

АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ ЗАХВАТІВ СІДЕЛЬНО-ЗЧІПНИХ ПРИБОРІВ ТЯГАЧІВ

В.Петров¹, О.Жданов², Р. Мацей³

¹Національний університет «Одеська політехніка»

²Одеська державна академія будівництва та архітектури

³Військова академія, м. Одеса

Проаналізовано різні сучасні конструкції захоплювачів, що застосовуються у сідельно-зчіпних пристроях тягачів різних фірм. На основі виконаного аналізу представлені розрахункові схеми конструкцій для визначення зношування основних деталей сідельно-зчіпних пристроїв під час експлуатації. Працездатність конструкцій була проаналізована за допомогою програмного пакета Autodesk Inventor. Отримані результати моделювання стали основою для розробки нової конструкції захоплювачів сідельно-зчіпних пристроїв.

Ключові слова: *тягачі, напівпричепи, сідельно-зчіпні пристрої, захоплювачі зчіпних пристроїв, шворинь, Autodesk Inventor.*

Постановка проблеми. У сільському господарстві широко застосовуються тягачі з напівпричепами, які виконують транспортні і технологічні операції. Надійність деталей зчіпного пристрою займає важливе місце в забезпеченні безпеки руху тягача з напівпричепом. Роз'єднання зчіпки під час руху призводить до аварії з можливими катастрофічними наслідками.

Конструкції сідельно-зчіпних пристроїв відрізняються різноманіттям технічних рішень, що застосовують одноелементні та двохелементні захоплювачі. Критерієм, що лімітує працездатність зчіпного пристрою, є знос деталей його рухомого сполучення.

Створення сучасної зносостійкої конструкції сідельно-зчіпного пристрою може бути отримано на основі аналізу існуючих конструкцій і дослідження їх властивостей на комп'ютерних імітаційних моделях, враховуючи статичні і динамічні навантаження з використанням середовищ Autodesk Inventor та ANSYS.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Ряд публікацій звертають увагу на зростання кількості аварій на дорогах країни, що пов'язано зокрема з конструктивними недоліками сідельно-зчіпних пристроїв автопоїздів у складі тягача та напівпричепа [1].

Підвищенню стійкості руху автопоїзда сприяє розроблена конструкція нового сідельно-зчіпного пристрою [2], яка забезпечує значну зносостійкість деталей рухомого з'єднання тягача з напівпричепом під час руху.

В роботі [3] розглянута схема рекуперативного пружинно-гідравлічного

сідельно-зчіпного пристрою.

Мета та завдання. Для створення більш надійної конструкції захоплювачів сідельно-зчіпних пристроїв необхідно проаналізувати існуючі конструкції, оцінити напружено-деформований стан системи захват-шворінь, відзначити місця, що лімітують працездатність пристрою.

Матеріали та методика дослідження. Для досягнення мети при аналізі конструктивних рішень сідельно-зчіпних пристроїв тягачів послідовно виконанні наступні процедури:

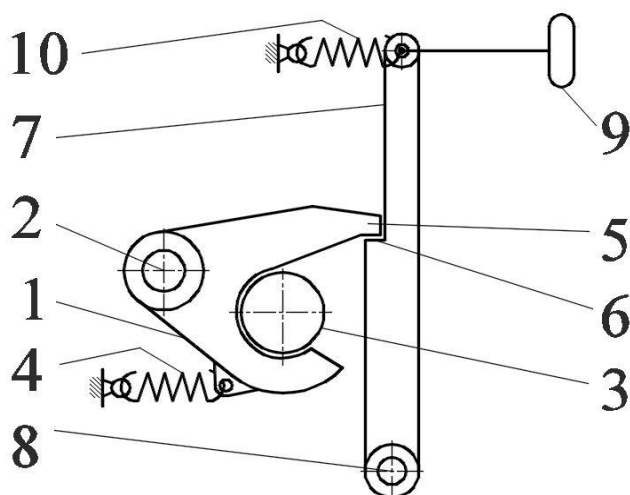


Рис. 1. Схема запорного механізму сідельно-зчіпного пристрою.

