

## АВТОМАТИЗОВАНА УСТАНОВКА ДЛЯ НАНЕСЕННЯ ІЗОЛЯЦІЙНОГО ПОКРИТТЯ НА ТРУБОПРОВІД

Т.П. Венгринюк

ІФНТУНГ, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська 15, тел.(03422) 40534,  
e-mail: admin@nuing.edu.ua

Суть винаходу полягає у вдосконаленні автоматизованого пристрою для намотування полімерно-композитного бандажу на трубу шляхом введення нових конструктивних вузлів, що дасть змогу використовувати установку без зупинки технологічного процесу перекачування продукту через трубопровід, встановлювати установку без демонтажу і розрізання труб, змінювати технологію нанесення багатокомпонентного покриття в залежності від умов нанесення і ступеня дефектності поверхні труб, вдосконалити вузол автоматичного керування і виключити шкідливий вплив завод технічних параметрів установки на процес нанесення ізоляційної стрічки, поліпшити рівномірність нанесення технологічних розчинів. Це дозволить досягти високої якості покриття, а, отже, підвищити термін експлуатації трубопроводів.

Ключові слова: ізоляційне покриття, трубопровід, автоматичне керування, працездатність трубопроводу.

Суть изобретения заключается в совершенствовании автоматизированного устройства для намотки полимерно-композитного бандажу на трубу путем введения новых конструктивных узлов, позволяющих использовать установку без прерывания технологического процесса перекачки продукта через трубопровод, производить монтаж установки без демонтажа и разрезания труб, изменять технологию нанесения многокомпонентного покрытия в зависимости от условий нанесения и степени дефектности повреждения поверхности труб, совершенствовать узел автоматического управления и исключить негативное влияние помех технических параметров установки на процесс нанесения изоляционной ленты, улучшить равномерность нанесения технологических растворов. Это позволит достичь высококачественного покрытия и, в конечном счете, увеличить срок эксплуатации трубопроводов.

Ключевые слова: изоляционное покрытие, трубопровод, автоматическое управление, работоспособность трубопровода.

The essence of the invention is to improve the automated device for winding polymer - composite brace the pipe through the introduction of new structural units, which will use the device without stopping the technological process of pumping the product through the pipeline, install the unit without dismantling and cutting of pipes, changing technology, the application of multicomponent coatings, depending on conditions application and the degree of damage to the pipe surface defects, to improve the automatic control unit and eliminate the harmful effects of noise on the technical parameters of the installation process of applying an adhesive tape, improve the uniformity of application of technological solutions that will achieve high coverage and, ultimately, increase the duration and performance of pipelines.

Keywords: insulating coating line, automatic transmission, efficiency of the pipeline.

Особливість технології спорудження та експлуатація трубопровідного транспорту висуває специфічні вимоги до машин і механізмів, які при цьому використовуються. Оскільки сталеві трубопроводи є ємностями високого тиску, якими транспортуються горючі і легкозаймисті продукти, аварія трубопроводу пов'язана з великими матеріальними втратами, а іноді – із людськими жертвами, тому основною вимогою при спорудженні та експлуатації трубопроводів є висока якість виконання всіх робіт.

Однією із важливих складових у процесі зміцнення та ремонту трубопроводів для підвищення їх протикорозійних властивостей є нанесення ізоляційного покриття.

Дефекти на трубі можуть призвести до розриву трубопроводу. Найбільш небезпечними дефектами є поздовжній надріз і подряпини стінки трубопроводу довжиною на сотні метрів. Якість виконання ізоляційних робіт значно впливає як на початкове значення параметрів катодного захисту, так і на зміну інших параметрів у часі. Інтегрованим показником стану ізоляційного покриття є перехідний опір

«труба – земля». При задовільній якості ізоляційних робіт опір відповідає величині, нормованій у ДСТУ 4219 – 2003. За менших значень опору ймовірність появи відмов з причин корозії зростає.

Конструкції захисних покриттів регламентуються ДСТУ 4219-2003. Товщина покриття залежить від діаметра труби, на яку воно наноситься.

Під час нанесення покриття в заводських чи трасових умовах візуально контролюють його стан. Ізоляційні стрічки необхідно намотувати на поверхню труби без перекосів, здуття, зморшок, нависань, складок, гофр. Під час нанесення полімерних стрічок і обгортки напуста суміжних витків у разі одношарової намотки має бути не меншим 3 см. Під час нанесення двошарового покриття наступний виток мусить перекривати нанесений на 50 % його ширини плюс 3 см. Головною умовою, що забезпечує щільне прилягання стрічки по всій поверхні трубопроводу і створює герметичність в напуску, є натяг стрічки з зусиллям, рівним 50 кГс на ширину полотнища стрічки [1].

Існує значна кількість ізоляційних машин, які відрізняються методом нанесення покриття на поверхню трубопроводу. Залежності від виду ізоляційного покриття на очищену і заґрунтовану зовнішню поверхню трубопроводу наносять шар клею або бітумної мастики, а потім трубопровід обгортається рулонним обгортковим матеріалом. Поверхня, покрита клеєм, обгортається стрічками із полімерних матеріалів, а покрита мастикою – стрічками із паперу, бризолу або скловатою. Бітумна мастика наноситься на трубу в розплавленому стані, а обгорткові матеріали фіксують її шар приблизно однакової товщини по всій поверхні трубопроводу.

