



ЦІЛЬОВА КОМПЛЕКСНА ПРОГРАМА НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ НАН УКРАЇНИ

*Розвиток наукових засад отримання,
зберігання та використання водню в системах
автономного енергозабезпечення*

**Розроблення технологічного комплексу для виготовлення легких
металопластикових балонів високого тиску для накопичення,
зберігання і використання водню
проект № 10-20
другий етап**

Науковий керівник: д.т.н. Савицький М.М.

Виконавці : зав. лаб., к.т.н. Савицький О.М., заст. зав. від. Ващенко В.М.,
м.н.с. Шкрабалюк Ю.М.

Інститут електрозварювання ім. Є. О. Патона НАН України



Метою досліджень на другому етапі робіт за проектом було: -

із застосуванням методів комп'ютерного 3D-моделювання та макетування встановити оптимальну компоновочну схему, конструкцію обладнання та алгоритми формування зовнішніх силових оболонок балонів високого тиску;

створення 3D моделей обладнання та основних вузлів і механізмів, що забезпечують його функціонування, на основі яких буде розроблятися конструкторська документація.

Задачі 2-го етапу:

- розроблення технічних вимог до обладнання для формування зовнішньої силової оболонки, тримірне комп'ютерне моделювання основних його вузлів і механізмів;
- комп'ютерне тримірне моделювання робочого механізму укладальника високоміцного волоконного матеріалу та доопрацювання проекту технічного завдання на обладнання для формування зовнішньої силової оболонки;
- виготовлення макетів вузлів і механізмів для укомплектування лабораторного обладнання для формування зовнішніх силових оболонок, їх випробування та доопрацювання;
- розроблення основних алгоритмів формування силової оболонки, коригування технічних пропозицій до конструкції обладнання з урахуванням результатів моделювання, макетування та випробування алгоритмів;
- випробування макетного варіанту блоку програмного керування електроприводами вузлів і механізмів, що забезпечують функціонування лабораторного обладнання та доопрацювання його конструкції і схеми електричних з'єднань.

Нормативна документація, що регламентує конструкцію та особливості компоновки обладнання для формування зовнішньої силової оболонки балонів високого тиску

Національна Академія наук України
Інститут електрозварювання ім. С.О. Патона

ЗАТВЕРДЖУЮ

Заступник директора

І.Т.Ім. С.О. Патона НАНУ
Академік НАНУ
С.І. Кучук-Яценко
08 2020 р.

Верстат (установка) для формування силової оболонки
(технічні вимоги)

Завідувач відділу №11
д.т.н.

M.M. Savitskiy
М.М. Савицький

Розробники:

Завідувач лабораторії
к.т.н.

O.M. Savitskiy
О.М. Савицький

Заступник керівника відділу №11

V.M. Vashchenko
В.М. Ващенко

Молодший науковий співробітник

Y.M. Shkrabalok
Ю.М. Шкрабалок

Київ - 2020 р.

Національна Академія наук України
Інститут електрозварювання ім. С.О. Патона

ЗАТВЕРДЖУЮ

Заступник директора

І.Т.Ім. С.О. Патона НАНУ
Академік НАНУ
С.І. Кучук-Яценко
09 2020 р.

Верстат (установка) для формування силової оболонки
(технічне завдання на розробку конструкції)

Завідувач відділу №11
д.т.н.

M.M. Savitskiy
М.М. Савицький

Розробники:

Завідувач лабораторії
к.т.н.

O.M. Savitskiy
О.М. Савицький

Заступник керівника відділу №11

V.M. Vashchenko
В.М. Ващенко

Молодший науковий співробітник

Y.M. Shkrabalok
Ю.М. Шкрабалок

Київ - 2020 р.

Національна Академія наук України
Інститут електрозварювання ім. С.О. Патона

ЗАТВЕРДЖУЮ

Заступник директора

І.Т.Ім. С.О. Патона НАНУ
Академік НАНУ
С.І. Кучук-Яценко
11 2020 р.

Верстат (установка) для формування силової оболонки
(технічні пропозиції)

Завідувач відділу №11
д.т.н.

M.M. Savitskiy
М.М. Савицький

Розробники:

Завідувач лабораторії
к.т.н.

O.M. Savitskiy
О.М. Савицький

Заступник керівника відділу №11

V.M. Vashchenko
В.М. Ващенко

Молодший науковий співробітник

Y.M. Shkrabalok
Ю.М. Шкрабалок

Київ - 2020 р.

