^2 - \beta_0^2) \right) - A_2 (\alpha_0^4 - 6 \alpha_0^2 \beta_0^2 + \beta_0^4); \\ b &= 2 \alpha_0 \beta_0 (A_1 (3 \alpha_0^4 - 10 \alpha_0^2 \beta_0^2 + 3 \beta_0^4) + 2 A_2 (\alpha_0^2 - \beta_0^2)). \end{aligned} \quad (1.13)$$

Для определения постоянные C_j воспользуемся граничными условиями, для случая $V_0 > a_0$, которые имеют вид [30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42]:

$$W = 0; \quad \frac{\partial W}{\partial \xi} = 0; \quad \frac{\partial^2 W}{\partial \xi^2} = 0; \quad (\xi = 0); \quad (1.14)$$

$$|W|_\infty < \infty; \quad \left| \frac{\partial W}{\partial \xi} \right|_\infty < \infty; \quad \left| \frac{\partial^2 W}{\partial \xi^2} \right|_\infty < \infty. \quad (1.15)$$

Подставляя общее решение неоднородного дифференциального уравнения (9) в граничные условия (1.11), получим

$$\begin{aligned} C_1 + C_5 + \frac{Q b}{a^2 + b^2} = 0; \quad C_2 + C_6 \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} - \frac{Q}{a^2 + b^2} (\alpha_0 b - \beta_0 a) = 0; \\ 2 C_3 - C_5 \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} + \frac{Q}{a^2 + b^2} [(\alpha_0^2 - \beta_0^2) b - 2 a \alpha_0 \beta_0] = 0. \end{aligned} \quad (1.16)$$

Из условия ограниченности колебаний на бесконечности коэффициенты

$$C_2 = C_3 = C_4 = 0.$$

Таким образом решение задачи о колебаний бесконечно двухслойной пластинки при воздействии подвижной нагрузки имеет вид [43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55].

$$W = \frac{Q}{a^2 + b^2} \left\{ 2 \frac{A_1}{A_2} a \alpha_0 \beta_0 - b \left(\frac{A_1}{A_2} (\alpha_0^2 - \beta_0^2) + 1 \right) + \right. \\ \left. + \frac{A_1}{A_2} \left[(\alpha_0^2 - \beta_0^2) b - 2 a \alpha_0 \beta_0 \right] \left[\cos \left(\sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \xi \right) + \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} (\alpha_0 b - \beta_0 a) \sin \left(\sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \xi \right) \right] \right\} \quad (1.17)$$

Заклучения. Исследование колебаний кусочно-однородных пластин в точной трехмерной постановке позволяет без привлечения каких-либо гипотез выводить общее и основанные на них приближенные уравнения колебания таких пластин. А также получены формулы для определения перемещений и напряжений через искомые функций в любой точке двухслойной пластинки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хожиматов, А. А., & Мухаммадсаков, А. И. (2023). Общая характеристика коррозионно-активных сельскохозяйственных сред. *Scientific Impulse*, 1(8), 1014-1021.
2. Хожиматов А. Innovatsion kultuvak // Talqin va tadqiqotlar. – 2023. – Т. 1. – №. 20.
3. Хожиматов А. А. et al. Qishloq xojalik texnikalari metal qismlariga agressiv muhitning ta'siri // international conferences. – 2023. – Т. 1. – №. 2. – С. 496-503.
4. Хожиматов А. А., Мамажонов З. А. Mavsumiy qishloq xo'jalik texnikalarini ishlatish va saqlash shartlarining texnika sifatiga ta'siri // Educational Research in Universal Sciences. – 2023. – Т. 2. – №. 1. – С. 40-45.
5. Hozhimatov A. Analysis of destruction and protection of details of agricultural machinery // E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2023. – Т. 383. – С. 04064.
6. Беккулов Б. Р., Ибрагимжанов Б. С., Рахмонкулов Т. Б. ПЕРЕДВИЖНОЕ СУЩИЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЗЕРНИСТЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ // Современные тенденции развития аграрного комплекса. – 2016. – С. 1282-1284.
7. Ибрагимджанов Б. Х., РЕКОМЕНДАЦИЙ П. ВОССТАНОВЛЕНИИ ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ СПОСОБАМИ ПЛАЗМЕННОЙ НАПЛАВКИ И НАПЫЛЕНИЯ // JOURNAL OF INNOVATIONS IN SCIENTIFIC AND EDUCATIONAL RESEARCH. – 2023. – Т. 2. – №. 16. – С. 184-193.
8. Беккулов Б. Р., Ибрагимжанов Б. С., Тожибоев Б. М. Дон куритишининг замонавий курилмалари // Инновацион ривожланиш муаммолари: ишлаб чиққариш, таълим, илм-фан Вазирлик микёсидаги илмий-техникавий анжуман материаллари туплами.- Андижон: АндМИ. – 2017. – С. 381-385.