Відомий самохідний агрегат, що підтримується трубоукладачами і, переміщуючись трубопроводом здійснює нанесення бітумної мастики на трубу з подальшим обмотуванням її стабілізуючими стрічками [2].

Всі вузли машини змонтовані на рамі з ходовими колесами, за допомогою яких агрегат пересувається вздовж труби. Вмикання та вимикання вузлів трансмісії з двигуном, ходовими колесами і бітумними насосами здійснюється незалежно фрикційними муфтами. В агрегаті передбачено два методи нанесення на трубу бітумної мастики – полив та набризкування. Полив полягає у рівномірному обтіканні поверхні трубопроводу суцільним струменем розплавленої бітумної мастики, що подається під тиском із дрібних сопел, розташованих навколо труби.

Нанесення розплавленої мастики за допомогою швидкісних напірних струменів, спрямованих перпендикулярно до ізолюваної поверхні, сприяє кращій її адгезії і дозволяє сформувати більш міцний шар бітумного покриття, ніж при поливі. Для нанесення ізоляції методом поливу у пристрої передбачено обичайку, а для нанесення ізоляції методом набризку – труби з отворами. Для заливання розплавленої мастики із бітумозаправника по системі бітумопроводів в обичайку, у нижній частині ізоляційної машини розташована бітумна ванна. Агрегат включає підігрівальний пристрій для розігрівання застиглої мастики, який містить бак з гасом та переносний газовий пальник. Подача гасу здійснюється ручним насосом або компресором, який нагнітає повітря в бак. Товщина ізоляційного шару регулюється за допомогою тяг і пружин підтисканням пружних металевих стрічок. Призначений цей агрегат тільки для нанесення мастики і не забезпечує багатшарове нанесення ізоляційного покриття з регулюванням натягу ізоляційного матеріалу.

Відома машина для ізоляції полімерними стрічками [1]. Ця машина складається із механізму для обмотування трубопроводу, ходового механізму, привода (двигуна і трансмісії), механізмів регулювання. Механізм для обмотування складається із підтримуючих роликів, встановлених по колу в задній частині рами та зірочки. Разом із зірочкою навколо труби обертаються шпулі, які облягають трубопровід ізоляційним рулонним матеріалом. В машині передбачено регулювання системи змотування,

яка повинна бути постійною, в протилежному випадку її збільшення може призвести до розриву ізоляційного матеріалу, а при зменшенні – до утворення згорток. Постійність сили натягу досягається шляхом створення гальмівного моменту порошковою муфтою, розташованою на валу шпулі. Для регулювання величини накладання полімерних стрічок до трансмісії пристрою входить коробка зміни передач (варіатор), що залежить від діаметра трубопроводу, ширини стрічки і температури оточуючого повітря.

Ходовий механізм з трансмісією зв'язані з кроком намотування, при цьому поступальна швидкість машини залежить від швидкості розмотування стрічки з рулону. При русі машини трубопроводом рулон з плівкою здійснює обертотий рух навколо трубопроводу, і стрічка намотується по гвинтовій лінії з кроком намотування напуску.

Визначення потужності ізоляційної машини.

$$P = \frac{P_{осн}}{\eta_1} + P_{доп},$$

де:  $P_{осн}$  – потужність основних механізмів;

$P_{доп}$  – потужність допоміжних механізмів і агрегатів;

$$\eta_1 = \eta_{муф} \cdot \eta_{ред}.$$

$$P_{осн} = \frac{P_1 + P_2}{\eta_{12}} + \frac{P_3}{\eta_3},$$

де:  $P_1$  – потужність намотування стрічкового матеріалу на трубу;

$P_2$  – потужність обертання ротора;

$P_3$  – потужність поступального переміщення установки;

$\eta_{12}$  – ккд кінематичного ланцюга від редуктора до ротора;

$\eta_3$  – ккд кінематичного ланцюга від редуктора до маршових катків.

$$\eta_{12} = \eta_{лан} \cdot \eta_{зп};$$

$$\eta_3 = \eta_{лан}^2;$$

$$P_1 = M_{он} \cdot \omega_{ун};$$

$M_{он}$  – момент опору шпулярника;

$\omega_{ун}$  – кутова швидкість шпулярника навколо його осі;

$$P_2 = m_{рот} g (f_{рот} + \delta) \omega_{рот};$$

$$\omega_{ун} = \omega_{рот} \cdot \frac{D}{d_{ун}};$$

$f_{рот}$  – коефіцієнт тертя кочення ротора;

$m_{рот}$  – маса ротора;

$\omega_{рот}$  – кутова швидкість ротора навколо осі труби;

$\delta$  – коефіцієнт, що враховує втрату потужності на розтирання технологічних рідин по поверхні труби;

$D$  – діаметр трубопроводу;

$d_{шп}$  – діаметр шпулі;

$$P_3 = m_{уст} g (f_{уст} + \sin \beta) v_{уст};$$

де  $m_{уст}$  – маса установки;

$f_{уст}$  – коефіцієнт опору руху установки;

$\beta$  – максимальний кут нахилу (до горизонталі) трубопроводу;

