

УДК 681.516.75

ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ТА ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ОБЛАДНАННЯ З ВИГОТОВЛЕННЯ СКЛОПЛАСТИКОВИХ ТРУБ**А. І. Гладир, О. Ю. Лещук**Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна. E-mail: leshchuk_oleksiy@mail.ru**А. С. Шевченко, С. Ф. Шевченко**

ТОВ «Науково-виробнича фірма КОМПЛАСТ»

вул. Примакова, 46, м. Харків, 61000, Україна. E-mail: komplast@vega.com.ua

Проведено аналіз технологічного устаткування виготовлення труб на основі композиційних матеріалів методом намотки. Визначено основні особливості роботи промислового обладнання, що впливають на якість готової продукції. Створено математичний опис процесу роботи технологічного обладнання при виготовленні труб із заданими геометричними параметрами. Розроблено базовий алгоритм керування роботою механізмів обертання оправки та руху розкладача стрічки композиційного матеріалу. Створено додатковий алгоритм корегування технологічно заданого значення вистою розкладача на краях оправки при сталості всіх інших параметрів, що дозволяє зменшити необхідність механічної обробки виробів на кінцевому етапі. За результатами попередніх досліджень надано структурну схему пристрою для завдання режиму роботи взаємопов'язаних частотно-регульованих електроприводів оправки та розкладача, що дозволить підвищити якість готової продукції, зменшити енергозатрати на її виготовлення та розширити номенклатурний ряд труб.

Ключові слова: автоматизована система, намотування труб, композиційні матеріали.**ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА И ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ОБОРУДОВАНИЯ ПО ПРОИЗВОДСТВУ СТЕКЛОПЛАСТИКОВЫХ ТРУБ****А. И. Гладырь, А. Ю. Лещук**Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского
ул. Первомайская, 20, г. Кременчуг, 39600, Украина. E-mail: leshchuk_oleksiy@mail.ru**А. С. Шевченко, С. Ф. Шевченко**

ООО «Научно-производственная фирма КОМПЛАСТ»

ул. Примакова, 46, г. Харьков, 61000, Украина. E-mail: komplast@vega.com.ua

Проведен анализ технологического оборудования изготовления труб на основе композиционных материалов методом намотки. Определены основные особенности работы промышленного оборудования, влияющие на качество готовой продукции. Создано математическое описание процесса работы технологического оборудования при изготовлении труб с заданными геометрическими параметрами. Разработан базовый алгоритм управления работой механизмов вращения оправки и движения раскладчика ленты композиционного материала. Создан дополнительный алгоритм корректировки технологически заданного значения выстоя раскладчика на краях оправки при постоянстве всех других параметров, что позволяет уменьшить необходимость механической обработки изделий на конечном этапе. По результатам предыдущих исследований представлена структурная схема устройства для задания режима работы взаимосвязанных частотно-регулируемых электроприводов оправки и раскладчика, что позволит повысить качество готовой продукции, уменьшить энергозатраты на ее изготовление и расширить номенклатурный ряд труб.

Ключевые слова: автоматизированная система, наматывание труб, композиционные материалы.

АКТУАЛЬНІСТЬ РАБОТИ. На сьогоднішній день в багатьох галузях промисловості та народного господарства все більше зростає попит на вироби, виготовлені на основі композиційних матеріалів (КМ), що обумовлено їх гарними експлуатаційними характеристиками – висока міцність, фізична та хімічна стійкість при відносно малій вазі [1–7].

Особливо гостро у народному господарстві стоїть проблема широкого впровадження труб, що виготовляються на основі КМ, оскільки їх характеристики дозволяють суттєво зменшити затрати на монтажні роботи та поточне обслуговування. Зростання вимог до якості даного виду продукції призводить до необхідності покращення характеристик технологічного обладнання – збільшення продуктивності та енергоефективності промислового устаткування. Але заміна застарілого технологічного обладнання та розробка нового за рахунок використання сучасних засобів автоматизації потребує створення нових алгоритмів управління, що повинні забезпечувати відповідну якість продукції, максимальну продуктив-

ність та енергоефективність обладнання.

Метою роботи є розробка автоматизованої системи з виготовлення труб на основі КМ методом намотування за рахунок використання сучасних систем регульованого асинхронного електропривода та новітніх засобів автоматизації систем управління технологічним процесом (АСУ ТП).

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Технологічне обладнання з виготовлення склопластикових труб складається з двох механізмів (рис. 1): механізму обертання оправки (дорна) та механізму пересування стрічки КМ вздовж всієї оправки.

Принцип роботи обладнання з виготовлення труб на основі КМ полягає в безперервному обертанні металеві оправки діаметром d , на яку намотується скловолокно у вигляді стрічки шириною b . Залежно від заданих геометричних параметрів труби (L – довжина, d – внутрішній діаметр, s – товщина) та внутрішньої будови (α – кут армування) здійснюється керування роботою розкладаючого КМ механізму вздовж оправки [1, 3, 4].