9. Ибрагимджанов Б. Х. и др. РОТОР ПЛАСТИКАЛАР ҲАРАКАТИНИ БАҲҚАРОРЛАШТИРИШ //ТА'ЛИМ ВА RIVOJLANISH TAHLILI ONLAYN ILMIY JURNALI. – 2023. – Т. 3. – №. 4. – С. 323-331.
10. Ибрагимжонов Б. Х., Иминов Б. И., ўғли Зулфиқоров Д. Р. УЗУМБОҒЛАР УЧУН КЎЧМА МЕХАНИК НАРВОНИГА ТАЪСИР ЭТУВЧИ КУЧЛАР ТАХЛИЛИ //Educational Research in Universal Sciences. – 2023. – Т. 2. – №. 2. – С. 473-480.
11. YO'LDASHEV B., MUKHRIDDIN S. Experimental Assessment of Parameters Influencing Crack Development in Concrete Structures //Science Promotion. – 2023. – Т. 1. – №. 1. – С. 1-5.
12. Kiliánová K., Kočková P., Kostolányová K. BREAKING BOUNDARIES IN EDUCATION: THE AI (R) EVOLUTION IN THE WORLD OF GRAPHIC DESIGN //ICERI2024 Proceedings. – IATED, 2024. – С. 9286-9292.
13. Mamasalievna M. G. Enhancing Engineering Computer Graphics Education: A Focus on AutoCAD Program for Student Learning //Texas Journal of Engineering and Technology. – 2024. – Т. 30. – С. 26-28.
14. Satvoldievna U. D. CURRENT ISSUES OF TRAINING UNDER THE CREDIT-MODULAR SYSTEM //European Journal of Emerging Technology and Discoveries. – 2024. – Т. 2. – №. 4. – С. 119-124.
15. Solijonov K. et al. First record of *Hemiclepsis marginata* (OF Müller, 1773)(Hirudinida: Glossiphoniidae) from the Ferghana Valley, Uzbekistan //Ecologica Montenegrina. – 2024. – Т. 75. – С. 74-84
16. Dilfuza U. et al. OILAVIY POLKLINIKALAR HAMSHIRALARINING ISH JARAYONLARINI AVTOMATLASHTIRISH VA IDENTIFIKATSIYALASH //FAN, JAMIYAT VA INNOVATSIYALAR. – 2024. – Т. 1. – №. 7. – С. 46-49.
17. Umarova D. GRAFIK FANLARNI O'RGANISHDA KOMPYUTER DASTURLARINI O'QUV JARAYONIGA TATBIQ ETISH MUAMMOLARI //Conference on Digital Innovation: "Modern Problems and Solutions". – 2023.
18. Umarova D. S. Possibilities of the AutoCAD Program in Creating Electronic Textbooks for the Course "Engineering and Computer Graphics" //Texas Journal of Engineering and Technology. – 2023. – Т. 21. – С. 50-53.
19. Умарова Д. С. ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ГРАФИЧЕСКИХ РАБОТ //Universum: технические науки. – 2021. – №. 11-1 (92). – С. 38-40
20. UMAROVA, D. (2022). *Formation of creative creativity skills among students.* «НАУКА И ИННОВАЦИИ, ОБРАЗОВАНИЕ И ПЕДАГОГИКА: ВЫЗОВЫ ВРЕМЕНИ И КРЕАТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ».
21. UMAROVA, D. (2023). *BASIC DUTIES OF DIGITAL PRODUCTION.*
URL: <https://scienceweb.uz/publication/15891>
22. Джалилов М. Л., Хаджиева С. С., Иброхимова М. М. Общий анализ уравнения поперечного колебания двухслойной однородной вязкоупругой пластинки //International Journal of Student Research. – 2019. – №. 3. – С. 111-117.