$v_{уст}$  – швидкість поступального руху установки вздовж осі труби;

$$\sin \alpha = \frac{\pi D b \sqrt{(\pi D)^2 - b^2 + 1}}{(\pi D)^2 + l^2};$$

де:  $b$  – ширина ізоляційної стрічки;

$l$  – ширина напуску;

$$l = k \cdot S,$$

де:  $S$  – крок намотування;

$$S = \pi \cdot D \cdot \operatorname{tg} \alpha;$$

$$b = (0,4 \dots 1) D;$$

$$v_{уст} = \frac{I \omega_{рот}}{2\pi} = \frac{D \operatorname{tg} \alpha \omega_{рот}}{2\pi}.$$

$$P_{доп} = P_{1доп} + 4P_{2доп} + P_{3доп} + P_{4доп} + P_{5доп};$$

$P_{1доп}$  – потужність порошкової муфти;

$P_{2доп}$  – потужність двигуна насоса;

$P_{3доп}$  – потужність нагрівальних елементів;

тв;

$P_{4доп}$  – потужність двигуна компресора.

$$P = \frac{M_{оп} \omega_{шп} + f_{рот} \cdot m_{рот} \cdot g (1 + \delta) \omega_{рот}}{\eta_1 \eta_{12}} + \frac{m_{уст} g (f_{уст} + \sin \alpha) v_{уст}}{\eta_1 \eta_3} + P_{доп};$$

$$\eta_{муф} = 0,98;$$

$$\eta_{ред} = 0,71;$$

$$\eta_{лан} = 0,9;$$

$$\eta_{зп} = 0,95;$$

$$M_{оп} = 25 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$\omega_{рот} = 1,6 \frac{\text{рад}}{\text{с}};$$

$$D = 530 \text{ мм};$$

$$d_{шп} = 300 \text{ мм};$$

$$\omega_{шп} = 1,6 \cdot \frac{530}{300} = 2,83 \frac{\text{рад}}{\text{с}};$$

$$P_1 = 25 \cdot 2,83 = 70,75 \text{ Вт}.$$

$$m_{рот} = 156 \text{ кг};$$

$$f_{рот} = 0,176;$$

$$\delta = 0,16;$$

$$P_2 = 156 \cdot 9,81 \cdot (0,176 + 0,16) \cdot 1,6 = 822,72 \text{ Вт};$$

$$m_{уст} = 732 \text{ кг};$$

$$b = 200 \text{ мм};$$

$$l = 50 \text{ мм};$$

$$\sin \alpha = \frac{\pi \cdot 530 \cdot 200 + \sqrt{(\pi \cdot 530)^2 - 200^2 + 1}}{(\pi \cdot 530)^2 + 50^2} = 0,24;$$

$$\alpha = 14^\circ;$$

$$v_{уст} = \frac{0,53 \cdot \operatorname{tg} 14^\circ \cdot 1,6}{2\pi} = 0,033 \text{ м/с}.$$

$$f_{уст} = 2,3$$

$$P_3 = 732 \cdot 9,81 \cdot (2,3 + \sin 6^\circ) \cdot 0,033 = 569,80 \text{ Вт};$$

$$\eta_{12} = 0,9 \cdot 0,95 = 0,86;$$

$$\eta_3 = \eta_{лан}^2 = 0,9^2 = 0,8;$$

$$P_{осн} = \frac{70,75 + 822,72}{0,86} + \frac{569,8}{0,8} = 1751,17 \text{ Вт};$$

$$P_{1доп} = 74,47 \text{ Вт};$$

$$P_{2доп} = 1000 \text{ Вт};$$

$$P_{3доп} = 4000 \text{ Вт};$$

$$P_{4доп} = 1000 \text{ Вт}.$$

$$P_{5доп} = 300 \text{ Вт}.$$

$$P_{доп} = 74,47 + 4 \cdot 1000 + 4000 + 1000 + 300 = 9374,47 \text{ Вт};$$

$$\eta_1 = 0,98 \cdot 0,71 = 0,7.$$

$$P \frac{P_{осн} + P_{доп}}{\eta_1} = \frac{1751,17}{0,7} + 9374,47 = 11876,14 \text{ Вт}.$$

Швидкість руху ізоляційної машини по трубі і частота обертання головки, що обмотує, регулюються таким чином, щоб їх зміна не впливала на якість ізоляції, тобто не змінювались крок намотування, кут нахилу шпулі і напуск.

Розвиток ізоляційних машин для будівництва та ремонту трубопроводів останнім часом проводиться в таких напрямках:

– створення принципово нових машин у зв'язку із змінами в технології проведення робіт, викликаними збільшенням ремонтних робіт;

– більш широке застосування машин безперервної дії замість машин періодичної дії;

– підвищення надійності та довговічності машин;

– впровадження автоматизації управління машинами.

Відомий автоматизований пристрій для намотування полімерно-композитного бандажа на трубу [3], що дозволяє отримати захисні по-

криття з високими техніко-експлуатаційними властивостями завдяки автоматизованому регулюванню процесом натягу накладання ізоляційної стрічки з полімерним комposito на трубу, що забезпечує високу адгезію покриттів з поверхнею металу. Проте, зміни в технології проведення ізоляційних робіт призводять до збільшення об'єму ремонтних робіт і вимагають застосування більш ефективних пристроїв для нанесення ізоляційного покриття.