- структурне членування конструкції на різні пристрої і механізми;
- складання і аналіз схем існуючих конструкцій;
- розробка і виділення загальних ознак для класифікації конструкцій механізмів;
- аналіз переваг і недоліків розглянутих пристроїв і механізмів;
- моделювання процесу навантаження на захоплювачі, що відбувається при граничному зношуванні шворнів та інших основних деталей конструкції.

Результати досліджень. Розглянемо схему запорного механізму, зображеного на рис. 1. Всі запорні механізми представлені в плані без сідла, що їх закриває. Слід зазначити, що всі механізми показані у транспортному положенні. Запорний механізм складається із захоплювача 1, шарнірно встановленого на пальці 2 і утримує шворінь 3 напівпричепа. Для установа захоплювача 1 в положення для зчипки з напівприцепом служить пружина 4. Виступ 5 захоплювача 1 входить у зіткнення з упором 6 встановлювального важеля 7. Сам важіль 7 встановлений на осі 8 корпусу сідельно-зчіпного пристрою. Важіль 7 має тягу з ручкою 9. Для утримування важеля 7 в транспортному положенні він відтягується пружиною розтягування 10.

Для розчеплення тягача з напівприцепом необхідно потягти тягу 9 за схемою вправо. При цьому важіль 7 повертається за годинниковою стрілкою навколо осі 8 і упор 6 звільняє виступ 5 захвата 1. Під дією пружини 4 захват 1

повертається за годинниковою стрілкою, звільняючи шворінь 3. Тягач від'їжджає від напівпричепа, встановленого на опорні стояки. Розглянемо схему запорного механізму, зображеного на рис. 2. Запорний механізм складається із захоплювача 1, шарнірно встановленого на пальці 2 і утримує шворінь 3. Для встановлення захоплювача 1 в положення для зчипки з напівприцепом служить пружина 4. Клямка 5 забезпечена тягою з рукою 7, шарнірно встановлена на осі 6 і своїм виступом утримує захват 1 в транспортному положенні. Для утримування важеля 7 в транспортному положенні він відтягується пружиною розтягування 8.

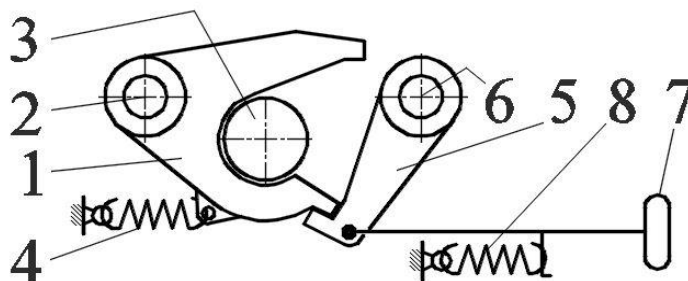


Рис. 2. Схема запірного механізму.

Для розчеплення тягача з напівприцепом необхідно потягти тягу 7 за схемою вправо. При цьому клямка 5 повертається проти годинникової стрілки навколо осі 6 і її упор звільняє виступ захоплювача 1. Під дією пружини 4 захоплювач 1 повертається за годинниковою стрілкою, звільняючи шворінь 3. Розглянемо схему запірного механізму, зображеного на рис. 3. Запирний механізм складається із захоплювача 1, шарнірно встановленого на пальці 2 і утримує шворінь 3. Для встановлення захоплювача 1 в положення для зчипки з напівприцепом служить пружина 4. Засувка 5 своїм П-образним профілем утримує захоплювач 1 в транспортному положенні. Для цього пружина стиснення 6 упирається в клямку і корпус всього сидельно-зчипного пристрою. Клямка 5 управляється важелем 7 шарнірно встановленим на корпусі 8. Для утримання важеля 7 в транспортному положенні він забезпечений через шарнір 10 тягою 11 з клямкою 12. Для розчеплення тягача з напівприцепом необхідно потягти тягу 7 за схемою вправо. При цьому клямка 5 зсувається в напрямних також вправо звільняючи захоплювач 1. Під дією пружини 4 захоплювач 1 повертається за годинниковою стрілкою, звільняючи шворінь 3.