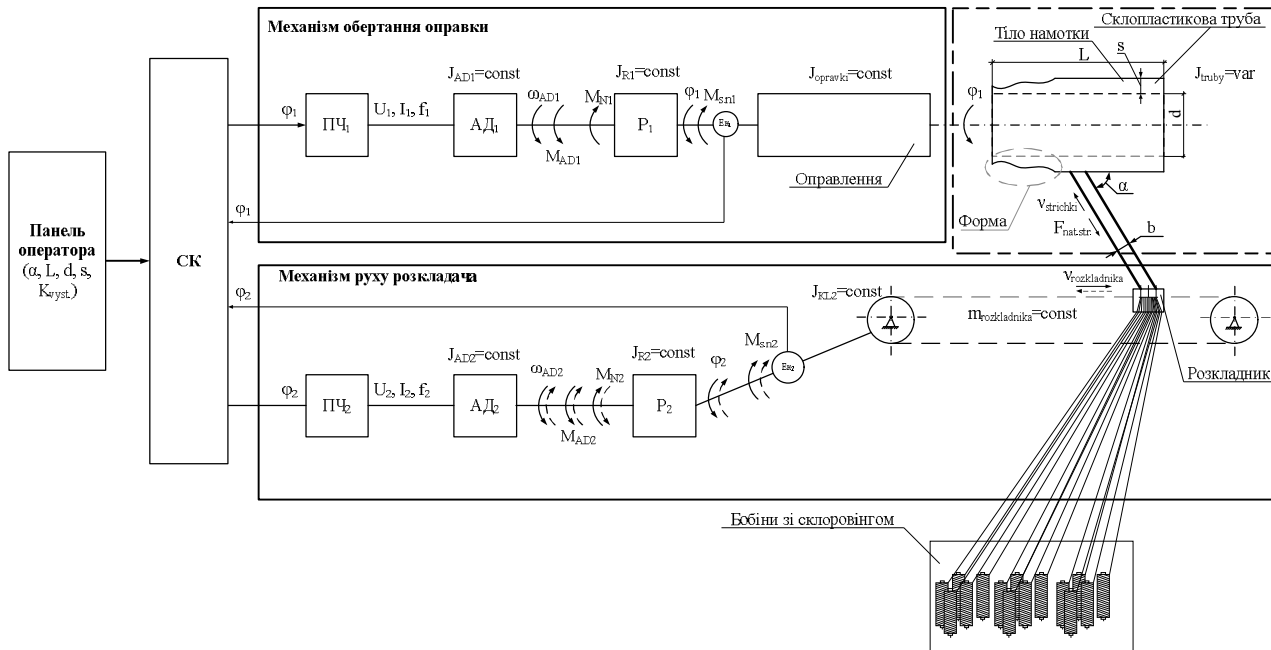


Рисунок 1 – Структурна схема технологічного механізму виготовлення виробів методом намотування

Представлена на рис. 1 структурна схема технологічного механізму з виготовлення виробів методом намотування складається з наступних частин:

- механізм обертання оправки, що складається з металевої оправки, яка приводиться до руху шляхом передачі через редуктор P_1 механічної енергії від ротора частотно-регульованого асинхронного двигуна (ПЧ₁–АД₁);

- механізм руху розкладача забезпечує вздовжній рух каретки з пристроєм формування стрічки КМ вздовж оправки за рахунок ланцюгової передачі, привідна зірка якої обертається завдяки передачі через редуктор P_2 обертального руху валу частотно-регульованого асинхронного електропривода (ПЧ₂–АД₂);

- склопластиковая труба, параметри якої визначаються як результат узгодженої роботи двох головних складових технологічного устаткування;

- бобини зі склоровінгом, ролінг з яких подається до каретки розкладника для формування з них стрічки та подальшого намотування на оправку;

- система керування складається з програмованого цифрового пристрою керування, що на основі введених основних параметрів труби формує сигнали завдання роботою регульованих електроприводів та контролює фактичне значення кута повороту чи швидкості обертання вихідних ланок кінематичних ланцюгів за допомогою цифрових датчиків положення/швидкості E_{n1} та E_{n2} .

Для роботи системи керування необхідно забезпечити її інформацією:

- про геометричні параметри готової продукції (L, d, s) та внутрішню будову (α);

- про стан робочих органів та об'єкту керування протягом всього часу намотування труби.

При налаштуванні системи на виготовлення продукції визначеного розміру установлюється відповідна оправка масою m з відповідним зовнішнім ді-

аметром d , яка є основою для намотування труби. Весь механізм являє собою електропривод з чітко визначеними параметрами кінематичного ланцюга, а його момент інерції всього механізму розраховується за наступним виразом:

$$J = J_{AD1} + J_{R1} + J_{оправки} + J_{трубы}$$

де $J_{AD1} = const, J_{R1} = const, J_{оправки} = const, a J_{трубы} = var$.

Зміна моменту інерції труби приводить до поступового збільшення сумарного моменту опору електромеханічної системи в зв'язку зі збільшенням маси та зовнішнього діаметру труби під час її виготовлення. При цьому система керування може контролювати лише фактичну швидкість обертання валу оправки.

Внутрішня структура та форма труби залежить від схеми розкладання КМ на поверхню оправки, що здійснюється за рахунок контрольованого руху розкладача вздовж дорна. Відповідно, точність позиціонування розкладача в кожен момент часу відносно положення оправки визначає якість готової труби. Але при роботі даного механізму здійснюється контроль лише руху валу привідної зірки, а не самого розкладача.

Узгоджена робота двох механізмів технологічного обладнання з виготовлення труб на основі КМ забезпечується системою керування за рахунок контролю фактичного стану привідних передач, а не поточного стану намотування труби. Відповідно система керування не може здійснювати, або здійснює непрямий контроль головних змінних параметрів, що впливають на якість продукції.

Таким чином можна визначити дві групи параметрів:

- 1) неконтрольовані – енергоспоживання електроприводами технологічних механізмів, фактична зовнішня форма труби, зміна моменту інерції труби в процесі її виготовлення ($J_{трубы}$), сила натягу стрічки ($F_{нат.стр.}$);

2) непрямо контрольовані (розраховуються програмно на основі інформації датчиків та відомих значень конструктивних елементів) – фактична довжина (L) та товщина труби (s) під час її намотування, ширина стрічки із волокон КМ (b), кут армування труби (α), лінійна швидкість витягування стрічки ($v_{стрички}$), швидкість пересування каретки розкладника стрічки КМ.