Автором розроблено автоматизовану установку для нанесення ізоляційного покриття на трубопровід, згідно із розробленим способом його нанесення. Установка може використовуватись без зупинки технологічного процесу перекачування продукту через трубопровід. Можливим є монтаж дозволяє встановлення установки без демонтажу і розрізання труб. Вдосконалення вузла автоматизованого керування дає змогу виключити шкідливий вплив динамічних і атмосферних чинників на процес нанесення ізоляційної стрічки, поліпшити рівномірність нанесення технологічних розчинів, що дозволить досягти високоякісного покриття і, в кінцевому рахунку, збільшить тривалість експлуатації трубопроводів.

Автоматизована установка для нанесення ізоляційного покриття на трубопровід, що включає силову частину, механізм для обмотування трубопроводу ізоляційною стрічкою, який містить шпулярник з бобіною, вузол автоматичного керування процесом обмотування, до складу якого входить блок керування, що включає регулятор натягу, підсилувач і тиристорний перетворювач. Згідно з винаходом силова частина з додатково введеним ходовим механізмом змонтована на рамі і включає двигун внутрішнього згоряння із генератором, бак для пального, редуктор, муфту зчеплення, привод трьох пар гумових роликів, який передає обертовий момент від двигуна до гумових роликів привід гвинтових насосів, з'єднаних із ємностями для технологічних розчинів, які сполучені через трубопроводи із соплами, розташованими над оброблюваною поверхнею труби. В задній частині рами розташований робочий ротор установки, що включає привод зубчастого робочого колеса, нерухомо закріпленого на рамі на вісі і встановленого у напрямній, з'єднаного через шестерню та ланцюгову передачу із редуктором. На рамі також змонтовано опорні ролики і противага.

Механізм для обмотування трубопроводу ізоляційною стрічкою додатково містить кронштейни рушників, закріплених до торцевої поверхні зубчастого колеса, до якого закріплений також кронштейн шпулярника. Вузол автоматичного керування процесом обмотування ізоляційною стрічкою складається із ультразвукового давача відстані, муфти порошкової і блоку керування, закріплених до кронштейна шпулярника. При цьому живлення системи керування здійснюється від трансформатора постійного струму, змонтованого на рамі через нерухомі струмозміначі і рухомі контактні мідні напівкільця, змонтовані на роторі.

Зубчасте робоче колесо і напрямна складаєні з двох секторів, де напрямна містить замок фіксації для з'єднання двох її секторів напрямної для цільності робочого зубчастого робочого колеса.

Регулятор натягу блоку керування з'єднаний із ультразвуковим давачем, а тиристорний перетворювач – із порошковою муфтою.

Розташування силової частини на рамі із ходовим механізмом, забезпечує поступальний рух установки по поверхні труби без перекидання, в той час, як працює механізм для обмотування трубопроводу, який обертається навколо осі труби.

Введення в установку чотирьох ємностей дозволяє змінювати технологію нанесення покриття залежно від пошкоженості трубопроводу, заповнюючи ємності різними технологічними розчинами, що робить установку універсальною.

Насоси, що подають технологічні розчини безпосередньо через сопла в зону оброблюваної поверхні, а також рушники, що рівномірно розподіляють нанесені компоненти, забезпечують високу якість нанесення покриття.

Виконання зубчастого колеса і напрямної, в якій він встановлений, у вигляді двох секторів, де напрямна містить замок для фіксації двох секторів напрямної із забезпеченням зчеплення із зубчастим робочим колесом, дозволяє встановлювати установку на діючий трубопровід без демонтажу і розрізання труб.

Як виконавчий механізм у вузлі автоматичного керування процесом обмотування ізоляційною стрічкою застосована порошкова муфта, яка змінює гальмівний момент (момент опору обертання бобіни) залежності від сили струму, поданої на неї з блоку керування, що дозволяє непрямим способом здійснювати автоматичне регулювання натягом.

Застосування безконтактного ультразвукового давача відстані дає можливість виключити шкідливий вплив відцентрової сили деталей, що обертаються, вібрації і нерівномірності ходу установки та температурних деформацій деталей кріплення давача.

Винахід ілюструється кресленням, де на рис. 1 зображено загальний вид установки, на рис. 2 – вигляд А на рис. 1, на рис. 3 – вигляд Б на рис. 1.

Автоматизована установка для нанесення ізоляційного покриття на трубопровід складається з таких головних вузлів: силової частини і ходового механізму, механізму для обмотування трубопроводу, вузла автоматичного керування процесом обмотування.