Розглянемо схему запорного механізму, зображеного на рис. 4. Запорний механізм складається із захоплювача 1, шарнірно встановленого на пальці 2 і утримує шворінь 3. Для встановлення захоплювача 1 в положення для зчипки з напівприцепом служить пружина 4. Клиновий затвор 5, перебуваючи в напрямних корпусу, утримує захват 1 в транспортному положенні. Для управління клиновим затвором 5 важіль 6 встановлений на шарнірній опорі 7 і через шарнір 8 пов'язаний з клином 5. Для утримання важеля 6 в транспортному положенні він забезпечений тягою 9 з клямкою 10.

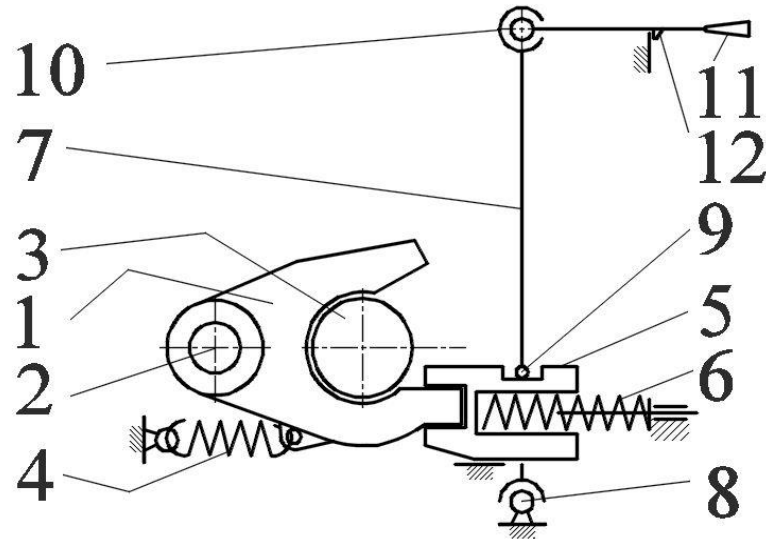


Рис. 3. Схема запірнього механізму сидельно-зчіпного пристрою.

Для розчеплення тягача з напівпричепом необхідно потягти тягу 9 за схемою праворуч. При цьому клиновий затвор 5 зсувається в напрямних вправо звільняючи захват 1. Під дією пружини 4 захоплювач 1 повертається за годинниковою стрілкою, звільняючи шворінь 3.

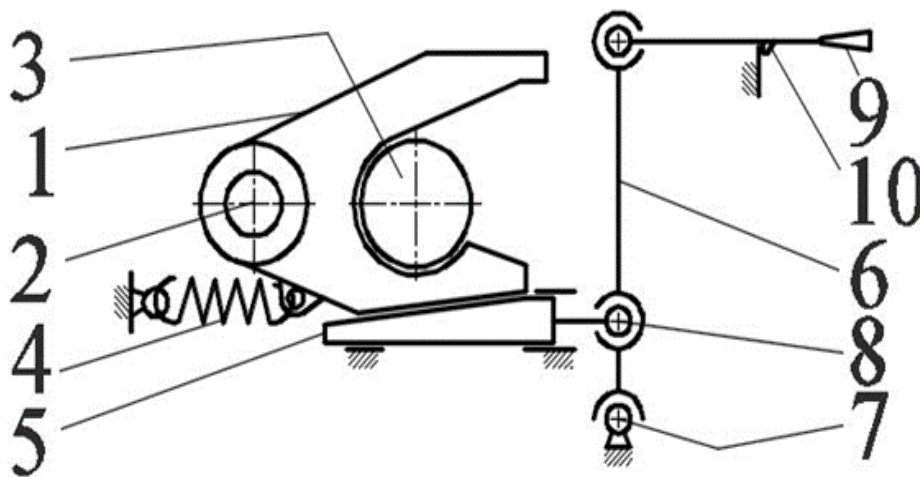


Рис. 4. Схема запорного механізму.