До основних особливостей, що впливають на якість виготовлення труб на основі КМ методом спірально-перехресного намотування відносяться:

1) зміна відстані розкладника від тіла намотування. Як правило, розкладник розташований на фіксованій відстані (H) від осі обертання оправлення. Як видно з рис. 2, залежно від діаметру використовуваного оправлення змінюється відстань h від розкладника до тіла виробу, що призводить до зміни α і, як наслідок, необхідності коригування алгоритмів намотування;

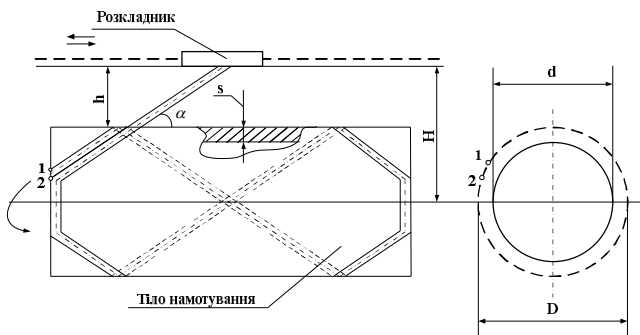


Рисунок 2 – Технологічна схема процесу намотування труб

2) зміна діаметра труби в процесі намотування також впливає на кут укладання. У процесі намотування збільшується діаметр виробу (рис. 2), що призводить до збільшення фактичного кута ук-

ладання (α) і швидкості протягання нитки/стрічки, зменшення якості укладання КМ на краях оправлення й неконтрольованого зменшення відстані розкладника до намотуваної поверхні (h), що виражається в нерівномірності внутрішньої структури й товщини за всією довжиною труби;

3) зміщення точок початку проходу. Обов'язковою технологічною умовою намотування труб є укладання скловолкна або препрегів один біля одного. Недотримання даної вимоги призводить до коливань товщини готового виробу за всією його довжиною й необхідності подальшої механічної обробки зовнішнього шару труби.

Процес укладання нового шару КМ починається на початку оправлення, де край стрічки лягає у точці 1 (рис. 2), після чого відбувається намотування труби, виходячи із заданих технологічних параметрів L , b , d , α . По закінченню циклу намотування розкладник забезпечує укладання стрічки із КМ впритул до її краю покладеної на початку циклу, – розташування крайнього волокна стрічки в точці 2 (рис. 2), яка знаходиться на відстані ширини укладеної стрічки щодо точки 1. На практиці зміщення точки початку проходу відбувається лише при деяких співвідношеннях L , b , d , α і тому вимагає коригування значення одного або двох параметрів, що дозволяє забезпечити вихід у точку 2 після завершення одного циклу намотування КМ.

Для аналізу роботи технологічного обладнання при виготовленні труб на основі КМ проведено моделювання процесу виготовлення труб методом намотки, де особливої уваги приділено розробці та опису побудови алгоритму проходу циклів намотки, що представляється в вигляді системи умов, які описують процес укладки скловолкна (для реалізації наступних циклів, враховуючи зміщення на ширину стрічки).

Процес прямого ходу розкладника скловолкна описується системою (1):

$$L_i(n) = \begin{cases} 0 & \text{if } 0 < n < n_{vyst.} \\ L(n - n_{vyst.}) & \text{if } (n_{vyst.} \leq n < (n_k + n_{vyst.})) \\ L(n - n_{vyst.} + n_{vyst.}) & \text{if } (n_k + n_{vyst.} \leq n < (n_{vyst.} \cdot 2 + n_k)) \\ L(n - n_{vyst.} + n_{vyst.}) - L(n - n_k - 2 \cdot n_{vyst.}) & \text{if } (n_{vyst.} \cdot 2 + n_k) \leq n < n_{\Sigma} + 0 \\ 0 & \text{if } n_{\Sigma} \leq n < n_{\Sigma} + n_{dov.} \end{cases} \quad (1)$$

де L – довжина оправлення, мм; $n_{vyst.}$ – величина вистою розкладника на краях оправки, об., n_{Σ} – кількість обертів оправлення за один цикл руху розкладника, що включає в себе вистій на початку труби, рух від початку до кінця оправлення, вистій на кінці труби та рух до початку оправлення, об., n_k – кількість обертів оправки за час одного прохо-

ду від початку до кінця оправки і навпаки, об.; $n_{dov.}$ – кількість обертів доведення оправки для точної укладки стрічки поряд з намотаною під час попереднього циклу руху розкладника, об.

Процес прямого ходу розкладника скловолкна описується системою (2):

$$Ll_i(n) = \begin{cases} b & \text{if } 0 < n < n_{vyst.} \\ L((n - n_{vyst.}) + b) & \text{if } (n_{vyst.} \leq n < (n_k + n_{vyst.})) \\ L((n - n_{vyst.} + n_{vyst.}) + 0) & \text{if } (n_k + n_{vyst.} \leq n < (n_{vyst.} \cdot 2 + n_k)) \\ L((n - n_{vyst.} + n_{vyst.}) - L(n - n_k - 2 \cdot n_{vyst.}) + 0) & \text{if } (n_{vyst.} \cdot 2 + n_k) \leq n < n_{\Sigma} + 0 \\ b & \text{if } n_{\Sigma} \leq n < n_{\Sigma} + n_{dov.} \end{cases} \quad (2)$$

Циклограма руху розкладника стрічки із КМ (рис. 3), моделює укладання стрічки при заданих коефіцієнтах вистою на початку циклу, а також на краю оправлення. Достатньо складно реалізувати процес намотки, оскільки товщина труби з кожним оборотом оправлення збільшується, і при цьому потрібно корегувати кут армування.