Силова частина з ходовим механізмом змонтована на рамі 1, включає: двигун внутрішнього згоряння 2; генератор 3; бак для пального 4; редуктор 5; муфту зчеплення 6; привод 7 трьох пар гумових роликів 8, який передає обертовий момент від двигуна 2 до гумових роликів, а ті, в свою чергу, забезпечують поступальний рух установки по циліндричній поверхні труби вздовж її осі; привод 9; гвинтових насосів 10,11,12,13, які з ємностей для смоли 14

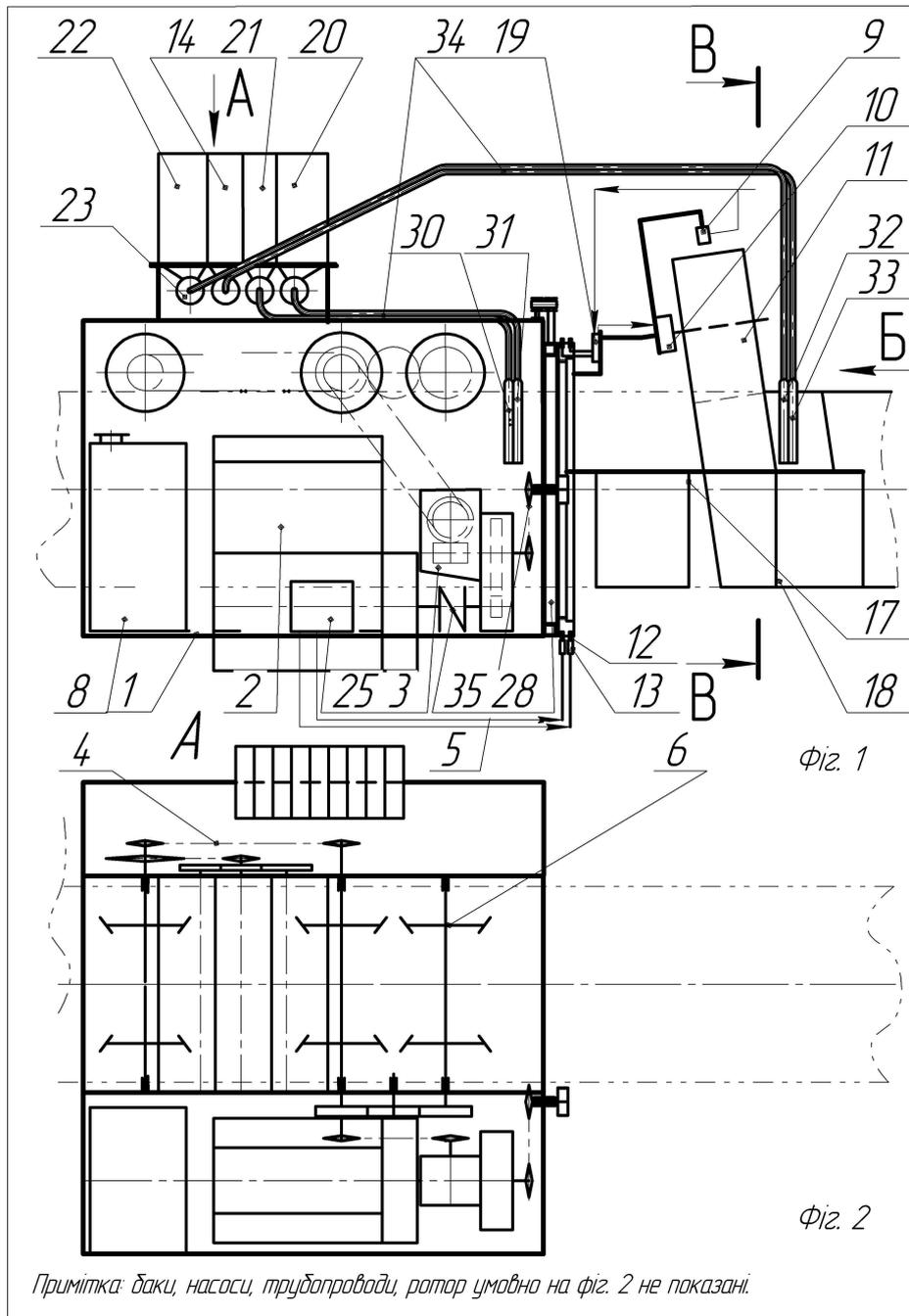


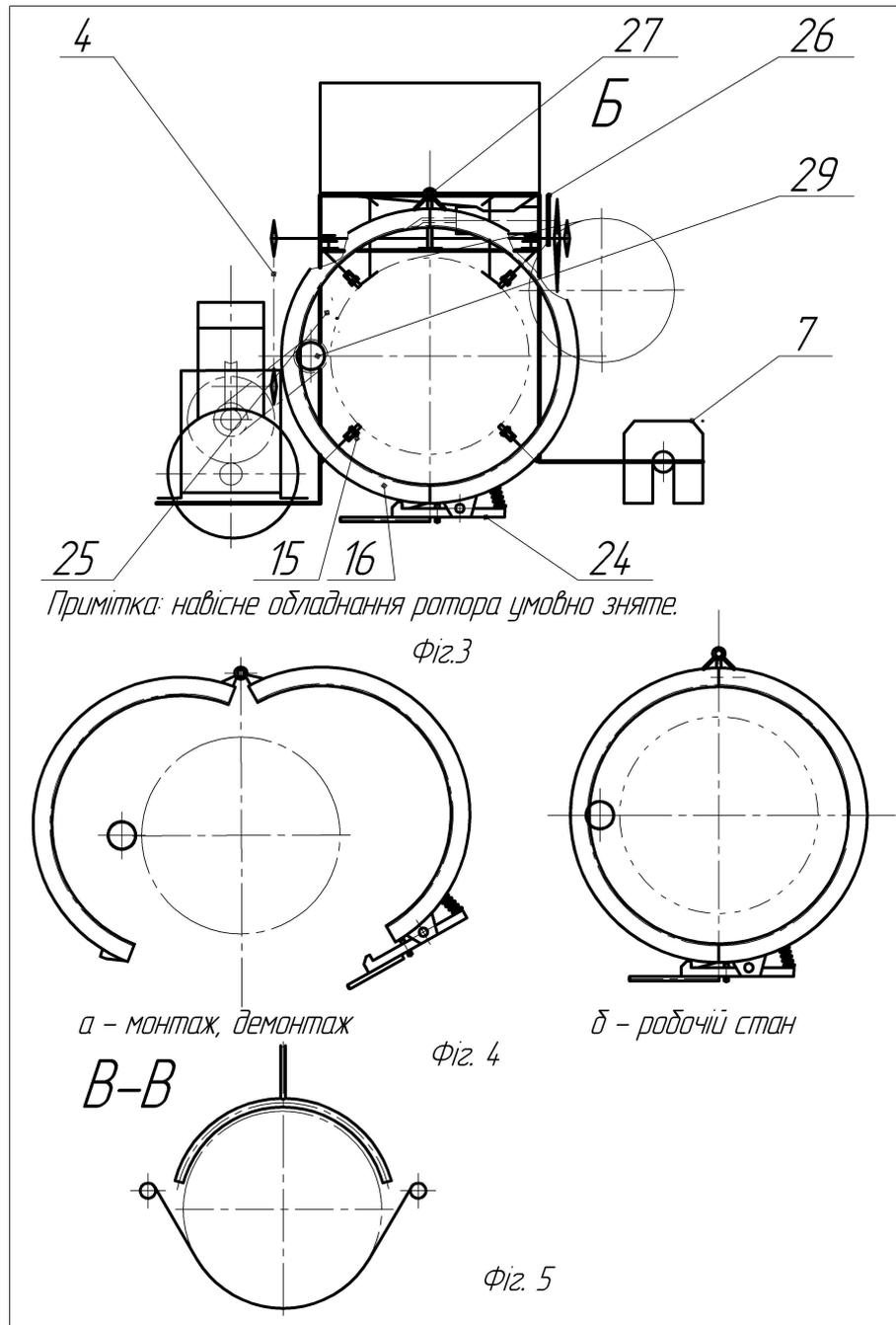
Рисунок 1 – Загальний вигляд установки

для затверджувача 16 для поліуретану 17 подають технологічні розчини відповідно трубопроводами 18, 19, 20, 21 через сопла 22, 23, 24, 25 в дефектну зону на трубопроводі ємності 16 і 17 додатково споряджені термонагрівачами, а ємність 17 – ще й міксером. З правої сторони рами розташований робочий ротор установки, що включає привод 26 зубчастого робочого колеса 27, нерухомо закріпленого на рамі на вісі 28, і встановленого у напрямній 29. Зубчасте робоче колесо 27 і напрямна 29 складаються з двох секторів. Один із секторів напрямної обладнаний замком 30 для фіксації секторів напрямної в робочому (замкненому) стані, в якому напрямна входить в зчеплення з зубчастим

робочим колесом 27, чим забезпечує його обертання навколо труби.

Обертний момент від циліндричної ступені редуктора 5 через ланцюгову передачу та шестерню 31 передається на робочий ротор установки. На рамі 1 змонтовано опорні ролики 32 для центрування установки відносно труби і противага 33 для врівноваження силової частини установки відносно труби для запобігання перекиданню при нанесенні ізоляційного покриття.