Розглянемо схему запорного механізму, зображеного на рис. 5. Запорний механізм складається із захоплювачів 1 і 2, шарнірно встановлених на пальцях 3 і 4, і утримуючих шворінь 5. Замок 6 підтискається пружиною 7 і перебуваючи у напрямних корпусу утримує захоплювачі 1 і 2 в транспортному положенні. Для управління замком 6, важіль 8 встановлений в шарнірній опорі 9 і через палець 10 пов'язаний з замком 6. Для розчеплення тягача з

напівпричепом необхідно повернути важіль 8 за годинниковою стрілкою. При цьому замок 6 через палець 10 зсувається в напрямних вгору звільняючи захоплювачі 1 і 2. Під дією пружин (на схемі не показаних) захоплювачі 1 і 2 повертаються в різні боки, звільняючи шворінь 3. Запорний механізм даної конструкції використовується в тягачах ЗІЛ, КАМАЗ, УРАЛ, МАЗ.

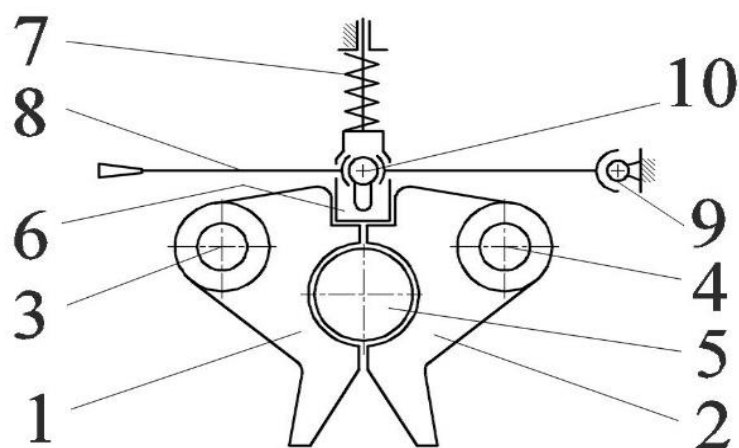


Рис. 5. Схема запорного механізму сидельно-зчіпного пристрою.

Розглянемо схему запорного механізму, зображеного на рис. 6. Запорний механізм складається із захоплювачів 1 і 2, шарнірно встановлених на пальцях 3 і 4, і утримуючих шворінь 5. Двоплечий кулачок 6 знаходиться на осі 8 і підтискає захоплювачі 1 і 2 в транспортному положенні. Управління двоплечим кулачком 6 виконується важелем 7. Для розчеплення тягача з напівпричепом необхідно повернути важіль 7 за годинниковою стрілкою приблизно на 90° . При цьому двоплечий кулачок 6 повертається навколо осі 8 звільняючи захоплювачі 1 і 2. Під дією пружин (на схемі не показаних) захоплювачі 1 і 2 повертаються в різні боки, звільняючи шворінь 3. Запорний механізм даної конструкції використовується в трейлерах невеликої вантажопідйомності. Розглянемо схему запорного механізму, зображеного на рис. 7. Запорний механізм складається із захоплювача 1, шарнірно встановленого на пальці 2 і утримує шворінь 3. Для встановлення захоплювача 1 в положення для зчеплення з напівпричепом служить пружина 4. Засувка 5 своїм виступом утримує захоплювач 1 в транспортному положенні. Для цього пружина стиснення 6 упирається в клямку 5 і корпус сидельно-зчіпного пристрою. Клямка 5 з'єднана з важелем 7 шарнірно встановленим на корпусі 8. Для управління важелем 7 він шарнірно пов'язаний з пневмоцилиндром 9. Другий захоплювач 10 знаходиться в напрямних і притиснутий пружиною 11. Для розчеплення тягача з напівпричепом необхідно в штокову порожнину пневмоциліндра 9 подати стиснене повітря. При цьому важіль 7 повернеться, а клямка 5 зсунеться в напрямних вправо звільняючи захоплювач 1.

