

Кузьмінець М.П., канд. техн. наук

ВЗАЄМОДІЯ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ УЩІЛЬНЕННЯ ҐРУНТУ ПІД МАГІСТРАЛЬНИМИ ТРУБОПРОВОДАМИ З СЕРЕДОВИЩЕМ ТА ВИЗНАЧЕННЯ НАПРУЖЕНОГО СТАНУ ЕЛЕМЕНТІВ МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЇ

Вступ

Однією з оригінальних, за виконуваними технологічними операціями та конструкцією робочого обладнання, є машина підбивання ґрунту під магістральний трубопровід МП-М [1]. Вона використовується під час капітального ремонту магістральних трубопроводів [2]. Робочий орган для ущільнення ґрунту під трубопроводом цієї машини є складним плоским багатоланковим важільний механізмом, частиною ланок якого є гідроциліндри. За їх допомогою здійснюється привід робочого обладнання та орієнтування положення відносно трубопроводу, в робочому режимі ущільнення ґрунту.

Аналіз досліджень

Накопичення досвіду експлуатації машини ущільнення ґрунту під трубопроводами в умовах робочих режимів на випробувальному полігоні НДТЦ «Ротор» [3], при монтажно-демонтажних роботах, а також під час транспортування трейлерами та залізницею дозволило виявити деякі режими навантаження окремих елементів і вузлів робочого обладнання машин, які важко було передбачити на стадіях проектування та випробування машин.

Проблема

Як виявилось в процесі випробувань та експлуатації, при зміщенні тягача машини відносно номінальної відстані що дотрубопроводу в один або інший бік – не вистачає ходу штоків деяких гідроциліндрів для нормального позиціонування ґрунтоущільнювального робочого обладнання. При цьому, а також через нерівномірність засипання ґрунту, часто виникала ситуація, коли реакцію від ґрунта під час ущільнення сприймала лише одна лапа (рис. 1). Це призводило до

поломок та тріщин в елементах металокопструкції робочого обладнання, особливо металокопструкції підвісу робочого органа до стріли машини.

Мета дослідження

Розробити розрахункову схему взаємодії робочого обладнання машини для ущільнення ґрунту під трубопроводом з середовищем, визначити максимальні значення навантажень та виконати розрахунки напружено-деформованого стану одного з важливих елементів ґрунтоущільнювального робочого органа – підвісу.