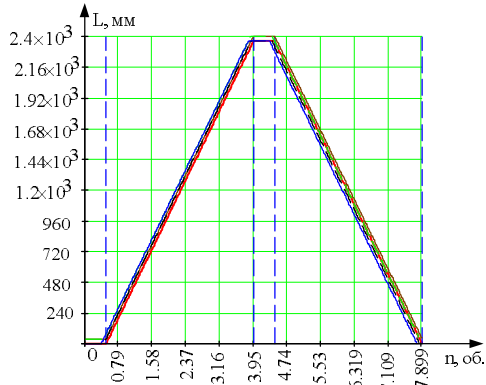


Рисунок 3 – Циклограма проходу трьох циклів намотування

Під час процесу намотування труби відбувається формування виробу заданих геометричних параметрів (рис. 4), але при цьому за рахунок вистою розкладника на краях оправки відбувається потовщення країв труби, що потребує подальшої механічної обробки.

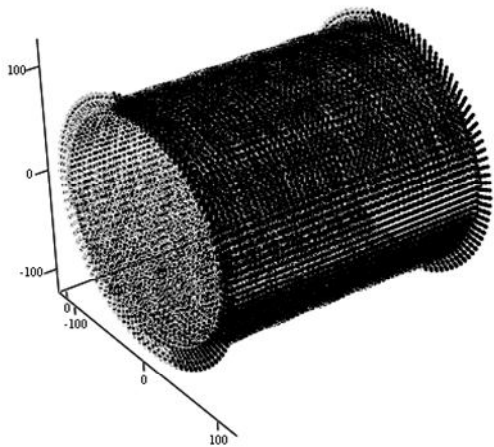


Рисунок 4 – Результати моделювання намотування склопластикової труби

На рис. 5 приведені фрагменти відпрацювання циклів у крайніх положеннях оправлення, де найбільшою мірою потрібний контроль якості викладання КМ.

На рис. 6 надано загальний вигляд циклограми роботи привода розкладника нитководія.

На рис. 7 показано базовий алгоритм роботи автоматизованої системи технологічного обладнання.

Блок 1. Завантаження параметрів роботи стану.

У цьому блоці з пам'яті контролера завантажуються наступні функціональні параметри: довжина оправлення, діаметр оправки, швидкість намотування, ширина намотуванням стрічки, кут укладання стрічки, число циклів укладання КМ.

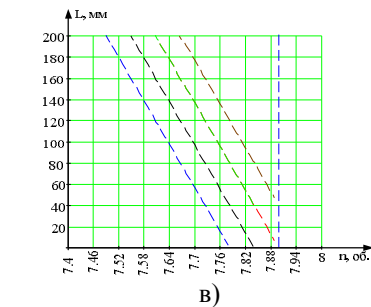
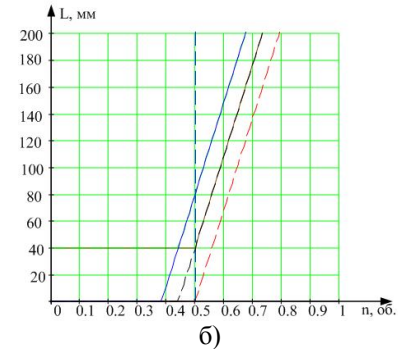
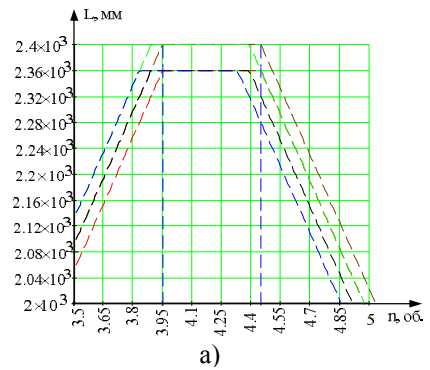


Рисунок 5 – Фрагменти відпрацювання циклів у крайніх положеннях оправлення: а) на протилежному краю оправлення; б) на початку циклу; в) на прикінці циклу викладки КМ

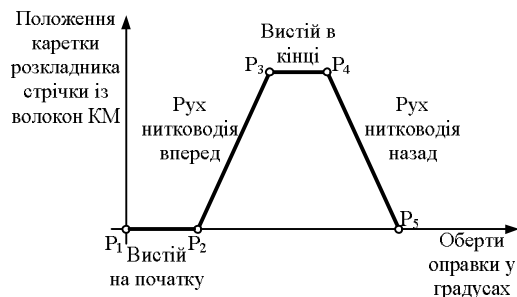


Рисунок 6 – Цикл роботи привода нитководія

Так само завантажуються коефіцієнти енкодерів, після чого система управління готова до початку циклу, очікується натискання кнопки СТАРТ.

Блок 2. Підготовка циклу намотування.

Після натискання кнопки СТАРТ проводиться розрахунок точок прив'язки одного проходу каретки розкладника (вистій на початку, рух уперед, вистій наприкінці, рух назад). Далі виробляється перевірка положення розкладника. Якщо він розташований на нульовому кінцевому, то система управління дає

команду переміщення вперед на 100 мм. Якщо каретка розкладника розташована не на нульовому кінцевому і після вибігу вперед, система управління переміщує розкладник назад до визначення переднього фронту нульового кінцевого. Метою даної

процедури є точне позиціонування каретки розкладника на початку оправки.

Після позиціонування розкладника проводиться скидання значень енкодерів управління та розкладника, запускається обертання управління.