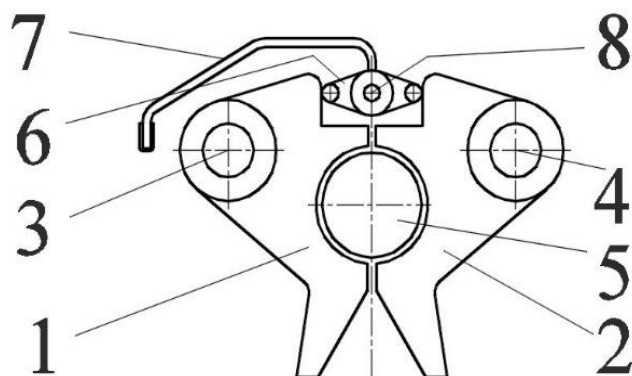


Рис. 6. Схема запорного механізму .

Під дією пружини 4 захоплювач 1 повертається за годинниковою стрілкою, звільняючи шворінь 3. Другий захоплювач 10 під дією пружини 11 сприятиме виштовхуванню шкворня 3.

Розглянемо схему запорного механізму, зображеного на рис. 8. Запорний механізм складається із захоплювача 1, що шарнірно встановлений на пальці 2 і утримує шворінь 3.

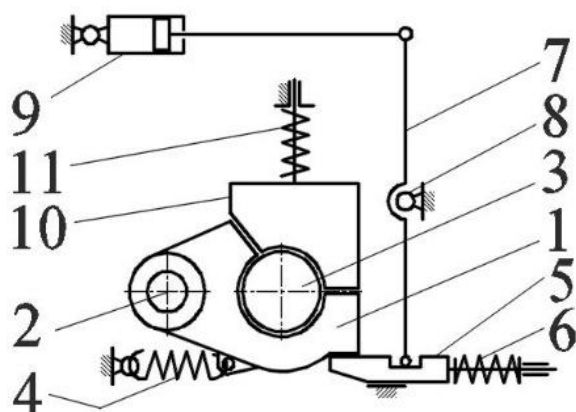


Рис. 7. Схема запорного механізму сидельно-зчіпного пристрою.

Захоплювач 1 забезпечений зубчастим сектором 4. Другий захоплювач 5 забезпечений зубчатою рейкою 6, що знаходиться в зачепленні з зубчастим сектором 4 захоплювача 1. Захоплювач 5 піджятий пружиною 7.

Клямка 8 утримує захоплювач 1 в транспортному положенні, для цього вона притискається пружиною 9. Для управління клямкою 8 важіль 10 встановлений на шарнірі 11 корпусу. На важелі 10 встановлений палець 12 пов'язаний із клямкою 8. Другий кінець важеля 10 шарнірно пов'язаний з тягою 13, яка забезпечена клямкою 15, що утримує її в транспортному положенні. Для розчеплення тягача з напівпричепом необхідно потягти тягу 13 вліво. При цьому важіль 10 повернеться проти годинникової стрілки, і клямка 8 зсувається

в напрямних вліво звільняючи захоплювач 1. Під дією пружини 7 захоплювач 5 зсувається вниз, а захоплювач 1, що знаходиться з ним у зачепленні повертається проти годинникової стрілки, звільняючи шворінь.

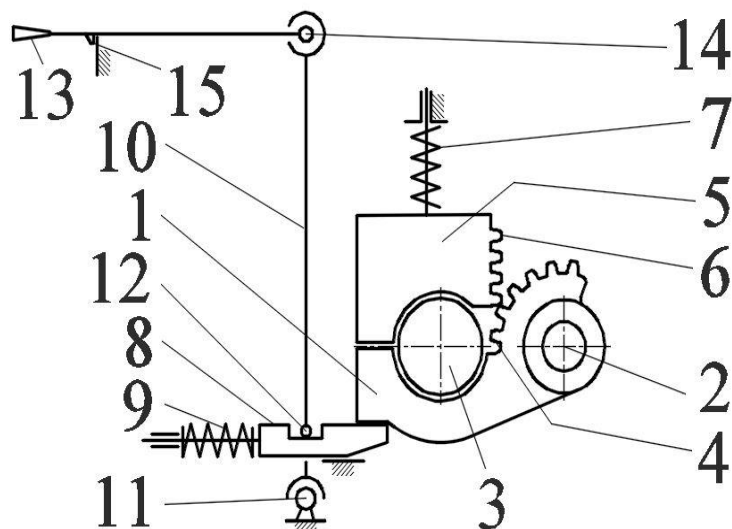


Рис. 8. Схема запорного механізму.

