

АНОТАЦІЯ

Стефанишин А.Б. Прогнозування та підвищення ресурсу насосних штанг з експлуатаційними пошкодженнями. - Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 133 - Галузеве машинобудування – Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Івано-Франківськ, 2020.

Дисертація присвячена удосконаленню працездатності насосних штанг з експлуатаційними пошкодженнями, що базується на використанні ефективного технологічного процесу в процесі їх ремонту, який забезпечує надійність насосних штанг та їх довговічність в процесі подальшої експлуатації.

Мета дослідження - підвищення працездатності насосних штанг з експлуатаційними пошкодженнями з використанням ефективного технологічного процесу в процесі їх ремонту.

Для досягнення поставленої мети було визначено такі необхідні завдання:

1 Проаналізувати причини виникнення дефектів у насосних штангах, методи їх контролю та сучасні методи їх попередження.

2 Дослідити ріст коротких тріщин втоми в насосних штангах, методи їх вирощування та гальмування за допомогою розроблених методів.

3 Визначити характеристики втоми насосних штанг з короткими тріщинами після використання захисного покриття.

4 Вдосконалити метод прогнозування довговічності насосних штанг з експлуатаційними пошкодженнями та побудувати діаграму їх втомної міцності.

5 Визначити ефективний технологічний процес ремонту насосних штанг, який забезпечував би їх надійність та довговічність в процесі подальшої експлуатації.

Об'єктом дослідження є процес гальмування росту тріщин насосних штанг під час механізованого способу видобутку нафти з використанням

штангових свердловинних насосних установок, що сповільнює розвиток коротких тріщин, які призводять до зміни технічного стану установки та аварійних ситуацій.

Предмет дослідження: методи гальмування тріщин бандажуванням та нанесенням поліуретанових покриттів на поверхню насосних штанг з експлуатаційними пошкодженнями.

Для вирішення поставлених задач використані методи теорії надійності, методи математичної статистики, методи спектрального та кореляційного аналізу, методи технічної діагностики, комплексне застосування математичного, фізичного, та комп'ютерного моделювання об'єктів дослідження для підтвердження адекватності отриманих результатів. Для підтвердження адекватності отриманих результатів на лабораторних установках застосовано експериментальні методи.

Проведено аналіз причин виникнення і методів контролю пошкоджень та дефектів в насосних штангах та закономірності росту коротких тріщин втомних сталей.

Визначено підходи лінійної механіки руйнування, що широко використовують для оцінювання опору росту втомних тріщин, а також викладено обґрунтування доцільності використання теоретичних і експериментальних методів на різних етапах досліджень. Проаналізовано методику вирощування і гальмування росту коротких тріщин.

Проведено оцінювання ефективності нанесення розробленого модифікованого поліуретанового покриття насосних штанг згідно з технічними умовами з огляду гальмування росту коротких втомних тріщин. Таким чином, під дією циклічного навантаження насосних штанг, поверхневі короткі тріщини будуть внаслідок навантаження від внутрішнього тиску розкриватись і перший шар покриття заповнить порожнину тріщини, а після затвердіння будуть виконувати роль клина. Це за циклічного навантаження зменшує циклічну деформацію сталі в околі вершини тріщини, що призводить до підвищення опору поширенню втомної тріщини та її гальмуванню. Нанесене на зразок

покриття додатково створює протизносний ефект, оскільки має добавки та високу адгезію до поверхні сталі, що збільшує захисні властивості покриття.

Визначено прогнозування насосних штанг за умови зміцнювального ефекту розробленого покриття у випадку підвищеної асиметрії навантаження.

Обґрунтовано та визначено фізико-механічні властивості різних захисних покриттів. Визначено, що металеве покриття відрізняється високою корозійною стійкістю і низькою питомою масою.

Запропоновано методику покриття насосної штанги та визначено фізико-механічні властивості даного покриття, яке являє собою конструкцію на основі модифікованого поліуретану.