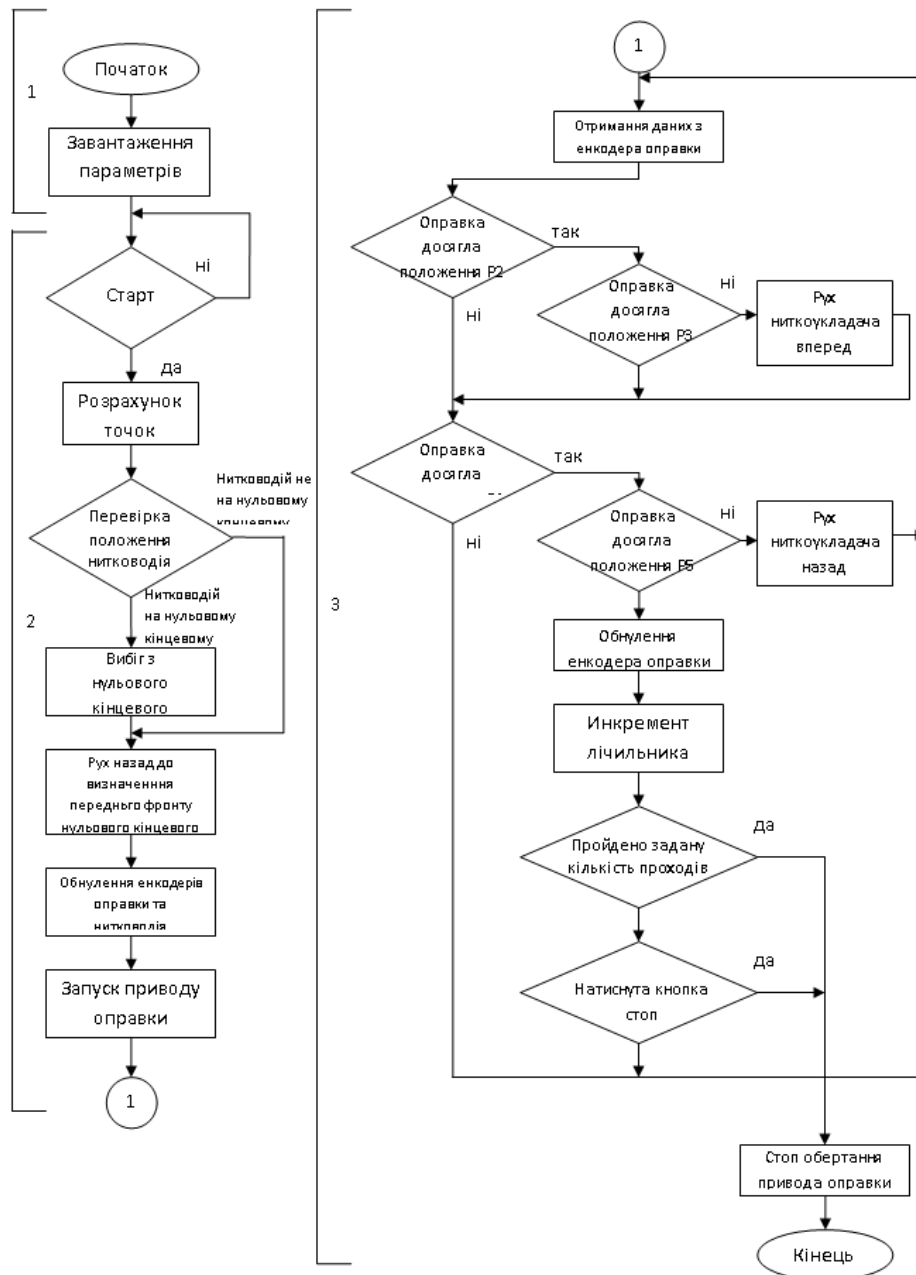


Рисунок 7 – Алгоритм управління процесом роботи системи

Блок 3. Цикл намотування.

Отримані дані з енкодера управління порівнюються з точкою прив'язки P2. Якщо управління не досягло точки P2, то продовжується вистій спочатку проходу, інакше перевіряється, чи досягло управління точки P3. Якщо ні, то відбувається рух розкладника уперед. При досягненні оправкою точки P3, починається вистій наприкінці проходу і проводиться порівняння становища управління з точкою P4. Коли управління досягне точки P4, перевіряється, чи досягло управління точки P5. Якщо управління

не досягло точки P5, то проводиться рух розкладника назад.

Коли положення оправки зрівняється з точкою P5, закінчиться поточний прохід, після чого відбудеться обнулення енкодера управління і лічильник числа проходів збільшиться на одиницю. Якщо виконано задане число проходів, цикл зупиняється. Так само проводиться перевірка натискання кнопки СТОП, яка теж зупиняє цикл намотування.

Враховуючи, що під час намотування циліндричних виробів параметри L, d, D, a жорстко задані, а

коефіцієнт вистою (K_{vyst}) має значення рекомендованого діапазону $\Delta K = K_{max} - K_{min}$, авторами запропоновано алгоритм корегування K_{vyst} (рис. 8) у допустимому діапазоні з урахуванням можливості визначення декількох початкових точок початку укладання стрічки/нитки на краях оправлення (рис. 9).

