

В.Ф. Балакін, І.А. Соловйова, Ю.М. Николаєнко, К.С. Білан
**ПРОЕКТУВАННЯ КОМБІНОВАНИХ МАРШРУТІВ
ВИРОБНИЦТВА ХОЛОДНОДЕФОРМОВАНИХ ТРУБ**

Анотація. Розроблені алгоритм та програмне забезпечення, що вирішує питання проектування комбінованих маршрутів виробництва холоднодеформованих труб на базі математичних моделей процесів деформації. Ключові слова: область застосування, обладнання, деформація, математична модель, заготовка, труба, програмне забезпечення.

Постановка проблеми. Багатоциклічність процесів виробництва холоднодеформованих труб одних і тих же видів, та розмірів призводить до використання різних технологічних схем їх виготовлення, із заготовки різних розмірів за різне число циклів деформації. Під час проектування варіантів маршрутів виробництва холоднодеформованих труб необхідно задовольняти наступним вимогам:

- використовувати на кожному проході маршруту всі можливі варіанти устаткування для холодної деформації металу;
- обмежуватися уніфікованими розмірами діаметрів та товщини стінки заготовок;
- розміри вихідної заготовки обмежувати сортаментом заготовок;
- використовувати режими деформації, що забезпечують максимальне використання пластичних властивостей металу.

Мета роботи – розробка алгоритму та програмного забезпечення проектування маршрутів виробництва холоднодеформованих труб при використанні розроблених на кафедрі технологічного проектування НМетАУ математичних моделей процесів деформації.

Для вибору способів деформації при проектуванні маршрутів побудовані зони застосовності будь-якого способу деформації з урахуванням відповідного типорозміру обладнання [1].

Області застосування обладнання (рис. 1, 2) для виробництва холоднодеформованих труб розраховані та представлені в програмі діапазонами, що наведені в табл. 1.

При розробці математичних моделей використані визначені допустимі параметри деформації, які відповідають переліченим вимогам та представлені регресійними моделями [2-5]. На підставі цього розроблені алгоритм та програма, яка розраховує маршрути виробництва холоднодеформованих труб.