На основі проведених випробувань ремонтних гібридних та сталевих насосних штанг побудовані повні діаграми втомного руйнування з імовірнісною оцінкою $P(N)$ довговічності насосних штанг, за допомогою яких можна прогнозувати їх ресурс. Побудовано на основі отриманих результатів діаграми втомної міцності гібридних насосних штанг в порівнянні із склопластиковими насосними штангами при циклічному згині. За допомогою комп'ютерної програми і розроблених методик можна прогнозувати ресурс сталевих, склопластикових і гібридних насосних штанг та визначити періодичність проведення їх дефектоскопії. Це дозволить раціонально використовувати насосні штанги та скоротити аварійність в процесі експлуатації свердловин.

Пропонується використання в процесі ремонту штанг технології їх зміцнення шляхом нанесення захисного модифікованого поліуретанового покриття. Описана технологія дасть можливість збільшити ресурс відремонтованої насосної штанги та повторно використовувати для експлуатації в свердловині. Також пропонується використання комбінованого покриття для захисту насосних штанг від корозії, корозійної втоми, зносостійкості.

Дістала подальший розвиток оцінка розрахунку довговічності штанги за допомогою програми MathCAD та розрахунку критичної довжини тріщини з

врахуванням дотичних напружень, а також розрахунок залишкового ресурсу насосної штанги з врахуванням дотичних напружень залежно від величини крутного моменту. Визначено критичну глибину тріщини та довговічність штанги за допомогою програми *MathCADi* з врахуванням дотичних напружень та побудована графічна залежність довговічності штанги в залежності від критичної глибини тріщини при збільшенні величини крутного моменту від 50 до 250 Нм.

Вирішено одну з головних проблем – оцінку граничного стану елементів конструкції, зокрема насосних штанг, які схильні до одночасного впливу циклічних і статичних навантажень, а також асиметричного навантаження.

Запропоновано відновлення технічних характеристик насосних штанг методом знімання верхнього шару металу шляхом проточування, тобто знімання коротких тріщин, які утворилися в процесі експлуатації штанги. На основі результатів випробувань нових і відпрацьованих насосних штанг можна зробити висновок, що нанесення на поверхню штанги поліуретанового покриття збільшує її довговічність в декілька разів. Зміцнення нових та відпрацьованих насосних штанг, дозволяє підвищити довговічність перших і продовжити час роботи відпрацьованих штанг, які експлуатувалися в агресивних середовищах нафтових свердловин. Це дозволить скоротити витрату насосних штанг, що вводяться в експлуатацію. В запропонованому способі вирішується завдання ремонту штанги і максимального використання ресурсу нафтового прокату, повернення у роботу значної частини відбракованих штанг. Також вирішується завдання відновлення технічних характеристик насосної штанги, тобто усунення пошкоджень, які виникають на поверхні штанги в процесі експлуатації, а також зміцнення штанги поверхневим наклепом. Результати експериментів свідчать, що запропонований метод відновлення штанг забезпечує зростання обмеженої границі витривалості зразків згідно запропонованої технології відновлення штанг в 3-4 рази. У результаті чого в поверхневому шарі насосної штанги утворюються залишкові

напруження стиску, які добре впливають на її втомну міцність, а в центральній частині штанги виникають залишкові напруження розтягу.

За результатами аналітичних та експериментальних досліджень вдосконалено конструкції з'єднань склопластикових насосних штанг із сталеву головою. Таке з'єднання має достатні характеристики міцності та може використовуватися в свердловинах глибиною до 2500м.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в тому, що вперше:

- запропонована та впроваджена у виробництво технологія відновлення насосних штанг, що полягає в усуненні пошкоджень поверхні, які виникають на поверхні штанги в процесі експлуатації (тріщини, потертості, нерівномірне зношування штанги по діаметрі, пошкодження внаслідок корозії), методом проточування, та використання поверхневого наклепу, що дає можливість підвищити втомну міцність штанги та інші її механічні характеристики, а також повернути значну частину відпрацьованих штанг в експлуатацію.