Розглянемо схему запорного механізму, зображеного на рис. 9. Запорний механізм складається з захоплювачів 1 і 2, шарнірно встановлених на пальцях 3 і 4 які утримують шворінь 5. Захоплювачі 1 і 2 з'єднані пружиною розтягування 6. Вилка 7 перебуваючи в напрямних 8 блокує розкриття захоплювачів 1 і 2. Палець 9 на кронштейні вилки 7 входить у зачеплення з просторовим кулачком 10 двоплечого важеля 11, що спирається на шарнірну опору 12.

Важіль 11 через вилку 13 з'єднаний зі штоком пневмоциліндра 14, який в свою чергу шарнірно спирається на корпус 15.

Для розчеплення тягача з напівпричепом необхідно в штокову порожнину пневмоциліндра 14 подати стиснене повітря. При цьому важіль 11 повернеться проти годинникової стрілки, і палець 9 зрушить вгору, підтягуючи за собою вилку 7. Вилка 7 зрушується в напрямних вгору звільняючи захоплювачі 1 і 2. Під дією пружини 6 захоплювачі 1 і 2 повертаються, звільняючи шворінь 5. У всіх розглянутих конструкціях загальним є наявність циліндричного шворня та одно-або двоелементного захоплювача, що лімітують працездатність сидельно-зчіпного пристрою. Для дослідження напружено-деформованого стану з'єднання шворінь-захоплювачі сидельно-зчіпного пристрою (СЗП) від дії статичного навантаження була вибрана найбільш розповсюджена конструкція, яка відображена на рис. 5.

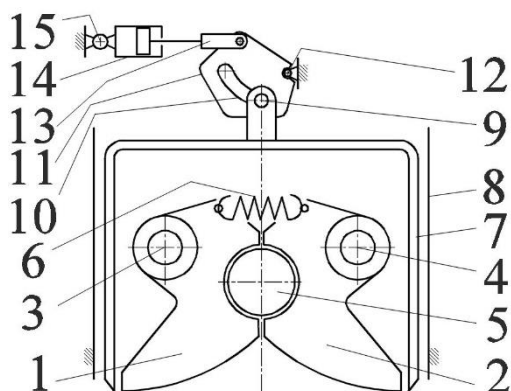


Рис. 9. Схема запорного механізму сидельно-зчіпного пристрою.

Розглянемо статичне навантаження деталей СЗП 50 – 20 по СТ СЕВ 3637-88 с консольним циліндричним шворнем (тип 50). Для цього в середовищі Autodesk Inventor побудована спрощена модель даного пристрою (рис.10).

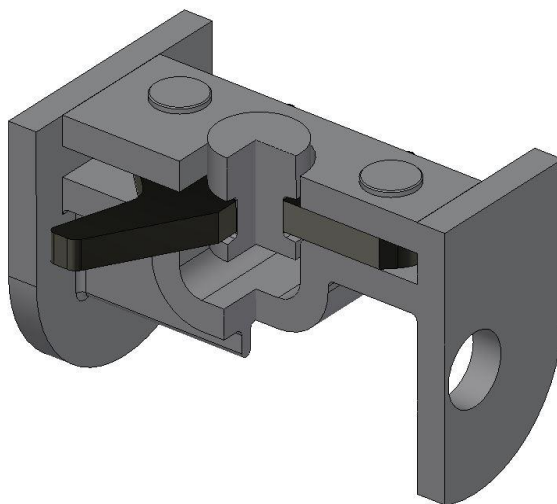


Рис. 10. Модель запорного механізму сидельно-зчіпного пристрою.