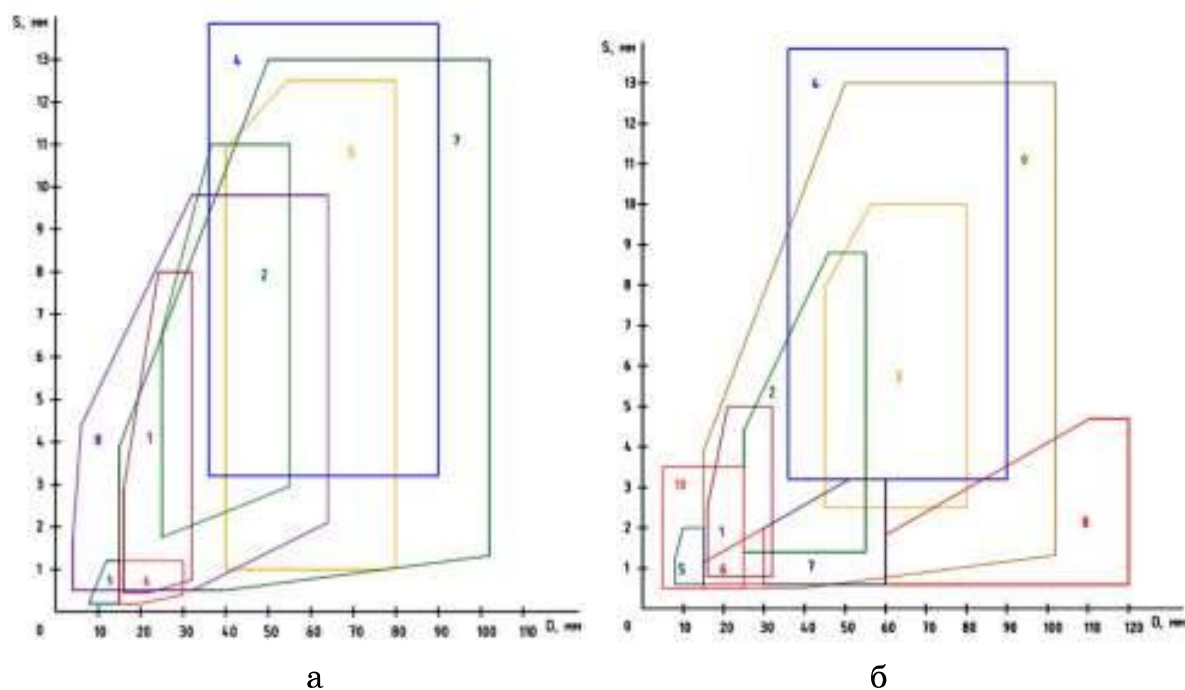


Рисунок 1 – Області застосування обладнання для виробництва холоднодеформованих труб із вуглецевих сталей (а) та з нержавіючої сталі (б): 1 – ХПТ-32; 2 – ХПТ-55; 3 – ХПТ-75; 4 – ХПТ-90; 5 – ХПТР 8-15; 6 – ХПТР 15-30; 7 – оправочне волочіння; 8 – безоправочне волочіння; 9 – ХПТР 30-60; 10 – ХПТР 60-120

Області застосування обладнання для виробництва
холоднодеформованих труб

Тип обладнання	Вуглецеві сталі	Нержавіючі сталі
1	2	3
ХПТ-32	$\begin{cases} 0,45 \leq S \leq 8 \\ 16 \leq D \leq 32 \\ S \geq 0,03 \cdot D - 0,21 \\ S \leq 0,63 \cdot D - 7,19 \end{cases}$	$\begin{cases} 0,8 \leq S \leq 5 \\ 16 \leq D \leq 32 \\ S \leq 0,5 \cdot D - 5,5 \end{cases}$
ХПТ-55	$\begin{cases} 0,85 \leq S \leq 11 \\ 25 \leq D \leq 55 \\ S \geq 0,04 \cdot D + 0,75 \\ S \leq 0,38 \cdot D - 2,92 \end{cases}$	$\begin{cases} 1,4 \leq S \leq 8,8 \\ 25 \leq D \leq 55 \\ S \leq 0,21 \cdot D - 0,84 \end{cases}$
ХПТ-75	$\begin{cases} 1 \leq S \leq 12,5 \\ 40 \leq D \leq 80 \\ S \geq 0,03 \cdot D - 1,34 \\ S \leq 0,11 \cdot D + 6,5 \end{cases}$	$\begin{cases} 2,5 \leq S \leq 10 \\ 40 \leq D \leq 80 \\ S \leq 0,18 \cdot D - 0,15 \end{cases}$
ХПТ-90	$\begin{cases} 3,2 \leq S \leq 16 \\ 36 \leq D \leq 90 \end{cases}$	
ХПТР 8-15	$\begin{cases} 0,19 \leq S \leq 1,2 \\ 8 \leq D \leq 15 \\ S \leq 0,238 \cdot D - 1,65 \end{cases}$	$\begin{cases} 0,6 \leq S \leq 2 \\ 8 \leq D \leq 15 \\ S \leq 0,375 \cdot D - 1,75 \end{cases}$
ХПТР 30-60	Не виробляються	$\begin{cases} 0,6 \leq S \leq 3,2 \\ 30 \leq D \leq 60 \\ S \leq 0,057 \cdot D + 0,285 \end{cases}$
ХПТР 60-120	Не виробляються	$\begin{cases} 0,6 \leq S \leq 4,7 \\ 60 \leq D \leq 120 \\ S \leq 0,057 \cdot D - 1,6 \end{cases}$
Оправочне волочіння (волочіння на короткій та самовстановлюючій оправці)	$\begin{cases} 0,5 \leq S \leq 13 \\ 15 \leq D \leq 102 \\ S \geq 0,013 \cdot D - 0,014 \\ S \leq 0,26 \cdot D \end{cases}$	
Безоправочне волочіння	$\begin{cases} 0,5 \leq S \leq 3,5 \\ 5 \leq D \leq 25 \end{cases}$	$\begin{cases} 0,5 \leq S \leq 9,8 \\ 4 \leq D \leq 64 \\ S \geq 0,05 \cdot D - 1,1 \\ S \leq 1,35 \cdot D - 3,7 \\ S \leq 0,208 \cdot D + 3,15 \end{cases}$

Головна форма програми (рис. 3) дозволяє відкрити вікна введення вхідних даних (рис. 4) та розрахунку маршруту (рис. 5), а також ознайомитися з інформацією, що може допомогти при викорис-

танні програми: продивитись алгоритми розрахунку деформації за прохід; критерії оцінки оптимальності маршрутів; інструкцію користувача; тривимірні моделі основного обладнання.