- проведено оцінку впливу напружень кручення при складному напруженому стані штангової колони, шляхом оцінки цього виду навантаження на ріст втомної тріщини, що дає змогу прогнозувати ресурс при обертанні насосних штанг обертачем та визначити періодичність проведення їх дефектоскопії, що забезпечить безаварійну роботу свердловини.

- отримані результати значень при дії різних напружень згину відновлених ремонтних штанг згідно розробленої технології, через проведені випробування та відповідні розрахунки, що дало можливість визначити межу корозійної втоми для різних діаметрів насосних штанг.

- отримали подальший розвиток перспективи відновлення гібридних насосних штанг з тріщинами, що полягає в накладанні бандажів із скловолокна (скловолокно довжиною 50 см та шириною 10 см накладати в місці виникнення тріщин по контуру штанги в 6 шарів) та епоксидної смоли, що дає можливість подовжити їх ресурс на 15-20% при видобуванні нафти з глибоких свердловин.

Практичне значення одержаних результатів.

1. Розроблено та впроваджено у виробництво технологію відновлення насосних штанг, що вирішує завдання ремонту штанги і максимального використання ресурсу нафтового прокату, повернення в роботу значної частини відбракованих штанг та дає великі техніко-економічні переваги в порівнянні з відомими способами відновлення насосних штанг.

2. За допомогою розробленої методики і комп'ютерної програми *MathCAD* та отриманих результатів досліджень можна прогнозувати ресурс насосних штанг та визначати періодичність проведення їх дефектоскопії, що забезпечить раціональне використання насосної штанги та зменшить аварійність при експлуатації свердловин.

3. Розроблене композитне покриття насосних штанг виконує не тільки функцію протикорозійного захисту, але і механічно зміцнює поверхню насосної штанги створенням залишкових напружень стиску.

4. Результати досліджень втомної міцності при згині гібридних насосних штанг представляють практичний інтерес для оцінювання запасів міцності штангових колон і можуть ефективно використовуватися для прогнозування їх ресурсу за багатоциклової втоми.

Ключові слова: насосна штанга, гібридна насосна штанга, склопластик, вуглепластик, напружено-деформований стан, напруження згину, напруження кручення, втомна довговічність, тріщини, полімерні композиційні матеріали, поліуретан, бандаж.

ABSTRACT

Stefanyshyn A.B. Prediction and increasing of sucker rods life with operational damage. - Qualifying scientific work on manuscript rights.

The dissertation on competition of a scientific degree of the doctor of philosophy for specialty 133 - Industrial Engineering - Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, 2020. The dissertation is

devoted to improving the efficiency of sucker rods operational damage based on the use of effective technological process in the process of their repair, which provides their reliability and durability in the process of further operation.

The purpose of the study is to increase the efficiency of sucker rods operational damage using effective technological process in the process of their repair.

To achieve this goal, the following necessary tasks were identified:

1 Analyze the causes of defects in the sucker rods, methods of their control and modern methods of their prevention.

2 Investigate the growth of short cracks of fatigue in the sucker rods, their methods cultivation and inhibition using the developed methods.

3 Determine the fatigue characteristics of the sucker rods with short cracks after use of a protective covering.

4 Improve the method of predicting the durability of sucker rods with operational damage and build a full diagram of their fatigue strength.

5 To determine the effective technological process of sucker rods repair, which would ensure their reliability and durability in the future operation.

The object of research is the process of inhibiting the growth of sucker rod cracks during the mechanized method of oil production using rod downhole pumping units, which slows down development of short cracks that lead to changes in the technical condition of the installation and emergency situations.

Subject of research: methods of preventing cracks development by bandaging and by applying polyurethane coatings on the surface of the sucker rods with operational damage.