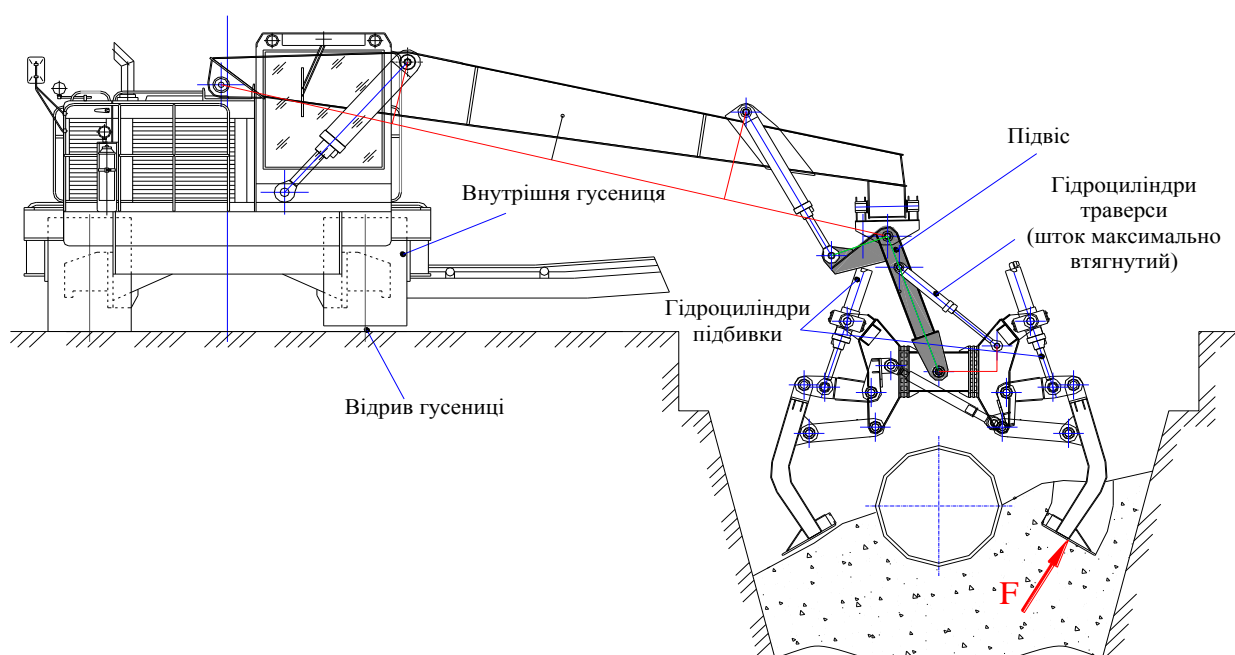


Рис. 1. Схема взаємодії робочого органа для ущільнення ґрунту з середовищем (екстремальний режим)

Задачі дослідження

1. Проаналізувати причини появи тріщин металокопструкції під час випробувань в умовах полігону.
2. Розробити розрахункові положення навантаження механізму ущільнення (критичні випадки навантаження).
3. Виконати силовий аналіз механізму та визначити напруження в металокопструкції підвісу.
4. Запропонувати зміни до конструкторської документації на металокопструкцію підвісу.

Основна частина

Під час випробування на полігоні машини підбивання ґрунту під трубопровід було виявлено тріщини в металоконструкції підвісу. Оскільки вони не могли бути наслідком руйнування металу від стомлювання. Огляд механізму показав, що найбільшою була деформована металоконструкція підвісу.

Однією з причин вказаних поломок могла бути невідповідність товщин металу, з якого виготовлено підвіс – конструкторській документації. Встановлено, що деталь „Стенка МП.17.00.014” передбачена товщиною 16 мм, а виготовлена товщиною 10 мм. Після підсилення місця, де з’явилися тріщини, додатковими пластинами металоконструкція підвісу працювала нормально.

Крім того, причиною поломки підвісу могли стати також не передбачувані на стадії проектування, розрахункові положення ґрунтоущільнювального робочого органа. Як виявилися пізніше, під час експлуатації машини і, особливо – під час навчання персоналу на випробувальному полігоні НДТЦ «Ротор», по причині недосвідченості роботи з новою машиною нерівномірно відсипали ґрунт з обох боків труби, задавали потенціометром максимальний тиск у гідроциліндрах приводу ущільнювальних лопаток та створювали різні умови взаємного положення шасі, ґрунтоущільнювального обладнання та труби (див. рис. 1).

Тому для визначення чіткої картини перерозподілу напруженого стану металоконструкції підвісу потрібно виконати комплекс досліджень, результатом яких повинні стати рекомендації по внесенню змін в конструкторську документації на металоконструкцію підвісу.

Перелік цих робіт включає:

- уточнення дійсних товщин елементів металоконструкції підвісу та співставлення їх з проектними товщинами;
- уточнення, з врахуванням досвіду експлуатації машин, додаткових розрахункових положень і умов навантаження підвісу;
- створення 3D моделі звичайної та підсиленої металоконструкції підвісу;
- визначення реакцій в шарнірах механізму ущільнення ґрунту для складання розрахункової моделі металоконструкції підвісу;
- виконання розрахунків напруженого стану в металоконструкції підвісу для прийнятих розрахункових положень;
- аналіз отриманих результатів;

- складання рекомендацій на доопрацювання документації металоконструкції підвісу.

Під час випробування машини на полігоні виявлено також вихід з ладу (протікання робочої рідини) гідравлічних з'єднань трубопроводів з гідроциліндрами, що можна пояснити великими реактивними тисками, обмеження яких, як виявилось, не передбачено в гідросистемі. Визначення можливих реактивних тисків у гідроциліндрах механізму підбивання ґрунту в кожному розрахунковому положенні є також однією з задач розрахунку.