Найбільш навантаженою частиною зчіпного пристрою є захоплювачі та консольний шворінь, які найчастіше виходять з ладу через знос. Розміри шворня (тип 50) у розрахунках прийняті такими: діаметр $d_{ш} = 50,8$ мм, довжина контактної зони шворня із захоплювачами прийнята рівною товщині захоплювачів $h_{ш} = 37$ мм. Дану модель навантажимо зусиллям тяги напівпричепа $P = 196,2$ кН, доданої до шворня перпендикулярно його осі і зафіксуємо модель в отворах повздовжнього шарніру. Побудуємо сітку кінцевих елементів та скоригуємо її на деяких гранях у бік зменшення середнього розміру елемента, для більш точного визначення напружено-деформованого стану шворня. В результаті розв'язання даної задачі методом кінцевих елементів отримаємо модель з мапами різних напружень, переміщень,

деформацій та коефіцієнтів запасу міцності. На рис.11 показано деформований стан моделі замкового механізму СЗП та представлена мапа коефіцієнта запасу міцності за третьою теорією міцності (за критерієм міцності по Мізесу).

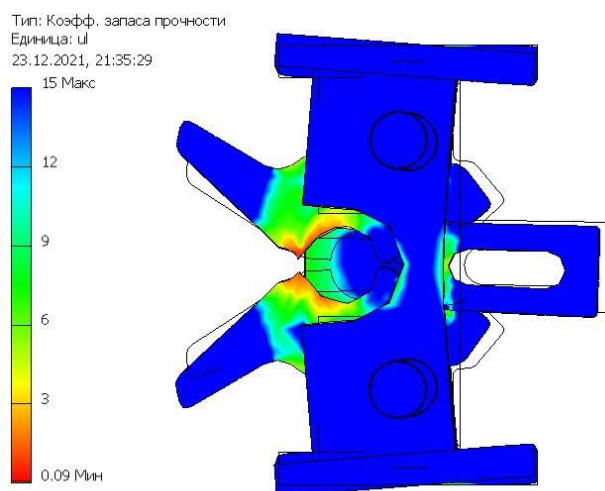


Рис. 11. Мапа коефіцієнта запасу міцності замкового механізму сідельно-зчіпного пристрою.

Як і очікувалося найбільш навантаженою, виявилася лобова частина шворня – зона його контакту із захоплювачами СЗП.

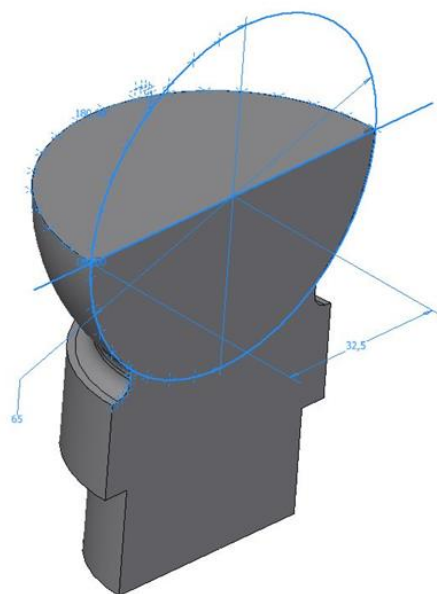


Рис. 12. Двохопорний шворінь СЗП зі сферичною поверхнею контакту.

Запропоноване з'єднання шворня зі сферичною поверхнею контакту із захоплювачами СЗП забезпечує можливість взаємного їх переміщення без заїдання за трьома кутовими координатами – щодо поздовжньої осі агрегату тягач-напівпричіп, поздовжньої та поперечної осі шворня. На рис.12

представлений у розрізі двохопорний шворінь зі сферичною поверхнею контакту. На рис. 13 представлені результати оцінки напруженого стану шворня величиною еквівалентного напруження по Мізесу, які розраховані методом кінцевих елементів за допомогою програмного комплексу ANSYS. Представлено розбиття зони контакту на кінцеві елементи та розподіл еквівалентних напружень у шворні в небезпечному перерізі. У порівнянні з циліндричним шворнем є зниження максимального еквівалентного напруження по Мізесу.