Документація розроблялась з урахуванням: результатів попередніх досліджень; особливостей конструкції балонів; аналізу конструкції, технічних характеристик та особливостей функціонування зарубіжних аналогів обладнання для формування посилюючих і силових оболонок; результатів комп'ютерного моделювання, макетування і випробування основних вузлів і механізмів.

Грудень 2020

Особливості конструкції та основні технічні характеристики балонів високого тиску



Зварний тонкостінний герметичний корпус балону

Зовнішня силова оболонка із композиційного матеріалу на основі високоміцного волокна

Технічні характеристики балонів високого тиску

Об'єм балону, л	Матеріал корпусу балону	σ_T , МПа	Товщина стінки корпусу балону, мм	Матеріал силової оболонки	Міцність волокна, МПа	$K_{3,м.}$	Товщина силової оболонки, мм		Маса силової оболонки, кг		Маса балону, кг		M/V
							$P_{p,=}$ 35МПа	$P_{p,=}$ 70МПа	$P_{p,=}$ 35МПа	$P_{p,=}$ 70МПа	$P_{p,=}$ 35МПа	$P_{p,=}$ 70МПа	
30	12X18H9 (08X18H10)	216 (206)	1,0	склоровінг	1010	2,6	12,0	27,0	18,2	43,9	22,3	48,0	1,6
				базальтровінг	1070		10,0	22,0	17,9	41,6	22,0	35,7	1,52
				вуглеровінг	4000		2,6	5,3	2,7	5,4	6,8	9,5	0,32
					6000		1,8	3,6	1,9	3,6	6,0	7,7	0,26

Алгоритми формування зовнішніх силових оболонок типу “КОКОН”



Зварний тонкостінний корпус балону

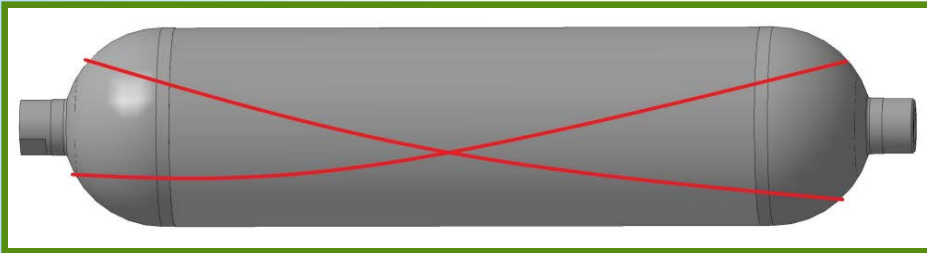


Схема “вісімки” передбачає перехрещування волокон в центральній частині обичайки корпусу балону. Після забезпечення необхідної товщини, на циліндричній частині корпусу балону виконується кільцева рядна намотка в кілька шарів, ущільнюючи оболонку та притискаючи її до корпусу.

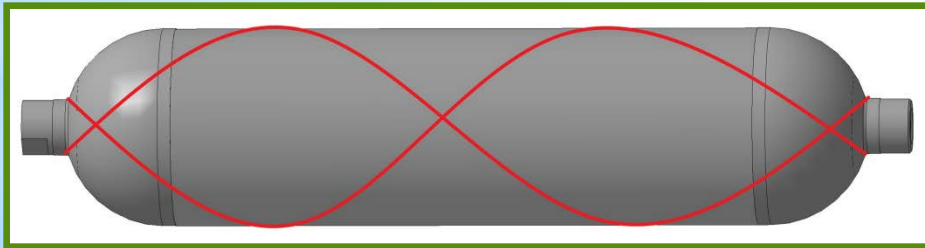
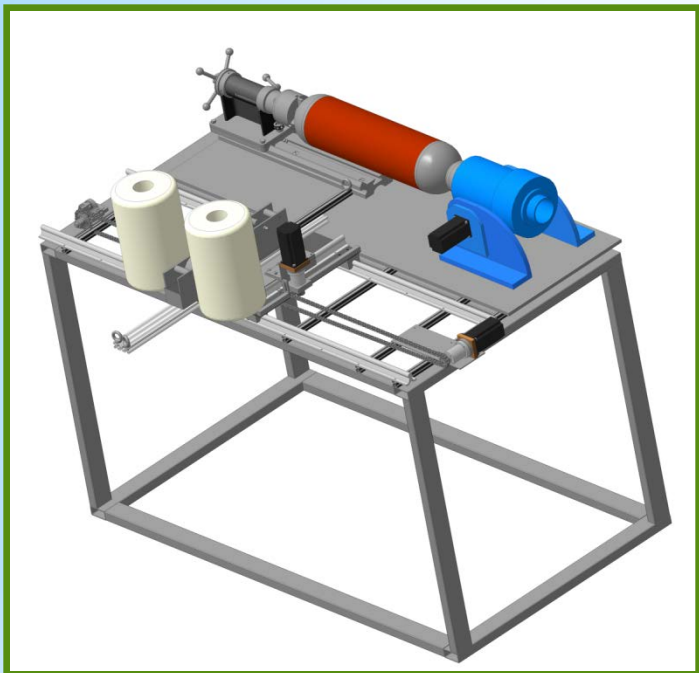