Розрахункові положення для металоконструкції підвісу визначаються комбінаціями таких параметрів як орієнтація механізму ущільнення і підвісу відносно вертикалі та величини і місця прикладення зовнішніх сил.

Для розрахунку реакцій в шарнірах механізму підбивання ґрунту під трубопровід використано програму [4], яка призначена для автоматизації розрахунків плоских важільних механізмів довільної структури. Перевагою програми є формалізація задавання вихідних параметрів статично визначених важільних механізмів: структури механізму (кількості ланок і шарнірів та їх нумерацію), геометричних даних (довжин ланок, відстаней між шарнірами, кутів нахилу ланок в локальних системах координат) та зовнішніх сил (величин, напрямків та точок їх прикладання в локальній системі координат кожної ланки).

Плоский важільний механізм підбивання ґрунту під трубопровід (див. рис. 1) має $m = 6$ ланок, які зв'язані $n = 9$ шарнірами, отже умова статичної визначеності механізму $3m = 2n$ виконується ($3 \cdot 6 = 2 \cdot 9$). Механізм ущільнення ґрунту (приводу трамбівки) у цій задачі як об'єкт визначення реакцій в шарнірах не розглядався.

Зовнішніми навантаженнями механізму є сили тяжіння кожної ланки, прикладеними в центрах мас ланок та сила F (див. рис. 1), яка діє на ущільнюючу лопатку (її величина обґрунтована в кожному розрахунковому положенні).

Для визначення величини зовнішніх сил, які діють на механізм прийнято, що ведучою ланкою механізму підбивання ґрунту може бути будь-який його гідроциліндр. У розглянутому розрахунковому положенні (див. рис. 1) ведучими ланками є гідроциліндри механізму ущільнення ґрунту, тобто у ці гідроциліндри подається робоча рідина, яка створює зусилля на ущільнюючих

лопатках, а в інших гідроциліндрах механізму (стріли, підвісу, траверси) з'являється реактивний тиск.

Зусилля F на ущільнюючих лопатках у більшості випадків визначається з умови відриву від опорної поверхні внутрішньої гусениці машини з рівняння суми моментів прикладених до ланок сил відносно краю внутрішньої гусениці (див. рис. 1).

Визначивши силу F на ущільнюючих лопатках, за допомогою програми статичного розрахунку [4, 3], отримуємо реакції в шарнірах механізму (складові по осях глобальної системи координат XOY та сумарну реакцію). Результати розрахунку зусиль, для металоконструкції підвісу наведено на рис. 2.