Рисунок 2 – Головна форма програми

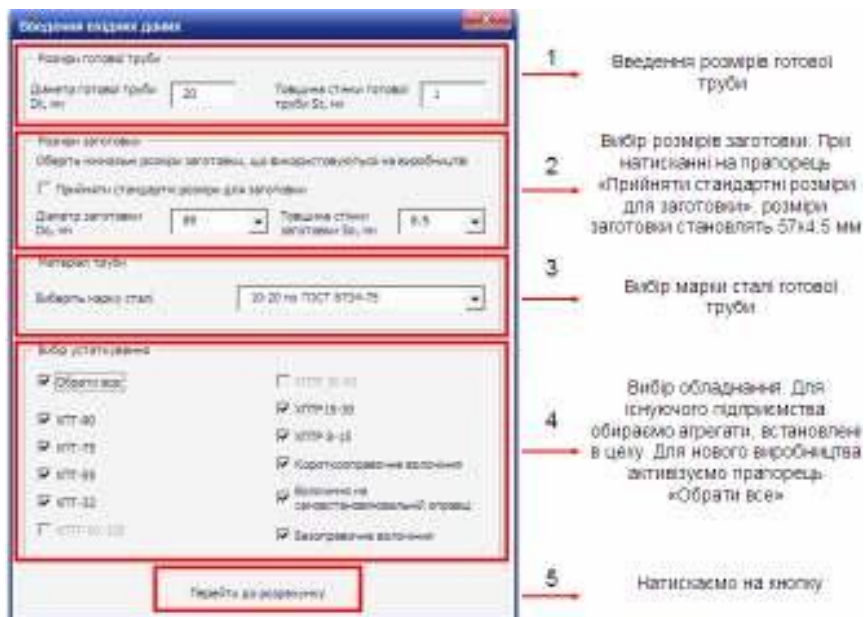


Рисунок 3 – Форма «Введення вхідних даних»

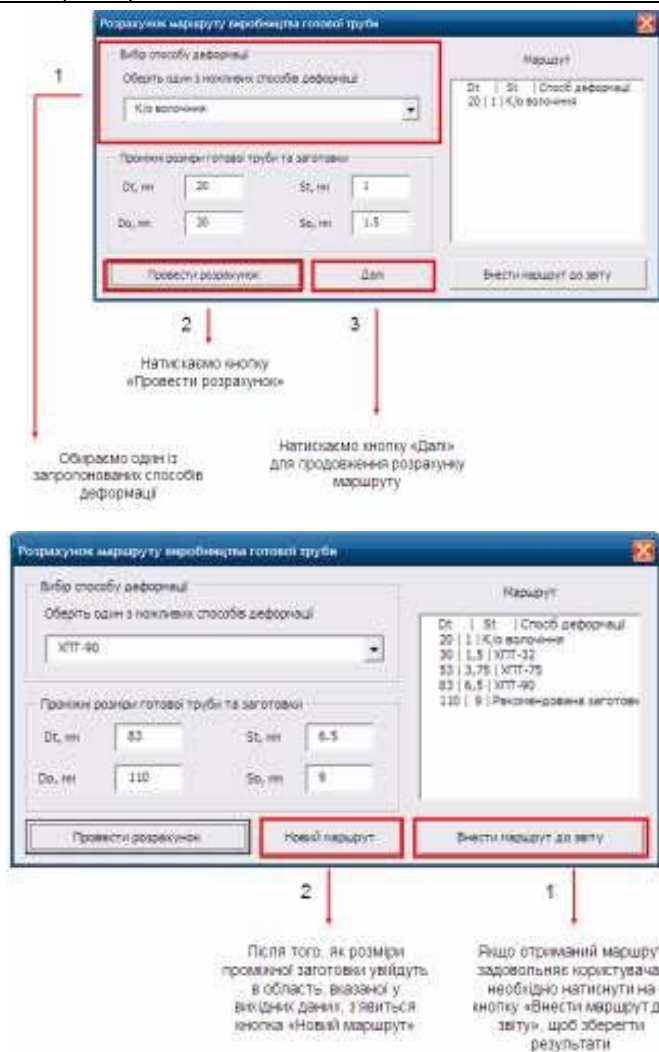


Рисунок 4 – Форма «Розрахунок маршруту виробництва готової труби»