Схема “спірального” укладання передбачає намотку волокна із заданим кроком. Після забезпечення певної проміжної товщини оболонки, виконується фіксуюча кільцева рядна намотка. Вказана послідовність укладання волокна повторюється до забезпечення необхідної товщини оболонки. Потім на циліндричній частині балону виконується рядна кільцева намотка, аналогічно до схеми “вісімка”

Тримірна модель обладнання для формування зовнішньої силової оболонки за трикоординатною схемою



Тримірна модель робочої частини обладнання для формування зовнішньої силової оболонки за трикоординатною схемою

Перша координата - обертання корпусу балону.

Друга координата – поздовжнє переміщення укладальника волокна.

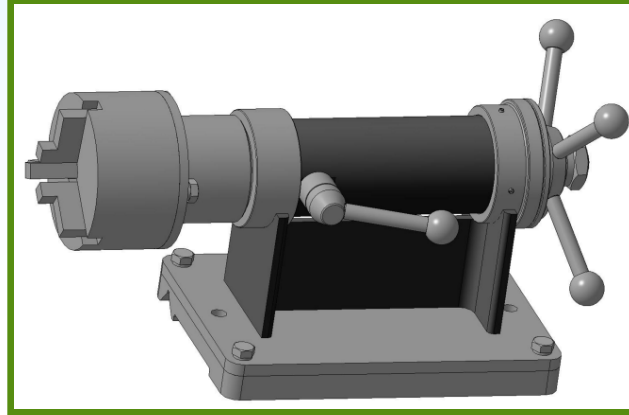
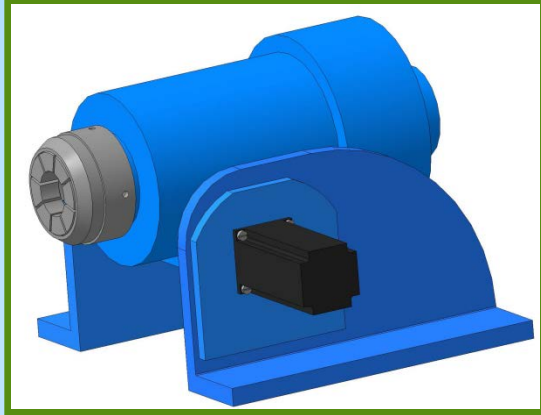
Третя координата – поперечне переміщення укладальника волокна в крайніх точках (навпроти штуцера та псевдоштуцера).

Переваги – послаблюються вимоги до поверхні корпусу балону. Допускаються посилення швів та інші нерівності поверхні.



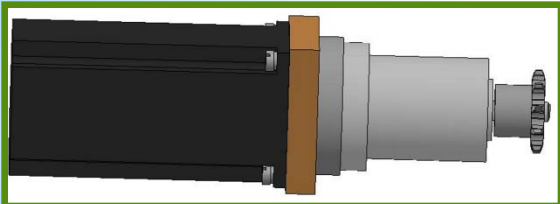
Тримірна модель пристрою двокоординатного прямолінійного переміщення укладальника високоміцного волокна

Тримірні моделі основних вузлів, що забезпечують функціонування обладнання для формування зовнішньої силової оболонки балону



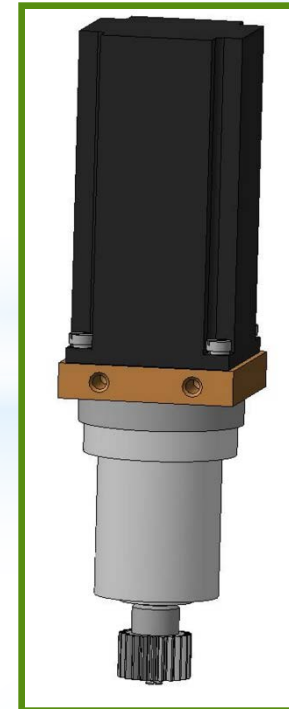
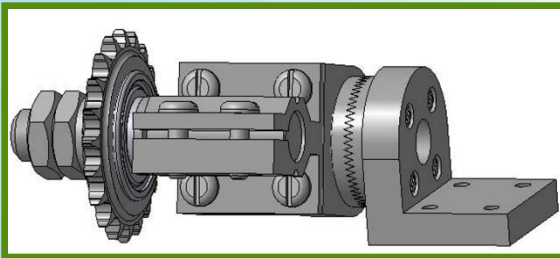
Передня та задня бабки.