23. Джалилов, М. Л., Хаджиева, С. С., & Алижонова, Х. (2024). КОЛЕБАНИЯ КУСОЧНО-ОДНОРОДНЫХ ДВУХСЛОЙНЫХ ПЛАСТИН. *Новости образования: исследование в XXI веке*, 2(20), 248-254.
24. Каюмов У. А., Хаджиева С. С. НЕКОТОРЫЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ ПОРОШКОВЫХ СПЛАВОВ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ СПОСОБАМИ ПЛАЗМЕННОЙ НАПЛАВКИ И НАПЫЛЕНИЯ //The 4th International scientific and practical conference “Science and education: problems, prospects and innovations”(December 29-31, 2020) CPN Publishing Group, Kyoto, Japan. 2020. 808 p. – 2020. – С. 330.
25. Khadjieva S. S. VIBRATIONS OF PIECE-HOMOGENEOUS PLATES //Educational Research in Universal Sciences. – 2023. – Т. 2. – №. 2. – С. 488-496.
26. Хаджиева С. С. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ ВАЛОВ В МАШИНОСТРОЕНИИ //Научный Фокус. – 2023. – Т. 1. – №. 7. – С. 446-453.
27. Хаджиева С. С. СОВРЕМЕННЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ //Научный Фокус. – 2023. – Т. 1. – №. 1. – С. 1574-1580.
28. Хаджиева С. С., Алижонова Х. ВИДЫ ДЕФОРМАЦИЙ И ПРОЦЕСС ОБУЧЕНИЯ ИМ СТУДЕНТОВ //Новости образования: исследование в XXI веке. – 2023. – Т. 2. – №. 13. – С. 354-356.
29. АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЗУБЬЕВ ЭКСКАВАТОРОВ 3.Д. Рустамджон сын // ТВОРЧЕСКИЙ ЛЕКТОР. - 2023. - Т. 3. – нет. 34. - С. 179-182.
30. Ибрагимджонов Б. Х. , Иминов Б. Я. , сынок Зульфикаров Д. Р. ВИНОГРАДНИКИ ДЛЯ МОБИЛЬНЫЙ МЕХАНИК К ЛЕСТНИЦЕ ВЛИЯНИЕ ПЕРЕДАТЧИК ПОЛНОМОЧИЯ АНАЛИЗ //Образовательные исследования в области универсальных наук. - 2023. - Т. 2. – нет. 2. - С. 473-480.
31. Кадыров З., Зульфиков Д. ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ЗАПАРИВАНИЯ ПЕТУХА НА КАЧЕСТВО ШЕЛКА-СЫРЦА //Евразийский журнал академических исследований. - 2023. - Т. 3. – нет. 1 Часть 3. – С. 159-165.
32. Мамаджонов З. А., сын Зульфиков Д. Р. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ МОРКОВИ НА РЕЖУЩУЮ КРОМКУ // МЕЖДУНАРОДНЫЙ КОНФЕРЕНЦИИ . - 2023. - Т. 1. – нет. 2. - С. 476-481.
33. Хашимов Х.Х. и др. НА ОСНОВЕ РАБОТЫ ИСПОЛЪЗУЕМЫХ В НАШЕЙ РЕСПУБЛИКЕ ЭКСКАВАТОРОВ ПРОТИВ АБРАЗИВНОГО ПОЕДА ЗУБОВ СВИНЕЙ //Учебные исследования в области универсальных наук. - 2023. - Т. 2. – нет. 1 СПЕЦ. - С. 386-391.
34. Мамаджонов З.А. и др. АНАЛИЗ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МЕТОДОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЗУБЬЕВ ЭКСКАВАТОРОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В НАШЕЙ РЕСПУБЛИКЕ //МЕЖДУНАРОДНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ. - 2023. - Т. 1. – нет. 2. - С. 482-487.