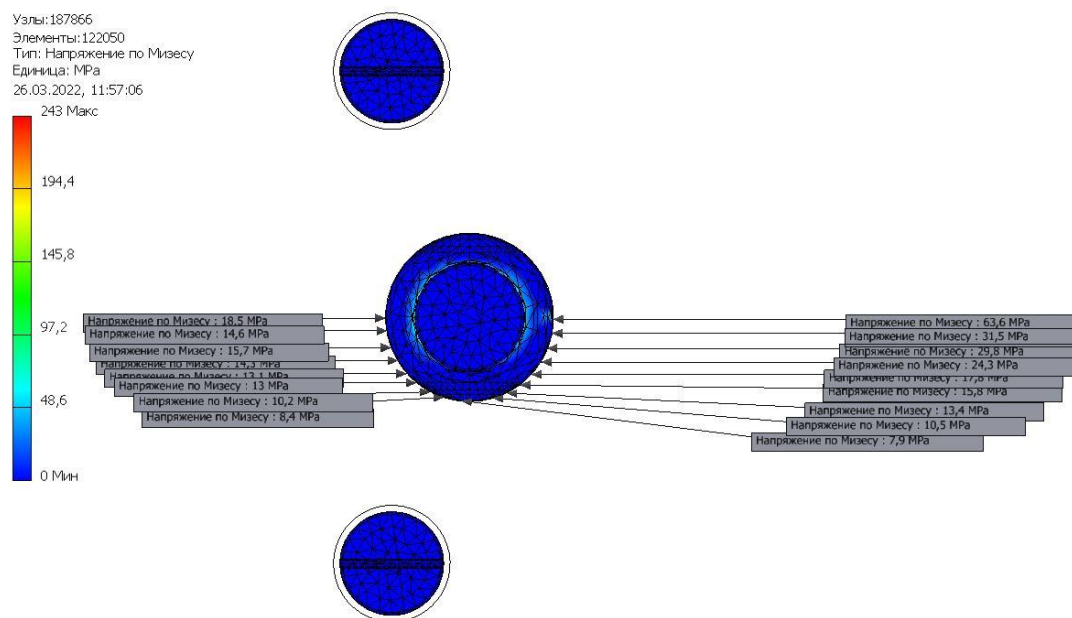


Рис.13. Розподіл напруження по Мізесу у шворні в обводовому напрямку.

Висновки:

1. Проаналізовані конструкції захоплювачів, що застосовуються у сідельно-зчіпних пристроях тягачів різних фірм.
2. Проведені розрахунки, які дозволили визначити картину напружено-деформованого стану шворня та захоплювачів.
3. Моделювання конструкції з використанням середовища Autodesk Inventor дозволило оптимізувати параметри системи «шворінь-захоплювачі» СЗП.
4. Розрахунок напружено-деформованого стану сферичного шворня за допомогою комп'ютерної системи ANSYS показало перспективність використання такої форми шворня. Заплановано додаткові дослідження.

Список використаних джерел

1. Огородников, В. А. Энергетический критерий износа седельно-цепного устройства / В. А. Огородников, Н. С. Гречанюк, А. П. Поляков // Вісник машинобудування та транспорту № 1(5), 2017, С. 67–76.
2. Дьяков И.Ф. Обеспечение устойчивости движения автопоезда / Автомобильная промышленность, 2017, № 11, С. 15–17.
3. Посметьев В. И. Моделирование работы рекуперативного пружинно-гидравлического седельно-цепного устройства, размещенного в полуприцепе лесовозного автопоезда / В. И. Посметьев, В. О. Никонов, В. В. Посметьев, В. А. Зеликов // Лесотехнический журнал 2/2021. С. 133-148.

ANALYSIS OF CONSTRUCTIONS OF GRIPPERS OF SADDLE COUPLING DEVICES OF TRACTOR

V. Petrov, A. Zhdanov, G. Matzey

Various modern designs of grippers used in fifth-wheel couplings of tractors of various firms are analyzed. Based on the analysis, design diagrams of structures are presented, taking into account the wear of the main parts during operation. The structures for wear were analyzed using the Autodesk Inventor software package. The obtained simulation results formed the basis for the development of a new design of grippers for fifth-wheel couplings.

Key words: *fifth wheel couplings, clamps of coupling devices, tractors, semi-trailers, Autodesk Inventor.*