Користувачеві необхідно вказати розміри готової труби та вибрати одним із способів введення мінімальної заготовки, що використовується на виробництві. Перший спосіб – прийняти стандартні розміри заготовки, прийняті в програмі (57Ч4,5 мм). Другий спосіб – вибрати зі списку типорозмір заготовки вручну. Потім необхідно вказати марку сталі, з якої виготовляється труба та вибрати обладнання, яке є в наявності на виробництві, або натиснути на прапорець «Обрати все» при проектуванні нової технології.

При відкритті форми формується список можливих способів деформації готової труби відповідно до областей застосування (див. рис. 1, 2) Процес буде продовжуватись до тих пір, доки розміри проміжної заготовки не потраплять в область заготовки, вказаної у вхід-

них даних. Після цього буде сформовано звіт про новий маршрут (рис. 6) та побудована діаграма, яка демонструє графо-аналітичний спосіб побудови заданого маршруту (рис. 7).

Звіт збережених маршрутів

Розміри готової труби	20x1
Марка сталі	10-20 по ГОСТ 8734-75
Дата	21.02.2017

[Відкрити головну форму](#)
[Перегляд діаграми](#)

№п/п	D, мм	S, мм	Спосіб деформації	№п/п	D, мм	S, мм	Спосіб деформації	№п/п	D, мм	S, мм	Спосіб деформації
0	76	6,5	Рекомендована заготовка	0	76	6	Рекомендована заготовка	0	65	5	Рекомендована заготовка
1	47	3,75	ХПТ-75	1	48	4	ХПТ-55	1	37	3	ХПТ-55
2	24	1,5	ХПТ-32	2	25	1,7	ХПТ-32	2	20	1	ХПТ-32
3	20	1	К/о волочіння	3	20	1	Волочіння на с/в оправці				

