

## ОСОБЛИВОСТІ ПІДГОТОВКИ ВИРОБНИЦТВА З УРАХУВАННЯМ ВИМОГ ІНДУСТРІЇ 4.0

*Доц., канд. техн. наук С.Л. Негруб, магістрантка П.С. Французан  
Український державний університет України, м. Дніпро, Україна*

Останнім часом все більше згадують термін «Industry 4.0» в контексті не лише промисловості, а й інших сфер життя людини. Так автор статті [1] стверджує, що: «Концепцію четвертої промислової революції (Індустрії 4.0) вперше сформулювали як впровадження кіберфізичних систем в заводські процеси (Ганновер, 2011), а вже у 2016 році відбувся Всесвітній економічний форум (Давос), на якому засновник і голова форуму Клаус Мартин Шваб назвав відбуваються в економіці зміни четвертої промисловою революцією (Індустрією 4.0) і охарактеризував її місце в економічній історії наступним чином: «...Ми живемо в епоху поки що третьої промислової (або цифровий) революції, що почалася в другій половині минулого століття зі створення цифрових комп'ютерів і подальшої еволюції інформаційних технологій. Сьогодні вона поступово трансформується в четверту промислову революцію, яка характеризується злиттям технологій і розмиванням кордонів між фізичними, цифровими і біологічними світами [1]». Технології - основа «Індустрії 4.0», без них неможлива трансформація промислового виробництва [1]. Частина ключових технологій активно впроваджується, частина поки проходить попередні випробування в науково-дослідних центрах, але їх ефективність вже надійно доведена практикою застосування.

Перерахуємо ключові технології: аналіз великих даних; автономні роботи; симуляція (моделювання); інтеграція ІТ-систем; промисловий інтернет речей; кібербезпека; хмарні обчислення; адитивне виробництво (3Д-друк); доповнена реальність. У довгостроковому періоді Індустрія 4.0 не тільки вплине на існуючі заводи, підвищивши їх операційну ефективність за рахунок використання проривних технологій, але і призведе до формування наступного покоління організаційно-технічних моделей заводів. На сьогоднішній день формуються три основні моделі в залежності від підходу до задоволення попиту [1], а саме: «розумний» автоматизований завод, завод, орієнтований на клієнта, мобільний завод.

Для ілюстрації «розумного» заводу приведемо приклад заводу, орієнтованого на масове виробництво продукції з низькою собівартістю. Для нього є ключовими технології, які являють собою повний комплекс технологій Індустрії 4.0 та застосовуються протягом всього виробничого ланцюжка. Прикладом мобільного заводу є підприємства, націлені на нішеві і територіально віддалені ринки. В них відносно невеликі обсяги виробництва, низькі капітальні витрати і висока мобільність. Такі заводи виробляють обмежений асортимент продукції, але можуть бути розгорнуті і виведені на виробничу потужність в стислі терміни. Ключовими технологіями для них є наявність модульних виробничих ліній, які можуть бути швидко доставлені,

зібрані і підключені; наявність складальних роботів, які швидко підключаються і настроюються; 3D-принтери для виробництва окремих деталей та гнучкі логістичні системи [1].

Сказати, що наведена класифікація ще далека від впровадження не можна, оскільки повністю процес не закінчився, але вже розпочався, й доки що ми не можемо привести приклад українських промислових підприємств, які б відповідали наведеним критеріям, але є приклади невеликих виробництв, які за рахунок своєї гнучкості та мобільності вже проваджують у виробництво окремі елементи або й технології Індустрії.4.0.

Для впровадження ідей Індустрії.4.0 до реального виробництва потрібне не лише забезпечення підприємств цифровими рішеннями та продуктами, не лише сучасне технологічне обладнання та оснащення, а й рішення технологічних моментів та проблем, які відповідальні за швидке, своєчасне та відповідне прийняття рішень на робочих місцях. Для нового типу виробництва робочі місця це місця введення необхідної керуючої виробничими лініями інформації. Тому для роботи було обрано питання, пов'язане з забезпеченням та організацією виробництва на гнучких виробничих лініях [2].

Через невелику кількість деталей у партії неможливо проектувати гнучкі виробничі лінії за зразком минулих років, тобто використовувати обладнання, призначене для масового та крупносерійного виробництва однотипних виробів. Але розвиток обладнання та програмного забезпечення призвели до нового погляду на стан речей та зробили можливим використання високопродуктивного обладнання для виробництва деталей малими партіями за рахунок того, що ці партії були збільшені штучним шляхом. А саме завдяки ідеї групової обробки. Звісно, ідея не нова і її використовували вже давно, але наявність саме оновлених засобів виробництва дають нові результати [3].