Механізм для обмотування трубопроводу включає кронштейн шпулярника з бобіною 34 і кронштейни рушників: 35 – для епоксидної смоли, 36 – для затверджувача.



Кронштейни шпулярника і рушників закріплені до торцевої поверхні зубчастого колеса 27.

Вузол автоматичного керування процесом обмотування ізоляційною стрічкою складається з ультразвукового давача відстані 37, муфти порошкової 38, блоку керування 39, закріплених до кронштейна шпулярника 34. Блок керування 39 споряджений джерелом автономного живлення постійним струмом, що забезпечується ізовольованими мідними контактними півкільцями 40, розташованими у пазах по зовнішній поверхні зубчастого робочого колеса 27, токознімачами 41 що знаходяться на поверхні напрямної 29.

#### Автоматичне регулювання натягу ізоляційної стрічки

Система автоматичного регулювання натягу ізоляційної стрічки включає: давач, виконавчий механізм, блок керування.

Як виконавчий механізм застосовано порошкову муфту. Муфта дає можливість змінювати гальмівний момент (момент опору обертання) в залежності від сили струму, поданої на неї.

Як давач застосовано ультразвуковий давач відстані моделі 1425 виробник PEPPERL+FUCHS, оскільки застосування безконтактного давача дає можливість уникнути шкідливого впливу відцентрової сили, вібрації, наявності нерівномірності ходу машини та тем-

пературного розширення металічних частин давачів.

Як джерело струму застосовано генератор моделі 65 А 191.3771.