Рисунок 6 – Звіт нового маршруту

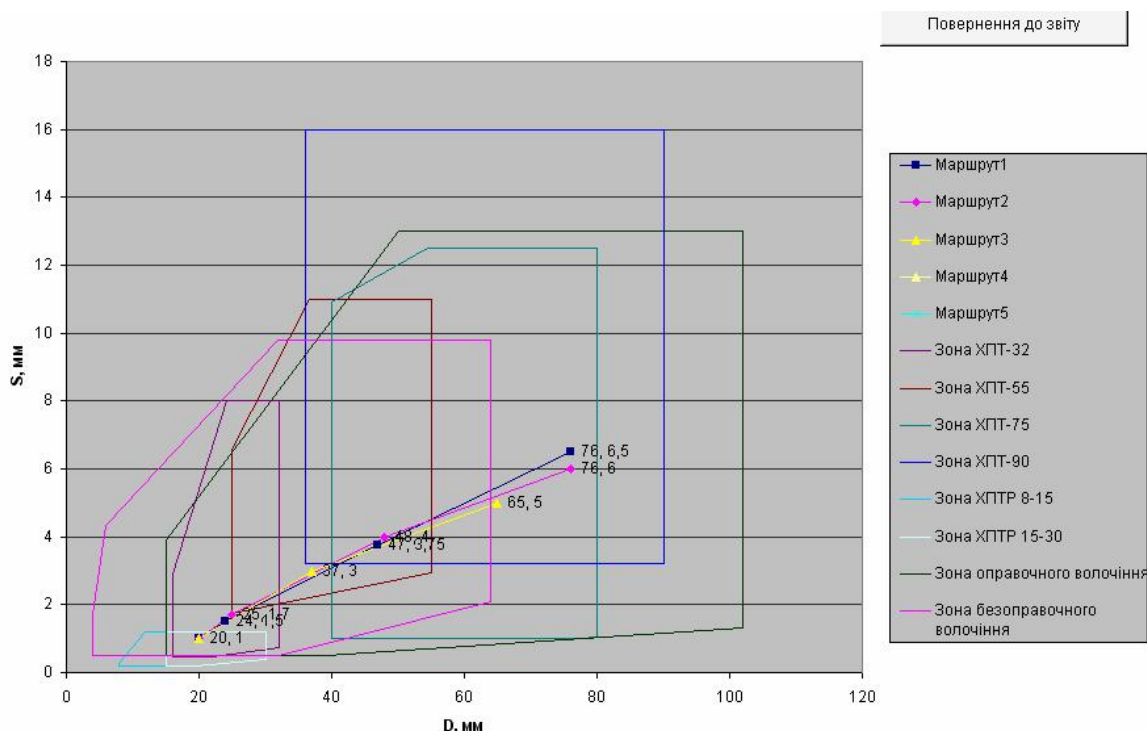


Рисунок 7 – Графо-аналітичний спосіб побудови заданого маршруту

Тривимірні моделі основного обладнання для виробництва холоднодеформованих труб з візуальним супроводженням наведені на рис. 8.

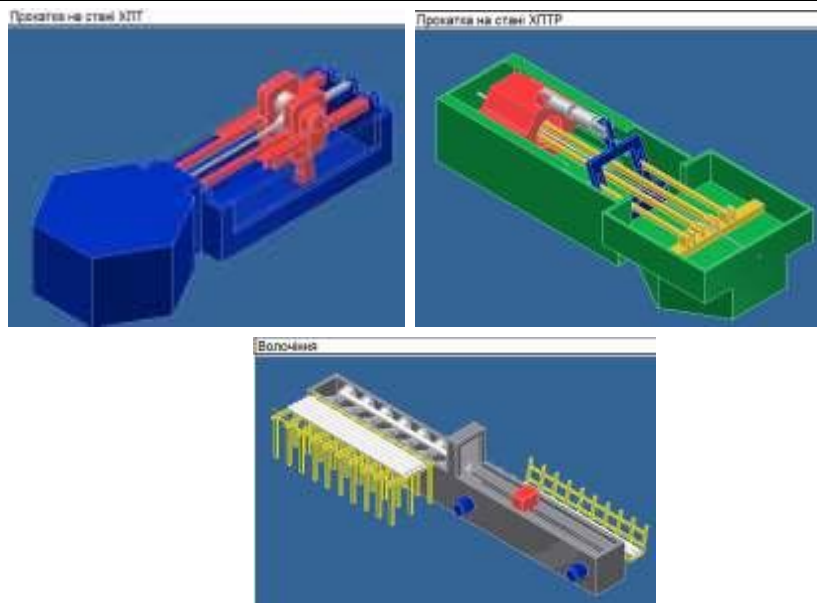


Рисунок 8 – Тривимірні моделі основного обладнання з візуальним супроводженням

Висновки. Розроблена програма вирішує питання не тільки проектування маршрутів виробництва холоднодеформованих труб, а і методичного та візуального (рис. 8) супроводження розрахунків та може бути використана на підприємстві та в учбовому процесі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Соловьева И.А. Разработка многовариантной технологии, исследование и внедрение рациональных режимов производства холоднодеформированных труб: дис. ... канд. техн. наук. – Днепропетровск, 1987.
2. Разработка алгоритмов и программного обеспечения расчета параметров производства холоднодеформированных труб прокаткой на станах ХПТР / В.Ф. Балакин, О.Н. Земляная, И.А. Соловьева, Ю.Н. Николаенко // X международная научно-техническая конф., «Пластичная деформация металлов», 19-23 мая 2014 р., м. Днепропетровск. – 2014. – Т. 2. – С. 215-218.
3. Балакин, В.Ф. Проектирование маршрутов безоправочного волочения на основе уточненной математической модели / И.А. Соловьева, О.В. Сергеева, А.С. Голубицкий, Н.А. Кащенко // Теория и практика металлургии. – 2012. – №1-2. – С.60-64.
4. Анализ существующих режимов деформации при волочении и разработке рекомендаций по их оптимизации: отчет о НИР / ДМетИ; рук. Кучеренко В.Р.; исполн. Соловьева И.А. [др.]. – Днепропетровск, 1976. – 91 с.
5. Усовершенствование методики и разработка программного обеспечения расчета маршрутов и технологических карт производства труб оправочным волочением. В.Ф. Балакин, И.А. Соловьева, Ю.Н. Николаенко, А.А. Байримов // Системні технології. – 2016. – Вип. 4. – С.97-101.