Забезпечують функціонування першої координати – обертання корпусу балону.



Приводний і натяжний механізми.

Забезпечують функціонування другої координати – поздовжнє переміщення каретки з укладальником волокна відносно корпусу балону.



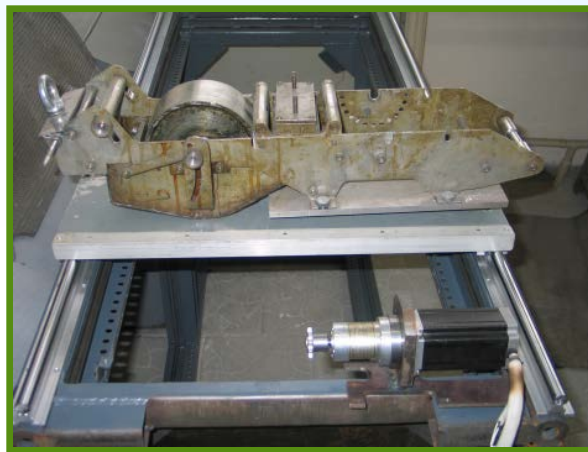
Приводний механізм.

Забезпечує функціонування третьої координати – поперечне переміщення укладальника волокна в крайніх точках.

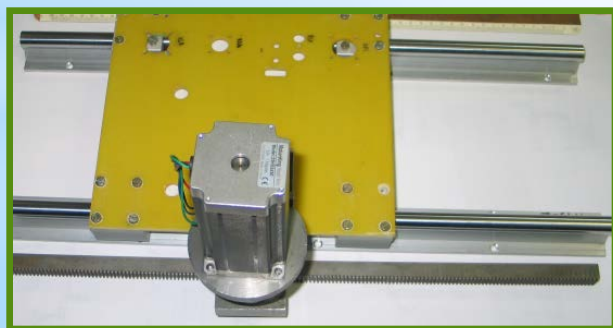
Макети основних вузлів і механізмів для комплектування лабораторного обладнання для формування зовнішньої силової оболонки



Макет передньої бабки з електроприводом (кроковий електродвигун)



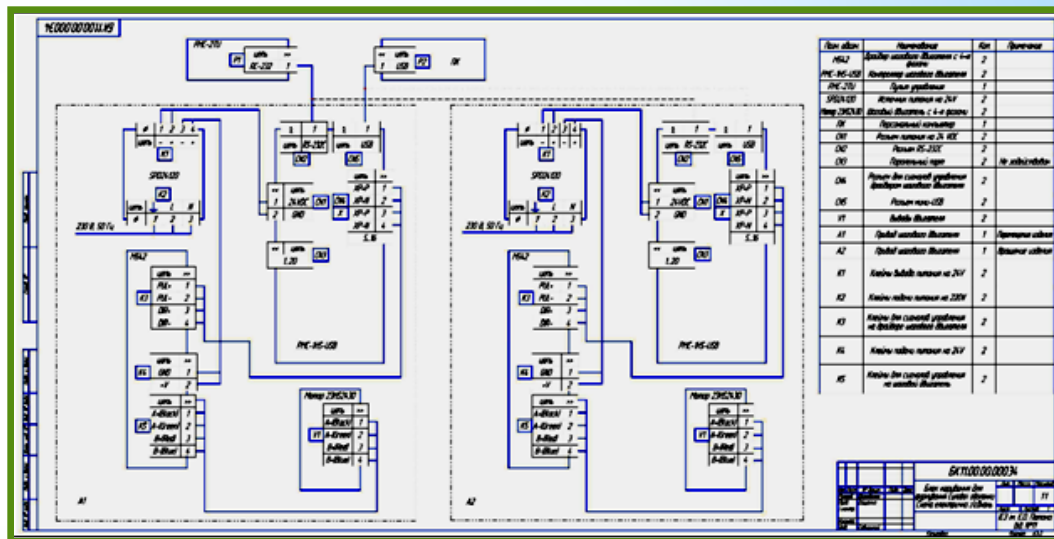
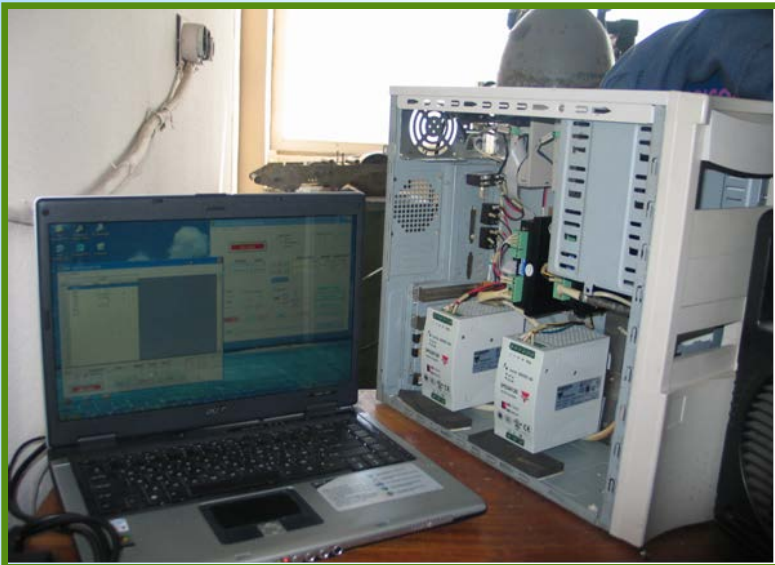
Макет механізму поздовжнього переміщення каретки з волоконним трактом, натяжним механізмом, і електроприводом (кроковий електродвигун)