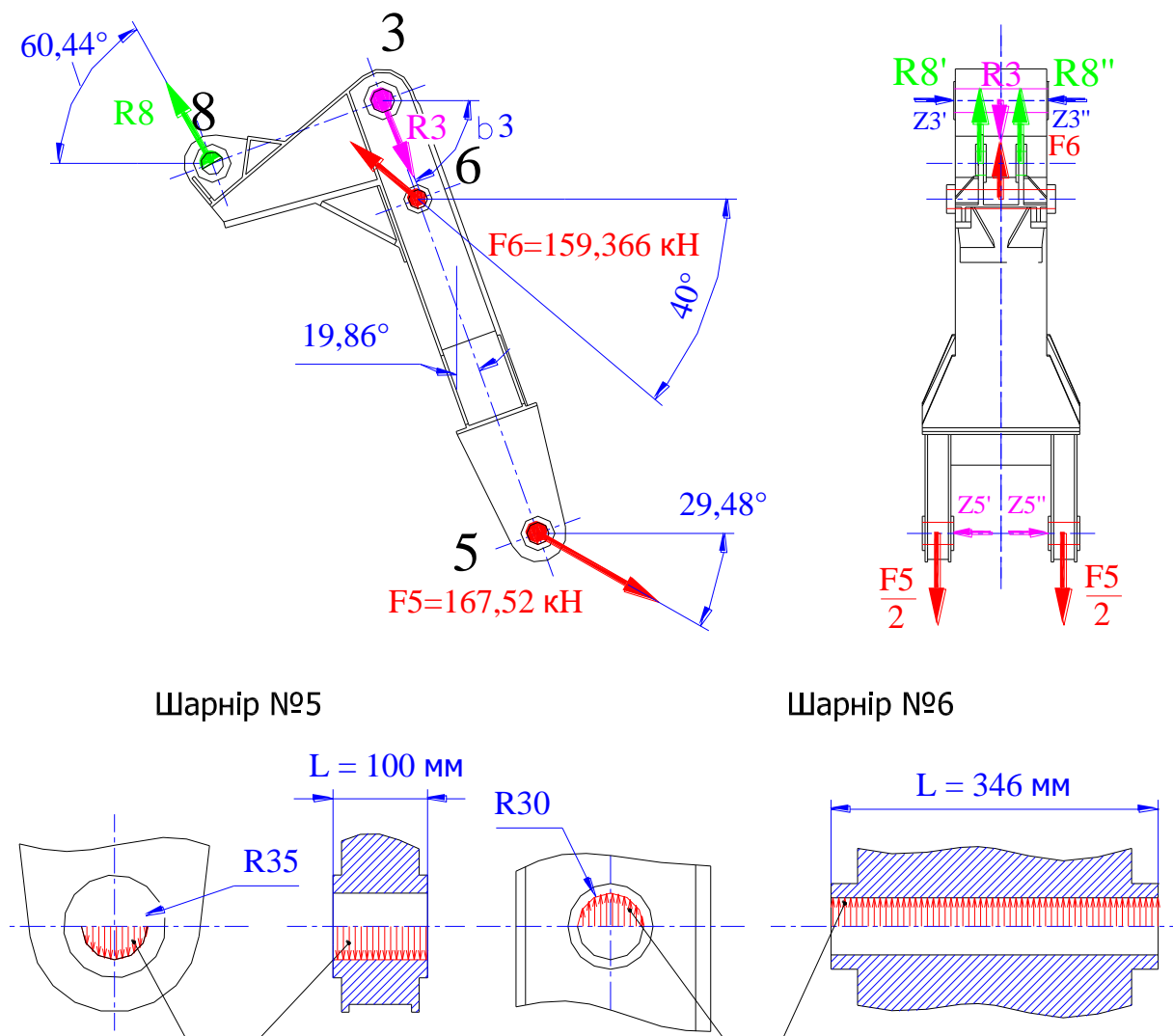


Рис. 2. Схема визначення зусиль в шарнірах металоконструкції підвісу

Наступним етапом дослідження було створення 3D моделі металокопструкції підвісу із застосуванням програмного комплексу Mechanical Desktop [5]. Після чого в моделі задавалися граничні умови, властивості матеріалу металокопструкції підвісу та прикладалися попередньо отримані значення та напрями навантаження, які діють на металокопструкції підвісу. Отримані результати напружено-деформованого стану копструкції наведено на рис. 3.

Аналіз результатів виконаних досліджень показав, що максимальні напруження критичних місць підсиленої металокопструкції не перевищують 223 МПа (без врахування напружень в концентраторах). Отже запас міцності удосконаленої копструкції підвісу складає близько 1,8. При цьому руйнування металокопструкції не відбуватиметься.