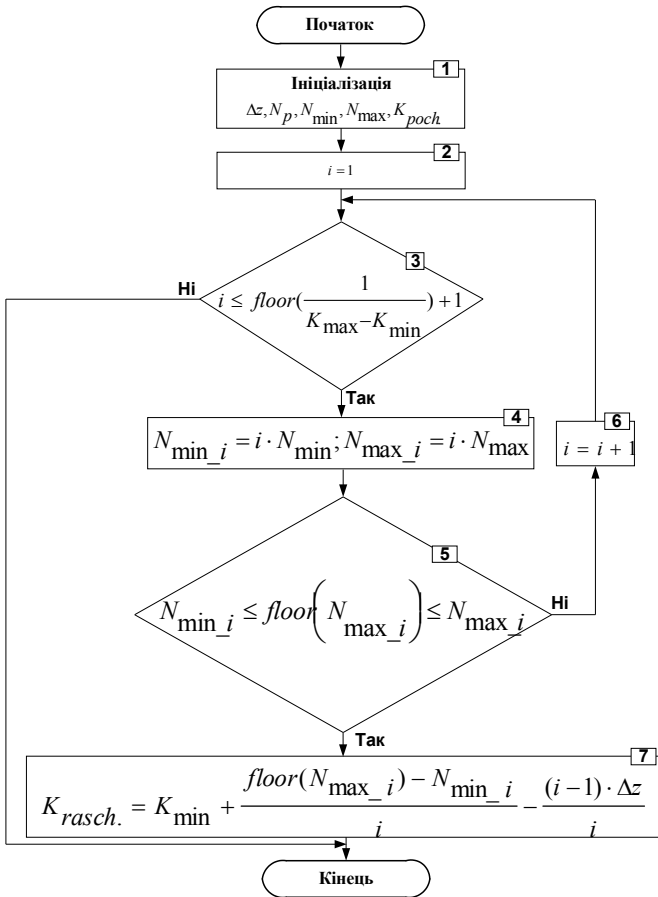


Рисунок 8 – Алгоритм корекції K_{vyst}

Таке коригування дозволить зменшити величину технологічного потовщення на краях оправлення й збільшити стабільність товщини композиційного матеріалу всього виробу за рахунок оптимізації величини вистою розкладчика в межах допустимого діапазону. Розрахунок оптимального K_{vyst} є частиною процесу намотки циліндричних виробів із КМ і має на увазі, що спочатку відомі значення $L, d, \alpha, b, h, K_{min}$ та K_{max} .

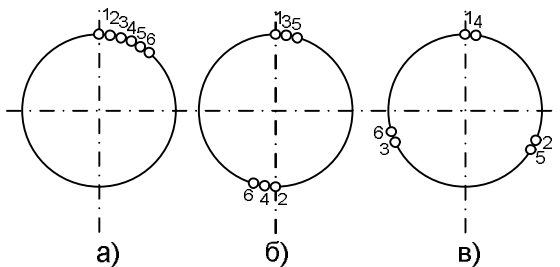


Рисунок 9 – Схема початку укладки шарів лент:
а) початок укладки стрічки з однієї точки;
б) із двох точок; в) із трьох точок

Робота алгоритму починається з розрахунку наступних значень з урахуванням фактичного діаметра труби: Δz – величина зміщення укладання на ширину стрічки; N_p – кількість обертів оправлення при одному проході розкладника; N_{min}, N_{max} – мінімальна й максимальна кількість обертів оправлення при заданих значеннях вистою K_{min} та K_{max} . Далі (блок 2, рис. 8) визначається початкова схема укладання стрічки на краю $i=1$ (рис. 9,а). Після чого відбувається перевірка виконання умови $i \leq \text{floor}(1/(K_{max} - K_{min})) + 1$ (блок 3, рис. 8): якщо умова не виконується, то K_{vyst} залишається без зміни й відбувається закінчення роботи алгоритму; якщо умова виконується, то значення N_{min} і N_{max} множаться на i (блок 4, рис. 8) для спрощення подальших розрахунків. Далі відбувається перевірка виконання умови $N_{min_i} \leq \text{floor}(N_{max_i}) \leq N_{max_i}$ (блок 5, рис. 8), якщо умова не виконується, то відбувається збільшення кількості точок початку укладання стрічки (блок 6, рис. 8) до тих пір, поки не буде досягнуто виконання умови. У кінцевому рахунку досягається визначення i , значення якого визначає схему укладання на краях оправлення (рис. 9,а–в), і проводиться розрахунок K_{vst} (блок 7, рис. 8).

Запропонований алгоритм дозволяє забезпечити повторюваність малюнка намотування армуючого шару труби й мінімізувати потовщення виробів на краях оправлення шляхом корекції величини вистою розкладчика, чим досягається підвищення якості продукції, зменшення енерговитрат на етапі намотування й кінцевої обробки виробу.

Поставлена задача вирішується шляхом використання програмованого логічного контролера (ПЛК), що, у відповідності до обраного оператором значення ($i = \omega_1/\omega_2 \neq 1$ або $i = \omega_1/\omega_2 = 1$) та заданої швидкості ведучого електропривода (ω_{31}), задає необхідну швидкість веденого електропривода на підставі отриманої інформації про поточний стан об'єкту, що надходить до ПЛК від датчиків кута повороту вихідних валів відповідних редукторів [8, 9, 10].

Комплекс (рис. 10) складається із асинхронних двигунів 2 та 6, що живляться від перетворювачів частоти 1, 5 та з'єднані з редукторами 3, 7. Вихідні вали редукторів 5 та 9 з'єднані з валами датчиків контролю кута повороту 4, 8 відповідно, програмованого логічного контролера 10. Програмований логічний контролер (10) є комплектною мікропроцесорною системою керування вищого функціонального рівня, яка складається з програмної та апаратної частин. Остання містить: блок керування ведучим двигуном 10-1, на вхід якого подається сигнал завдання швидкості обертання ведучим двигуном із панелі оператора 12, а вихід блоку 10-1 з'єднано з входом ПЧ₁ (1). Блок завдання швидкості обертання веденого двигуна (10-2) отримує інформацію з панелі оператора (12) про значення заданих параметрів $L, d, s, \alpha, K_{vyst}$ та фактичне положення оправки за допомогою датчика 4. З виходу блоку 10-2 сигнал управління роботою розкладача подається до блоку порівняння 10-3, який корегує сигнал завдання в залежності від інформації, отриманої від датчика 8 про поточну швидкість обертання привода розкладача. Таким чином до входу ПЧ₂ (5) подається сигнал завдання роботою електропривода. Інформаційний вихід ПЛК (10) з'єднано з входом персонального комп'ютера (11).