To solve the problems next methods were used: reliability theory, methods of mathematical statistics, methods of spectral and correlation analysis, methods of technical diagnostics, complex application of physical, mathematical and computer modeling of research objects for confirmation of the adequacy of the obtained results. To confirm the adequacy of the results obtained in laboratory facilities the experimental methods were applied.

An analysis of the causes and methods of damage control and defects in the sucker rods and patterns of growth of short cracks fatigue in steels was realized. The approaches of linear fracture mechanics, which are widespread, are determined used to assess the resistance to fatigue crack growth as well the expediency of using experimental and theoretical ones is substantiated methods at different stages of research. The method of cultivation and inhibition of growth of short cracks was proposed. The evaluation of the effectiveness of application of the developed modified polyurethane coating of sucker rods according to technical conditions in view of inhibiting the growth of short fatigue cracks was made.

Thus, under the action of cyclic loading of sucker rods, surface short cracks will be due to the load from the internal pressure open and the first layer of coating will fill the cavity of the crack, and then curing will act as a wedge. This is under cyclic loading reduces the cyclic deformation of steel near the crack tip, which leads to increase resistance to the spread of fatigue crack and its inhibition.

The coating applied to the sample additionally creates an antiwear effect, because it has additives and high adhesion to the surface of the magnifying steel protective properties of the coating. Prediction of sucker rods life under the condition of reinforcing is determined by the effect of the developed coating in the case of increased load asymmetry.

The physical and mechanical properties of various protective properties are substantiated and determined coatings. It is determined that the metal-polymer coating has high corrosion resistance and low specific gravity. The method of covering the sucker rod is proposed and the physical mechanical properties of this coating, which is a structure on base of modified polyurethane.

Based on tests of repair steel and hybrid sucker rods complete diagrams of fatigue failure of sucker rods were constructed with probabilistic estimate $P(N)$ of their durability, which allow realizing the forecasting of their resource. According to the results of obtained fatigue strength diagrams of hybrid sucker rods with cyclic bending in comparable to fiberglass sucker rods were built. By using the developed techniques and computer program we can predict the resource sucker rods as steel,

fiberglass and hybrid and justify the frequency of their defectoscopy, which will allow rationally use sucker rods and significantly reduce the accident rate during production oil from wells.

It is offered to use them in the process of rods repairing the strengthening by applying protective modified polyurethane.

The described technology will increase the resource of the repaired sucker rods in the course of their further operation. Also it is proposed to use a combined coating to protect the sucker rods from corrosion, corrosion fatigue, wear resistance.

The estimation of calculation of critical length received the further development crack and durability of sucker rods using MathCAD with taking into account the tangential stresses, as well as the calculation of the residual resource of sucker rod, taking into account the tangential stresses depending on the value of torque applied. The critical crack depth and durability of sucker rods were determined using MathCAD program and taking into account the tangents stresses and a graphical dependence of the durability of the rod from critical crack depth when changing the torque from 50 to 250 N·m was constructed.

Solved one of the main problems - the assessment of the limit state of the elements structures, in particular sucker rods, subject to simultaneous impact static and cyclic loads, especially asymmetric loads.

Restoration of technical characteristics of sucker rods is offered by the method of removing the top layer of metal by turning, i.e. by elimination of existing short cracks formed during operation. On base of the analysis of test results of new and used in wells sucker rods can be concluded that the application of polyurethane coating increases the durability of the rods several times.

Thus, the strengthening of new and sucker rods that were in operation, allows you to significantly increase the durability of the first and extend the operating time rods that have worked for some time in aggressive environments in petroleum wells. This, in turn, will reduce the consumption of rods put into operation. In the proposed method the problem of repair of a sucker rod is solved and the maximum use of a resource of sucker rods, return to work of a significant part of the rejected rods. Also

the task of restoring the technical characteristics of the sucker rod is solved, that is, the elimination of damage that occurs on the surface of the rods in the process of operation, and also strengthening of a sucker rod by a superficial slander. Results experiments show that the proposed method of restoring the rods provides an increase in the limited endurance limit of the samples according to the proposed technology of restoration of rods in 3-4 times. As a result of the surface layer of the products are formed residual compressive stresses that have a good effect on its fatigue strength, and in the central part of the product - residual tensile stresses.