35. Рустамджон огле З.Д. МЕТОДИКА МОДЕЛИРОВАНИЯ ПЕРВИЧНОЙ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ ЗУБЬЕВ ЛОЖКИ ЭКСКАВАТОРА // Новости Образование : исследование в XXI веке . - 2024. - Т. 2. – нет. 20. - С. 255-262.
36. Жуманиязов К., Мардонов Б., Эркинов З., Парпиев Х. Определения закона движения шарика, регулирующего равномерное распределение крутки вдоль пряжи / Изв.ВУЗов. Технология легкой промышленности. – Санкт Петербург, 2016. -№3. С. 27-30.
37. Эркинов З., Парпиев Х., Мелибоев У., Азизов И. Устройство для кручения пряжи / Перспективные изобретения и полезные модели Республики Узбекистан. -ПВРУз. 2011г. -№2. С. 196-197.
38. Yusupova, R. K. (2023). Advantages and disadvantages of compact yarn devices on spinning machines. *Educational Research in Universal Sciences*, 2(2), 458-466.
39. Рузматов, Ш., Юсупова, Р. К. (2024). ДАЛЬНЕЙШЕЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА КРУЧЕНОЙ НИТИ. *Новости образования: исследование в XXI веке*, 2(20), 292-299.
40. Юсупова, Р. К. (2023). СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА КРУЧЕНОЙ НИТИ. *Научный Фокус*, 1(7), 507-516.
41. Юсупова, Р. К. (2023). УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УСТРОЙСТВА КРУТИЛЬНОЙ МАШИНЫ. *JOURNAL OF INNOVATIONS IN SCIENTIFIC AND EDUCATIONAL RESEARCH*, 6(3), 163-171.
42. Rano Y., Asadillo U., Go'Zaloy M. HEAT-CONDUCTING PROPERTIES OF POLYMERIC MATERIALS // *Universum: технические науки*. – 2021. – №. 2-4 (83). – С. 29-31.
43. Эрматов К. М. Обоснование параметров приспособления к хлопковой сеялке для укладки фоторазрушаемой пленки на посевах хлопчатника. Автореф. канд. дисс. Янгиюль, 1990. – 1990.
44. Эрматов К. М. Вращающий момент бобины с пленкой // *Высшая школа*. – 2017. – №. 1. – С. 117-118.
45. Шакиров Б.М., Абдухалилов О.А. Ё., Сирочов А.М. Ё. НАСОС СТАНЦИЯЛАРНИНГ СУВ ОЛИБ КЕЛУВЧИ КАНАЛИНИНГ ГИДРАВЛИК ҲИСОБИНИ БАЖАРИШ ВА ЧЎКИНДИЛАР БИЛАН КУРАШИШ (УЛУҒНОР НАСОС СТАНЦИЯСИ МИСОЛИДА) // *Academic research in educational sciences*. – 2022. – Т. 3. – №. 7. – С. 183-189.
46. Шакиров, Б., Эрматов, К., Абдухалилов О., & Шакиров, Б. (2023). ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ПО ИССЛЕДОВАНИЮ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ НАКАВИТАЦИОННЫЙ И ГИДРОАБРАЗИВНЫЙ ИЗНОС. *Scientific Impulse*, 1(5), 1737–1742. Retrieved from <http://nauchniyimpuls.ru/index.php/ni/article/view/3297>.
47. Kobuljon Mo'minovich, E. ., Bobur Mirzo, S. ., & Oltinoy, Q. . (2023). BOMBA KALORIMETR ISHLASH JARAYONI VA XISOBI. *Scientific Impulse*, 1(5), 1800–1804. Retrieved from <http://nauchniyimpuls.ru/index.php/ni/article/view/3320>.

48. Шакиров Б. М. и др. КОНСТРУКТИВНЫЕ РАЗРАБОТКИ ПО СНИЖЕНИЮ ИНТЕНСИВНОСТИ ИЗНОСА ДЕТАЛЕЙ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ //Educational Research in Universal Sciences. – 2023. – Т. 2. – №. 1. – С. 18-22.
49. o‘g‘li Shakirov B. M. B., qizi Shokirova N. M. THE CONCEPT OF “FAMILY” IN PHRASEOLOGY //Educational Research in Universal Sciences. – 2023. – Т. 2. – №. 1 SPECIAL. – С. 497-500.
50. Qayumov U. A., Qosimov K. Z. IKKI QAVATLI PNEVMATIK QURITISH USKUNASI MISOLIDA MAYIZ TAYYORLASH UCHUN UZUMNING URUG ‘SIZ NAVLARINI ZAMONAVIY USKUNALARIDA QURITISH TEXNOLOGIYASI TAHLILI //Евразийский журнал академических исследований. – 2023. – Т. 3. – №. 9. – С. 20-23.
51. Qosimov K., Bekkulov B., Qayumov U. DEVELOPMENT OF A MODERN PNEUMATIC DRYER AND PROSPECTS FOR ITS SOLAR-TYPE WORKING PRINCIPLE //JOURNAL OF INNOVATIONS IN SCIENTIFIC AND EDUCATIONAL RESEARCH. – 2023. – Т. 6. – №. 3. – С. 200-205.
52. Qayumov U. PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF A MODERN PNEUMATIC DRYER OF SOLAR RADIATION TYPE AND THE PRINCIPLE OF ITS OPERATION //Open Access Repository. – 2022. – Т. 8. – №. 7. – С. 107-109.
53. Беккулов Б. Р., Атабаев К., Рахмонкулов Т. Б. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА ШАЛЫ В СУШИЛЬНОМ БАРАБАНЕ //Бюллетень науки и практики. – 2022. – Т. 8. – №. 7. – С. 377-381.
54. Атабаев К., Мусабаев Б. М. ЗАДАЧА О РАСПРОСТРАНЕНИИ ВОЛН В БЛИЗИ РАСШИРЯЮЩЕЙСЯ ПОЛОСТИ ПРИ КАМУФЛЕТНОМ ВЗРЫВЕ //Научно-практические пути повышения экологической устойчивости и социально-экономическое обеспечение сельскохозяйственного производства. – 2017. – С. 1150-1153.
55. Беккулов Б. Р., Собиров Х. А., Рахманкулов Т. Б. РАЗРАБОТКА И ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ МОБИЛЬНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ СУШКИ ШАЛА //Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы. – 2020. – С. 429-438.