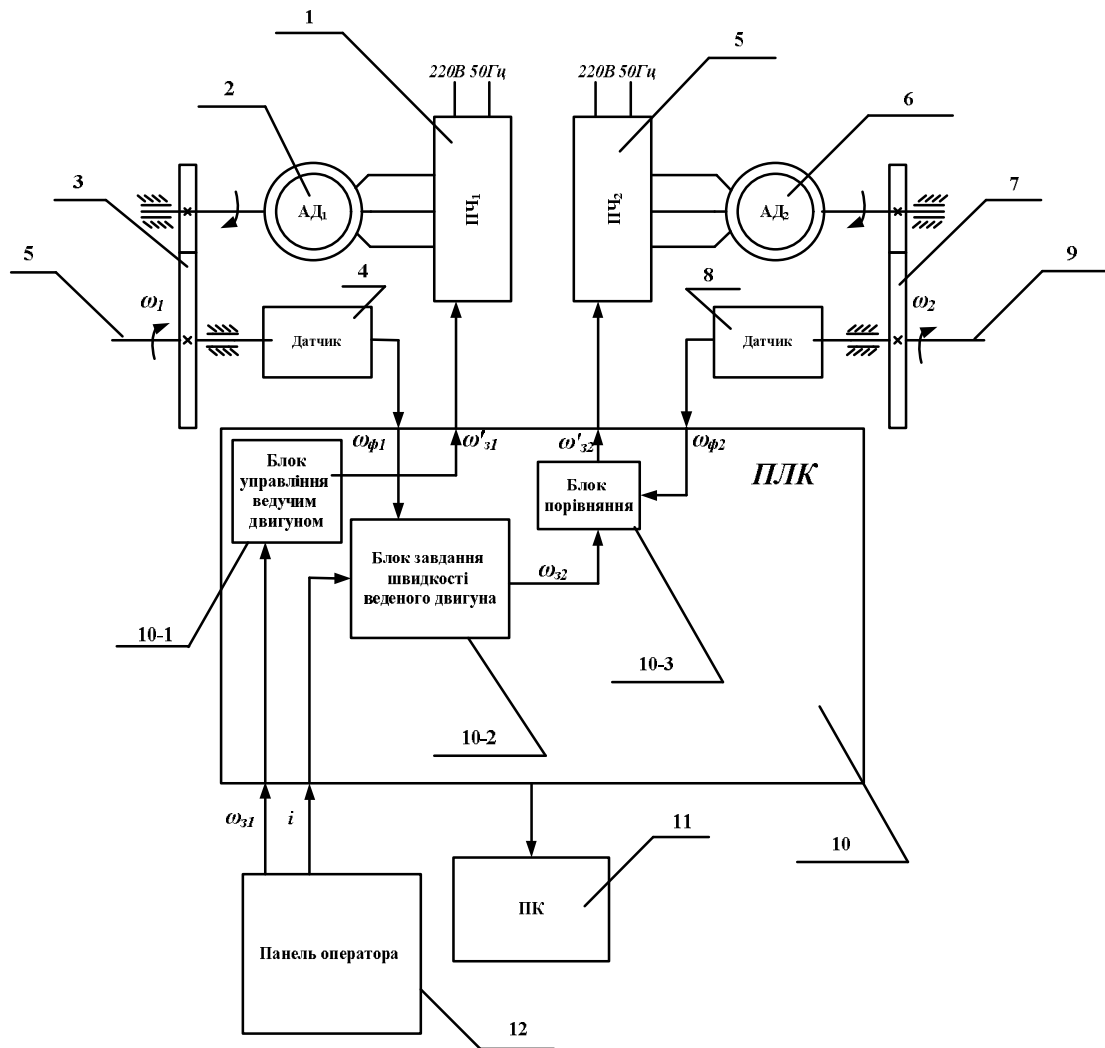


Рисунок 10 – Функціональну схему пристрою для завдання режимів роботи взаємопов'язаних частотно-регульованих електроприводів має наступні позначення:

- 1, 5 – перетворювачі частоти (ПЧ); 2, 6 – асинхронні двигуни (АД); 3, 7 – редуктори;
 4, 8 – датчики кута повороту; 5, 9 – вихідні вали редукторів; 10 – програмований логічний контролер (ПЛК);
 10-1 – блок керування ведучим двигуном; 10-2 – блок завдання швидкості веденого двигуна;
 10-3 – блок порівняння; 11 – персональний комп'ютер (ПК); 12 – задаючий пристрій

Робота комплексу починається з вибору оператором одного з двох режимів роботи взаємопов'язаних частотно-регульованих електроприводів: забезпечення синхронізації швидкостей ($\omega_1 = \omega_2$) або забезпечення їх заданого співвідношення ($i = \omega_1 / \omega_2 \neq 1 = \text{const}$). За допомогою задавального пристрою 12 задаються основні параметри об'єкту керування, що передаються на ПЛК 10 – значення швидкості (ω_{z1}) валу ведучого двигуна, значення співвідношення швидкостей між ведучим та веденим приводами (i). Після введення параметрів розпочинається робота системи керування, що полягає у надходженні від блоку керування ПЛК (10-1) на вхід ПЧ₁ (1) сигналу завдання швидкості обертання (ω'_{z1}) ведучого двигуна (2), одночасному надходженні від датчика (4) до блоку (10-2) інформації про фактичне значення швидкості обертання (ω_1), формуванні блоком (10-2) сигналу завдання веденого привода з урахуванням заданого значення спів-

відношення швидкостей (i), порівнянні блоком порівняння (10-3) заданого (ω_{z2}) та фактичного значення (ω_2) швидкостей веденого привода, формуванні блоком 10-3 скорегованого сигналу завдання швидкості обертання (ω'_{z2}) веденого двигуна АД₂ (6) на ПЧ₂ (5), чим досягається узгоджене обертання кінематичних ланок технологічного механізму.

ВИСНОВКИ. У результаті досліджень було визначено, що застосування взаємопов'язаних частотно-регульованих асинхронних електроприводів та сучасних засобів автоматизованих систем управління технологічним процесом, представлених програмованим логічним контролером та цифровими датчиками положення виконавчих органів, є ефективним та виправданим при виготовленні труб на основі композиційних матеріалів, але потребує подальшого вдосконалення алгоритмів керування, які б забезпечили відповідну якість при максимальній продуктивності обладнання та мінімальні енергозатрати.