According to the results of analytical and experimental studies the design of connections of fiberglass sucker rods for the purpose is improved increasing the efficiency of their operation. Connection of fiberglass rod with a steel head that has sufficient characteristics of strength and fatigue resistance for use in wells up to 2500 m deep was created.

The scientific novelty of the obtained results is that for the first time:

- proposed and introduced into production the recovery technology of sucker rods, which is to eliminate surface damage that occurs on the surface of the rod during operation (cracks, abrasions, uneven wear of a rod on diameter, damage owing to corrosion), a method machining, and the use of surface slander, which makes it possible to increase the fatigue strength of the rod and its other mechanical characteristics, as well as return a significant part of the used rods to operation.

- the influence of torsional stresses at complex loading of sucker rods is estimated at the stress state of the rod column, by assessing this type of load on the growth of the fatigue crack, which allows you to predict the resource during rotation of sucker rods rotator and determine the frequency of them defectoscopy, which will ensure trouble-free operation of the well.

- obtained results of values under the action of different bending stresses on the restored repair rods according to the developed technology, due to the conducted tests and appropriate calculations, which made it possible to determine the limit of corrosion fatigue for different diameters of sucker rods.

- received further development of the hybrid recovery sucker rods with cracks, which consists in the imposition of fiberglass bandages (l = 50cm, B = 10cm - 6 layers along the contour of the rod at the place of cracks) and epoxy resin, which makes it possible to extend their life by 15-20% when production of oil from deep wells is applied.

The practical significance of the obtained results.

1. Restoration technology is developed and introduced into production sucker rods, which solves the problem of repairing the rod and the maximum use of sucker rods stock, return to work of a significant part rejected rods and gives great technical and economic advantages over known methods of restoring sucker rods.

2. Using the developed methodology and computer program MathCAD and the obtained research results can be predicted resource sucker rods and justify the frequency of their defectoscopy that will allow to use rods rationally and to reduce accident rate considerably in the production of oil from wells.

3. The developed composite covering of sucker rods carries out not only for corrosion protection function, but also for mechanically strengthens the sucker rod surface by creating residual compressive stresses.

4. The results of studies of fatigue strength in bending of hybrid pumps rods are of practical interest for assessing strength reserves rod columns and can be used to predict their life by multicycle fatigue.

Key words: sucker rod, hybrid sucker rod, fiberglass, carbon fiber, stress-strain state, bending stress, stress torsion, fatigue life, cracks, polymer composite materials, polyurethane, bandage.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Наукові праці, в яких опубліковано основні наукові результати

1 Копей Б.В., Стефанишин О.І., Стефанишин А.Б., Підвищення ефективності нафтогазопромислового обладнання: **Монографія**. Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2019. 375с.

2 B.V. Kopei, A.B.Stefanyshyn, and T.P. Venhrynyuk. Fatigue strength of hybrid pump rods. Material Science. Vol. 54. No. 5 March 2019. P. 739-742. <https://doi.org/10.1007/s11003-019-00240-z> (індексується в базі Scopus).

3 A.B.Stefanyshyn. Restoration of hybrid sucker rods technical characteristics. Modern engineering and innovative technologies. Issue №11, Part 1, March 2020. P. 22-26. (індексується в базі Index Copernicus).

4 Б. В. Копей, А. Б. Стефанишин, Т. П. Венгриянюк. Втомна міцність гібридних насосних штанг. Фізико-хімічна механіка матеріалів. 2018. № 4. С.117-122. <https://rdcu.be/bLN7y> (індексується в базі Scopus).