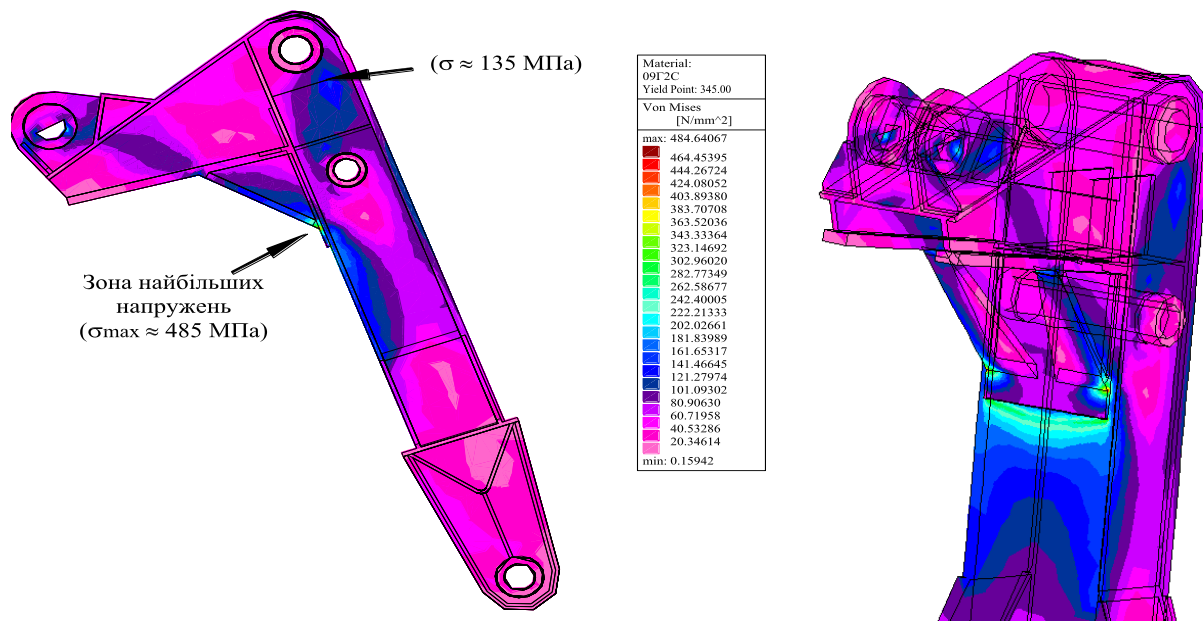


Рис. 3. Результати визначення напружено-деформованого стану металокопструкції підвісу

Висновки

1. Експериментально виявлено можливі причини поломок металокопструкції підвісу: невідповідність КД товщини деталі МП.17.00.014, непередбачувані розрахункові положення та відсутність обмеження реактивних тисків в гідроциліндрах підвісу і траверси.

2. Аналіз силового навантаження механізму показав, що в деяких гідроциліндрах реактивний тиск перевищує допустимий, тому необхідно передбачити в гідросистемі запобіжний клапан для обмеження реактивного тиску до 28 МПа.

3. Для екстремального розрахункового положення виконано розрахунок запропонованої (підсиленої) металоконструкції підвісу, напруження в критичних місцях якої не перевищує 223 МПа (без врахування напружень в концентраторах).

4. Запас міцності удосконаленої конструкції підвісу складає близько 1,8, тому руйнування металоконструкції не відбудуватиметься.

Література

1. Пат. 2135699 РФ, 98112438. Способ и устройство для подбивки трубопровода грунтом из отвала, оборудование для уплотнения грунта под трубопроводом и грунтоуплотняющий механизм (МП); Заявл. 27.06.97.
2. Мусійко В.Д., Кузьмінець М.П. Проблеми створення технології та техніки для виконання земляних робіт під час капітального ремонту промислових трубопровідних магістралей. // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. Всеукраїнський збірник наукових праць №70, КНУБА. – Київ, 2007. – С. 56 – 64.
3. Науково-технічний звіт про виконання роботи "Розрахунки силового навантаження та напружено-деформованого стану підвісу механізму підбивання машини МП-М (заводський № 003)" НДТЦ «Ротор». К.: – 2005. – 17с.
4. Розрахунки важільних механізмів робочого обладнання будівельних та дорожніх машин на ЕОМ: Методичні вказівки для студентів спеціальності 1504 / Укл. Є.В.Високович, Г.І.Гончаренко. – К.: КАДІ, 1993. – 24 с.
5. Крег Стинчкомб. Mechanical Desktop 6: Visual FAST START First Edition Craig Stinchcomb. – 2003. – 272 с.