ЛІТЕРАТУРА

1. Васильев В.В., Протасов В.Д., Болотин В.В. и др. Композиционные материалы: Справочник. – М.: Машиностроение, 1990. – 512 с.
2. Крижановский В.К., Кербер М.Л., Бурлов В.В., Панيماتченко А.Д. Производство изделий из полимерных материалов. – СПб.: Профессия, 2008. – 460 с.
3. Комков М.А. Технология намотки композитных конструкций ракет и средств поражения. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. – 431 с.
4. Кербер М.Л., Виноградов В.М., Головкин Г.С. и др. под ред. А.А. Берлина. Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология. – СПб.: Профессия, 2008. – 560 с.
5. Перепелкин К.Е. Армирующие волокна и волокнистые полимерные композиты. – М.: НОТ, 2009. – 380 с.
6. Елпатьевский А.Н., Васильев В.В. Прочность

цилиндрических оболочек из армированных материалов. – М.: Машиностроение, 1972. – 168 с.

7. Буланов И.М. Сосуды давления из композиционных материалов в конструкциях летательных аппаратов. – М.: ЦНИИ информации, 1985. – 308 с.

8. Качин С.И., Чернышев А.Ю., Качин О.С. Автоматизированный электропривод. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 162 с.

9. Гладир А.И., Хребтова О.А., Лещук О.Ю. та ін. Патент України на корисну модель UA 82160 H02P 5/00, H02P 25/00. Комплекс для задання режимів роботи взаємопов'язаних частотно-регульованих електроприводів. – № u201300581; заявл. 17.01.2013; опубл. 25.07.2013; Бюл. № 14/2013. – 5 с.

10. Аюшеев Т.В. Геометрические вопросы адаптивной технологии изготовления конструкций намоткой из волокнистых композиционных материалов. – Улан-Удэ.: Изд-тво БНЦ СО РАН, 2005. – 212 с.

IMPROVING THE QUALITY AND EFFECTIVENESS OF EQUIPMENT MANUFACTURING FIBERGLASS PIPES

A. Gladyr, O. Leshchuk

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University
vul. Pershotravneva, 20, Kremenchuk, 39600, Ukraine. E-mail: leshchuk_oleksiy@mail.ru

A. Shevchenko, S. Shevchenko

Limited Liability Company "Scientific and Production Company" Komplast"
vul. Primakova, 46, Kharkiv, 61000, Ukraine. E-mail: komplast@vega.com.ua

The analysis of the technological equipment pipe manufacturing of composite materials based on the method of winding. The main features of industrial equipment affecting the quality of the finished product. A mathematical description of the process equipment in the manufacture of pipes with specified geometrical parameters. Developed a basic algorithm for controlling the operation of the mechanisms of rotation of the mandrel and the blocks movement of the composite tape. Created additional algorithm corrections technologically setpoint dwell on the edges of the blocks of the mandrel at a constant all the other parameters, which can reduce the need for machining of the final stage. According to the results of previous studies provided a structural diagram of a device for setting the operating mode of interrelated VFD mandrel and the blocks that will improve the quality of finished products, to reduce energy consumption at its manufacturing and expand product range pipes.

Key words: automated system, winding pipes, composite materials.

REFERENCES

1. Vasilev, V.V., Protasov, V.D. and Bolotin, V.V. (1990), *Kompozitsionnye materialy* [Composite Materials], Mashinostroenie, Moscow. (in Russian)
2. Krijanovski, V.K., Kerber, M.L., Burlov, V.V. and Primatchenko, A.D. (2008), *Proizvodstvo izdeliy iz polimernykh materialov* [Manufacture of polymer materials], Professiya, St. Petersburg. (in Russian)
3. Komkov, M.A. (2011), *Tekhnologiya namotki kompozitnykh konstruktivnykh raket i sredstv porazheniya* [Winding technology of composite structures rockets and weapons of destruction], Izdatelstvo MGTU im. N. Bauman, Moscow. (in Russian)
4. Kerber, M.L., Vinogradov, V.M. and Golovkin, G.S. (2008), *Polimernye kompozitsionnye materialy: struktura, svoystva, tekhnologiya* [Polymer composite materials: structure, properties, technology], Professiya, St. Petersburg. (in Russian)
5. Perepelkin, K.E. (2009) *Armiruyushhie volokna i voloknistye polimernye kompozity* [Reinforcing fibers and fiber polymer composites], NOT, St. Petersburg. (in Russian)
6. Elpatevskij, A.N. and Vasil'ev, V.V. (1972), *Prochnost cilindricheskikh obolochek iz armirovannykh materialov* [Strength of cylindrical shells reinforced materials], Mashinostroenie, Moscow. (in Russian)

7. Bulanov, I.M. (1985), *Sosudy davleniya iz kompozitsionnykh materialov v konstrukcijah letatelnykh apparatov* [Pressure vessels made of composite materials in the construction of aircraft.], TSNIi informacii, Moscow. (in Russian)

8. Kachin, S.I., Chernyshev, A.Yu. and Kachin, O.S. (2010), *Avtomatizirovannyj elektroprivod* [Automatic Electric], Tomskiy politekhnicheskij universitet, Tomsk. (in Russian)

9. Gladir, A.I., Khrebtova, O.A., Leshchuk, O.Yu., Pshenishny, V.V. and Artyomenko, L.A. (2013), Patent of Ukraine for utility model UA 82160 H02P 5/00, H02P 25/00. Complex assignment of interrelated modes of variable frequency drives, № u201300581, publ. 25.07.2013, Bull. № 14/2013. (in Ukrainian)

10. Ajusheev, T.V. (2005) *Geometricheskie voprosy adaptivnoj tekhnologii izgotovleniya konstruktivnykh namotok iz voloknistykh kompozitsionnykh materialov* [Geometric problems of adaptive manufacturing technology of wound fiber composite materials], Izdatelstvo BNC SO RAN, Ulan-Udje. (in Russian)

Стаття надійшла 28.05.2014.