5 Копей Б.В., Копей В.Б., Мартинець О.Р., Стефанишин О.І., Стефанишин А.Б. Використання «дерева відмов» як методу структурного аналізу штангової насосної установки. Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ. 2013. № 2 (47). С.62-71 (наукове фахове видання України).

6 Копей Б.В., Стефанишин О.І., Мартинець О.Р., Стефанишин А.Б. Використання поліуретанових покриттів в процесі ремонту насосних штанг. Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу. 2013. № 1(34). С.120-125 (наукове фахове видання України).

7 Копей Б.В., Мартинець О.Р., Стефанишин А.Б. Склад і властивості асфальтосмолистих речовин. Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ. 2014. № 2 (51). С.45-50 (наукове фахове видання України).

8 Копей Б.В., Стефанишин А.Б., Рачкевич І.О. Розрахунок залишкового ресурсу насосної штанги. Розвідка і розробка нафтогазових родовищ. 2017. №3(64) . С.50-56 (наукове фахове видання України).

9 Копей Б.В., Юй Шуанжуй, Стефанишин А.Б. Перспективи застосування вуглепластикових та гібридних насосних штанг. Розвідка і розробка нафтогазових родовищ. 2017. №4(65). С.20-25.(наукове фахове видання України).

10 Копей Б.В., Юй Шуанжуй, Стефанишин А.Б. Аналіз ефективності склопластикових, вуглепластикових та гібридних насосних штанг. Нафтогазова енергетика. 2017. № 2(28). С.27-30 (наукове фахове видання України).

Опубліковані праці апробаційного характеру

11 Копей Б.В., Мартинець О.Р., Овецький С. О., Стефанишин А.Б. Технологічні процеси та технічні засоби ремонту насосних штанг. *Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании 2013*: Матеріали міжнародної науково-практичної конференції (Одеса, 18-29 июня 2013). Одеса: Куприенко, 2013. Выпуск 2, том 7. С.78-84. **(індексується в базі Index Copernicus).**

12 Копей Б.В., Стефанишин А.Б., Стефанишин О. І. Вдосконалення технології ремонту насосних штанг. *Інноваційні технології буріння свердловин, видобування нафти і газу та підготовки фахівців нафтогазової галузі: Тези доповідей науково-технічної конференції* (Івано-Франківськ, 3-6 жовтня 2012). Івано-Франківськ: Ів.-Фр. нац. техн. ун-т нафти і газу, 2012. С.118-220.

13 Копей Б.В., Стефанишин А.Б., Мартинець О.Р. Аналіз методів відновлення відбракованих насосних штанг. *Техніка і прогресивні технології у нафтогазовій інженерії – 2012*: Тези доповідей міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів (Івано-Франківськ, 5-7 листопада 2012). Івано-Франківськ: Ів.-Фр. нац. техн. ун-т нафти і газу, 2018. С.130 – 132.

14 Копей Б.В., Стефанишин А.Б., Стефанишин О. І., Онищук О.О. Вдосконалення технології ремонту насосних штанг. *Інноваційний потенціал української науки – XXI сторіччя*: Матеріали доповідей учасників сімнадцятої Всеукраїнської науково-практичної конференції (Запоріжжя, 22-26 жовтня 2012). Запоріжжя: Видавництво ПГА , 2012. С. 124-134.

15 Копей Б.В., Мартинець О.Р., Стефанишин А.Б. Аналіз способів ремонту насосних штанг. *Нафтогазова енергетика – 2013*: Тези доповідей Міжнародної науково-технічної конференції (Івано-Франківськ, 7-11 жовтня 2013). Івано-Франківськ: Ів.-Фр. нац. техн. ун-т нафти і газу, 2013. С. 134-136.

16 Копей Б.В., Стефанишин А.Б. Аналіз критеріїв Гудмана, Зодерберга і Гербера та розрахунок втомної міцності насосних штанг. *Нафта і газ. Наука-освіта-виробництво: шляхи інтеграції та інноваційного розвитку*: Матеріали

Всеукраїнської науково-технічної конференції (Дрогобич, 02-03 березня 2017). Дрогобич. С. 65-68.