Макет механізму поперечного переміщення укладальника волокна з електроприводом (кроковий електродвигун)



Макет блоку програмного керування із схемою електричних підключень для комплектування лабораторного обладнання для формування зовнішньої силових оболонок балону



Доопрацьовуються у відповідності до трикоординатної схеми формування силових оболонок

В И С Н О В К И

1. Довговічність і працездатність легких комбінованих ємностей високого тиску визначається типом і якістю зовнішньої силової оболонки, яка формується на поверхні тонкостінного герметичного корпусу і сприймає усі робочі навантаження.
2. Максимальну товщину і масу мають оболонки із склоровінгу. Мінімальну товщину і масу оболонки забезпечує вуглеровінг. Базальтровінг забезпечує проміжні показники.
3. Оптимальною компоновочною схемою установки для формування зовнішньої силової оболонки типу «кокон» є трикоординатна схема, яка послаблює вимоги до поверхні корпусу балону.
4. В якості основних і перспективних схем формування зовнішніх силових оболонок типу «кокон» на поверхні тонкостінного герметичного корпусу балону визначені схеми “вісімки” та “спіралі”.
5. Оптимальними електроприводами робочих механізмів обладнання є крокові електродвигуни.
6. На основі результатів отриманих в процесі комп'ютерного моделювання, макетування окремих виконавчих вузлів і механізмів та їх випробування в лабораторних умовах було доопрацьовано проект технічного завдання та відкореговано технічні пропозиції до обладнання для формування зовнішньої силової оболонки .
7. Розроблено тримірну модель обладнання для формування зовнішніх силових оболонок та тримірні моделі вузлів і механізмів, що забезпечують функціонування обладнання. Вони є основою для розробки конструкторської документації.
8. Виготовлені макети вузлів, механізмів і блоку програмного керування для укомплектування діючого зразка лабораторного обладнання.

ПУБЛІКАЦІЇ 2020 р.

1. Specificities of application of activating fluxes in electrical welding in protective atmosphere / Oleksandr M. Savitskyi, Mychailo M. Savitskyi, Darko Bajic. **FME Transactions**. 2020. №3. p. 576-580.

2.Макетування та тримірне комп'ютерне моделювання вузлів і механізмів технологічного комплексу, розроблення технічних вимог до нього, технічного завдання та технічних пропозицій до його конструкції. / М.М. Савицький, О.М.Савицький, В.М. Ващенко, Ю.М. Шкрабальок. **Водень і паливні комірки в системах автономного енергозабезпечення**. Тез. доповід.- Київ: грудень 2020



**Інститут
електрозварювання
ім. Є.О. Патона
НАН України**

Дякуємо за увагу

**E.O. Paton Electric
Welding Institute,
NASU,
11, Kazimir Malevich
str., 03680 Kyiv,
Ukraine**

Thank you for attention