В обраній системі керування регулювання сили натягу здійснюється непрямим способом. Залежно від відстані від давача до зовнішньої поверхні бобини (радіуса бобини) змінюється сила струму, яка подається на муфту і, таким чином, змінюється гальмівний момент, зміна якого призводить до зміни (забезпечення постійної) сили натягу плівки.

Визначення закону регулювання.

Диференціальне рівняння обертання бобини

$$\sum M_{ix} = 0.$$

Розглядаємо бобину, як циліндр змінного радіуса.

На бобину діють сили:

$M_{on}$  – момент опору;

$T$  – сила натягу;

$M^{in}$  – момент сил інерції.

$M^{in} + M_{on} - T \cdot R = 0$ ;

$M^{in} = \varepsilon \cdot J$ .

$M_{on} = M_{onc} + M_{ond}$ ,

де:  $M_{onc}$  – постійний момент опору;

$M_{ond}$  – змінний (динамічний) момент опору.

$J = \frac{1}{2} m R^2 = \frac{1}{2} k R^4$ ;

$\frac{1}{2} k R^3 \varepsilon + M_{onc} + M_{ond} - T \cdot R = 0$ .

$M_{ond} = T \cdot R - \frac{1}{2} k R^4 \varepsilon - M_{onc}$ .

$\{\varepsilon, M_{onc}\} = \text{const}$ .

$M_{onc} = f \cdot R^2$ .

$M_{ond} = T \cdot R - \frac{1}{2} k \cdot R^4 \varepsilon - f R^2$ .

Таким чином, одержано функціональну залежність  $M_{ond} = f(R)$ , що забезпечує система автоматичного регулювання.

Система автоматичного регулювання працює так.

Генератор 1 живить трансформатор 2, який, в свою чергу, живить блок керування 3 і давач 4. Сигнал від давача 4, залежності від радіуса  $R$  бобини, надходить на блок керування 3, а з блоку керування сигнал (згідно з функціональною залежністю  $M_{ond} = f(R)$ ) – поступає на порошок муфту 5, на якій, залежно від сигналу, що надійшов, генерується відповідний змінний динамічний момент опору.

Блок керування 39 складається із послідовно з'єднаних регулятора натягу 42, підсилювача 43, тиристорного перетворювача 44.

Установка працює наступним чином.

Перед встановленням установки на трубу, поверхню труби очищують від ушкодженого покриття, відшарувань та інших дефектів, здатних суттєво знизити властивості нанесеного покриття.

На підготовлену поверхню при розкритих секторах напрямної 29 підйомним механізмом установку опускають на трубу. Сектори напрямної, які охоплюють трубу, фіксують замком 30, опорні ролики 32 центрують установку відносно циліндричної поверхні труби. Встановлюють на кронштейни рушники 35, 36 і бобину з ізоляційною стрічкою на шпулярник 34, закріплюючи кінець стрічки на поверхні труби, заправляють бак для палива 4, а ємності 14, 15, 16, 17 технологічними розчинами, запускають двигун 2 і включають муфту зчеплення 6. Обертний момент від двигуна 2 через муфту зчеплення 6, через циліндричну і черв'ячну передачі редуктора 5 та ланцюгову передачу передаються на шестерню 31 і гумових роликів 7, що забезпечує поступальний рух установки вздовж поверхні труби.

Одночасно обертний момент від циліндричної ступені редуктора 5, через ланцюгову передачу і шестерню 31 передається на робочий ротор машини і до гвинтових насосів.

Технологічні розчини з насосів наносяться шарами на трубу таким чином, щоб досягти високоякісного покриття, для чого ємності 14, 15, 16, 17 заправляють технологічними розчинами: ємність 14 – смолою, ємність 15 – затверджувачем, ємність 16 – затверджувачем, ємність 17 – попередньо підготовленим поліуретаном, що включає підігрів до 35°C, в якості якої може бути застосоване поліуретанове антикорозійне покриття Scotchkote™ 352.

По трубопроводах 18, 19, 20, 21 через сопла 22, 23, 24, 25 технологічні розчини подають на оброблену поверхню трубопроводу. Сопла розташовані таким чином, що спочатку на поверхню труби наносять шар смоли з ємності 14, зверху шар затверджувача з ємності 15, а рушник 35, здійснюючи обертний рух разом із робочим ротором машини, рівномірно розподіляє обидва компоненти по поверхні труби. Потім на нанесений шар намотується ізоляційна стрічка (наприклад, скловолокно).

При роботі установки обертання ротора забезпечує розмотування ізоляційної стрічки з бобини шпулярника 34. Оскільки один із кінців прольоту стрічки приклеєний до поверхні труби, а другий знаходиться на бобині, стрічка займає положення дотичної площини до циліндричної поверхні труби, що забезпечує намотування стрічки на трубу. Після накладання ізоляційної стрічки на неї накладається шар підігрітого до 15°C затверджувача з ємності 16, а зверху — підігрітого до 60°C поліуретану з ємності 17. Підігрів здійснюється термонагрівачами, що входять до складу ємностей. Нанесені на поверхню труби затверджувач і поліуретан рівномірно розподіляються рушником 36 по поверхні, з накладеною стрічкою.