17 Копей Б.В., Стефанишин А.Б., Стефанишин О.І. Відновлення технічних характеристик насосних штанг з експлуатаційними дефектами. *Нафтогазова енергетика 2017*: Матеріали VI Міжнародної науково-технічної конференції до 50-річчя ІФНТУНГ (Івано-Франківськ, 15-19 травня 2017). Івано-Франківськ: Ів.-Фр. нац. техн. ун-т нафти і газу, 2017. С.135-136.

18 Копей Б.В., Юй Шуанжуй, Стефанишин А.Б. Втомна міцність гібридних насосних штанг при циклічному розтязі та згині. *Нафтогазова енергетика 2017*: Матеріали VI Міжнародної науково-технічної конференції до 50-річчя ІФНТУНГ (Івано-Франківськ, 15-19 травня 2017). Івано-Франківськ: Ів.-Фр. нац. техн. ун-т нафти і газу, 2017. С. 121-122.

19 Копей Б.В., Стефанишин А.Б., Мартинець О.Р. Порівняльний аналіз поломок насосних штанг в різних регіонах. *Нафтогазова енергетика 2017*: Матеріали VI Міжнародної науково-технічної конференції до 50-річчя ІФНТУНГ (Івано-Франківськ, 15-19 травня 2017). Івано-Франківськ: Ів.-Фр. нац. техн. ун-т нафти і газу, 2017. С. 117-118.

20 Копей Б.В., Блажків Т.Б., Юй Шуанжуй, Стефанишин А.Б. Контроль руйнування та росту втомних тріщин в гібридних насосних штангах. *Методи та засоби неруйнівного контролю промислового обладнання: Тези доповідей 6-ої науково-практичної конференції* (Івано-Франківськ, 15-16 листопада 2017). Івано-Франківськ: Ів.-Фр. нац. техн. ун-т нафти і газу, 2017. С. 30-31.

21 Стефанишин А.Б., Бакун Б.М., Копей Б.В. Експериментальні дослідження властивостей дослідних зразків насосних штанг після відновлення. *Молодь: наука та інновації*: Матеріали шостої всеукраїнської науково-технічної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених (Дніпро, 15-16 листопада 2018). Дніпро, 2018. С. 45-46.

22 Копей Б.В., Стефанишин А.Б. Відновлення властивостей дослідних зразків насосних штанг після експлуатації. *Сучасний рух науки: Тези доп. V*

міжнародної науково-практичної інтернет-конференції (Дніпро, 7-8 лютого 2019). Дніпро, 2019. С.335-338.

23 Копей Б.В., Стефанишин А.Б. Ремонт насосних штанг після експлуатації. *Інформаційні технології в металургії та машинобудуванні. ІТММ'2019*: Тези доповідей міжнародної науково-практичної конференції (Дніпро, 26 – 28 березня 2019). Дніпро: Національна металургійна академія України, Дніпропетровський національний університет імені О. Гончара, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна та ін. Дніпро: НМетАУ, 2019. С.12.

24 Копей Б.В., Стефанишин А.Б. Контроль мікроструктури насосних штанг з експлуатаційними пошкодженнями. *Методи та засоби неруйнівного контролю промислового обладнання*: Тези доповідей 7-ої науково-практичної конференції (Івано-Франківськ, 19-20 листопада 2019). Івано-Франківськ: Ів.-Фр. нац. техн. ун-т нафти і газу. 2019. С.113-114.

25 Богдан Копей, Василь Михайлюк, Андрій Стефанишин, та інш. Дослідження напруженого стану в з'єднанні гібридних насосних штангах. *XXI Міжнародна науково-практична інтернет-конференція*, 30 Листопада, 2019р. <http://conferences.neasmo.org.ua/uk/art/5266>.