Для якісного намотування стрічки на шар епоксидної смоли, необхідно забезпечити постійне значення сили натягу в залежності від радіуса шпулі. В даній системі регулювання сили натягу здійснюється непрямыми способом згідно із функціональною залежністю

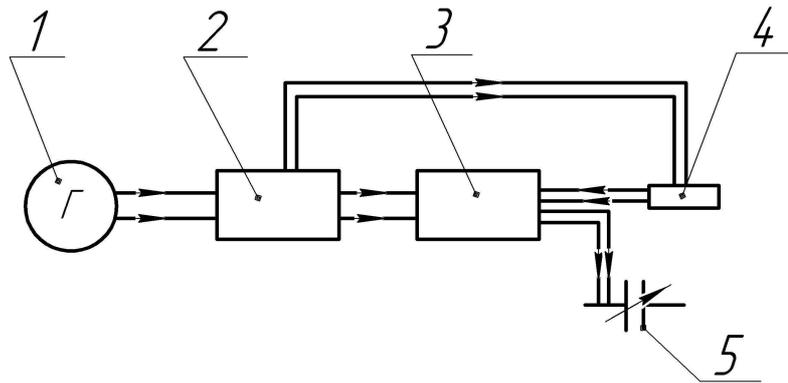


Рисунок 2 – Блок схема автоматичним керуванням автоматичним процесом обмотування ізоляційною стрічкою

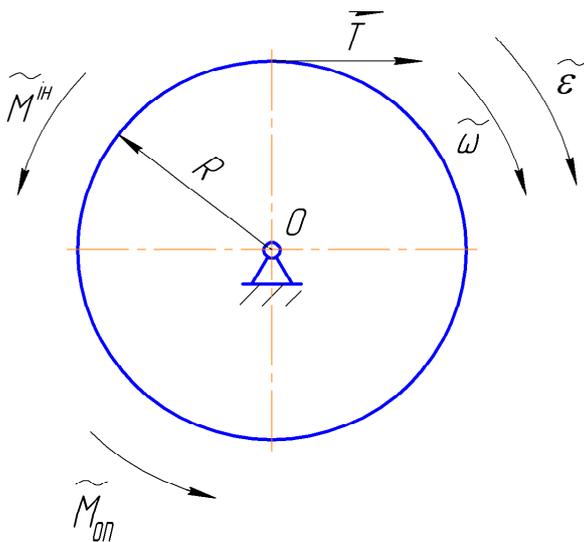


Рисунок 3 – Розрахункова схема

$$M_{оп} = f(R),$$

де:  $M_{оп}$  – змінний, динамічний момент опору обертання бобіни;

$R$  – радіус розмотування рулону.

У процесі намотування стрічки на трубу, радіус  $R$  розмотуваного із шпулярника 34 рулону зменшується. При цьому збільшується натяг стрічки. Для забезпечення постійного натягу впродовж всього процесу намотування у винаході передбачена програмована зміна сили струму, що подається на муфту 38.

Залежно від відстані від ультразвукового давача 37, до зовнішньої поверхні бобіни змінюється сила струму, який надходить від давача на блок керування 39, де у регуляторі натягу, що входить до складу блоку, порівнюється з величиною заданого сигналу, який згідно з вимогами технології повинен дорівнювати 50 кГс. У випадку неузгодження цих величин сформований на виході блоку 39 керуючий сигнал з тиристорного перетворювача, що входить до складу блоку, надходить на порошкову муфту 38, на якій, залежно від сигналу, що надійшов, генерується відповідний змінний динамічний момент опору. Обертання бобіни призводить до зміни сили натягу стрічки.

## Висновок

Завданням винаходу є вдосконалення автоматизованого пристрою для намотування полімерно-композитного бандажу на трубу шляхом введення нових конструктивних вузлів, що дозволяють використовувати установку без зупинки технологічного процесу перекачування продукту через трубопровід, встановлювати установку без демонтажу і розрізання труб, змінювати технологію нанесення багатокомпонентного покриття в залежності від умов нанесення і ступеня дефектності пошкодження поверхні труб, вдосконалити вузол автоматичного керування і виключити шкідливий вплив завад технічних параметрів установки на процес нанесення ізоляційної стрічки, поліпшити рівномірність нанесення технологічних розчинів, що дозволить досягти високоякісного покриття і, в кінцевому рахунку, збільшити тривалість і працездатність трубопроводів.

## Література

- 1 Мартинюк Т.А. Машини для спорудження трубопроводів: навч. посібник / Т. А. Мартинюк, О. Б. Чернова. – Івано-Франківськ: вид-во Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу, 2003. – 349 с.
- 2 Трубопроводи сталеві магістральні. Загальні вимоги до захисту від корозії: ДСТУ 4219-2003 [чинний від 2003-00-00]. – К.: Держстандарт України, 2003. – 00 с.
- 3 Патент України 92 557, МПК F16L S8/00, B65H 23/18. Автоматизований пристрій для намотування полімерно-композитного бандажу на трубу / Т. П. Венгринюк, Б. В. Копей, В. Б. Копей; заявник і патентовласник Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу. – Заявл. 22.06.2009; опубл. 10.11.2010, Бюл. № 21.

Стаття надійшла до редакційної колегії  
29.02.12

Рекомендована до друку професором  
Грудзом В.Я.