Деталь, що розглядалась у роботі – клапан гідророзподільника шахтного обладнання (рис. 1).

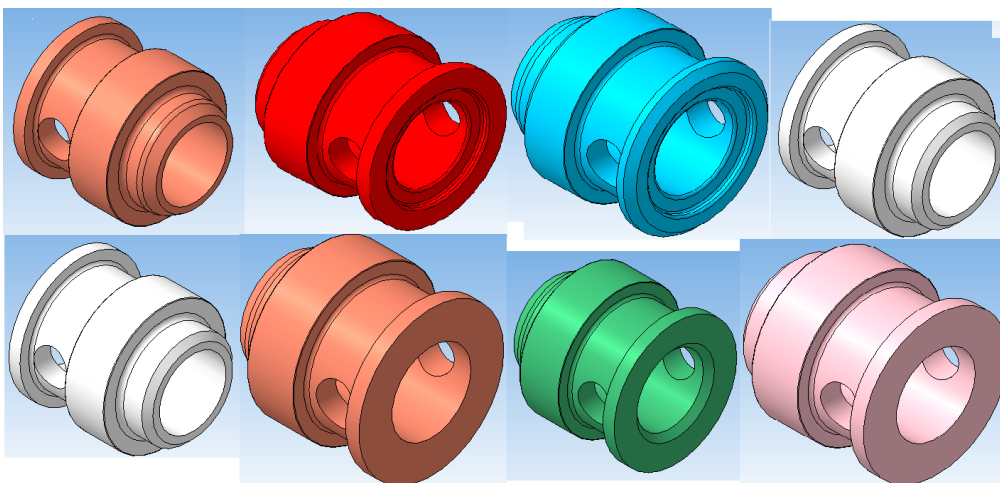


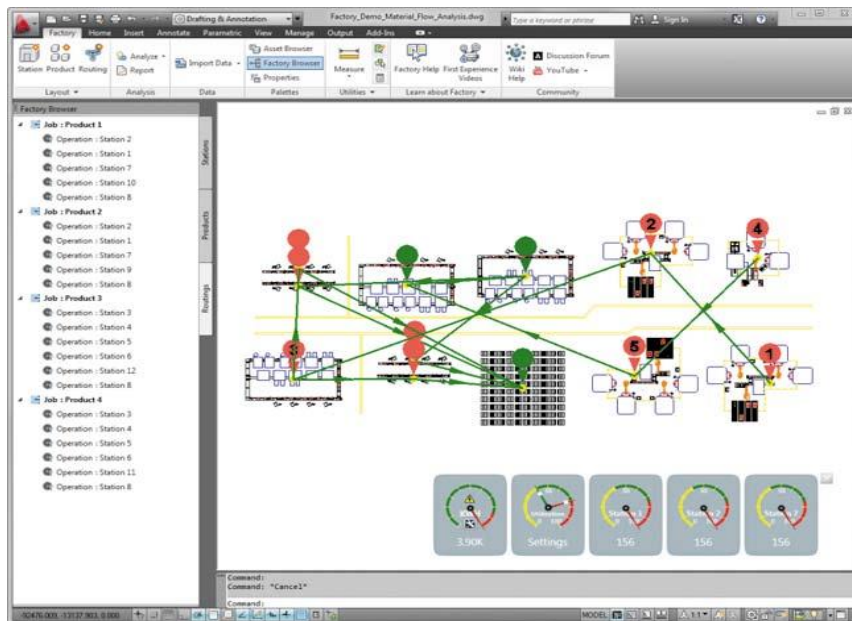
Рисунок 1 - 3Д -моделі клапанів гідророзподільників різних типорозмірів

Конструкція гідророзподільника має кілька типорозмірів, а, отже, і деталі, з яких він складається, теж наявні кількох типорозмірів. Це дозволяє використати метод групової обробки, так як клапан відноситься до класу тіл обертання і може бути обраний для створення групи деталей, з представників якої і буде створена або обрана комплексна деталь.

Наступний крок – створення групового технологічного процесу, особливість якого полягає у тому, що він містить усі операції з обробки поверхонь, притаманних комплексній деталі, але деяких з них може не бути на певних деталях групи, тоді під час виконання кожної деталі групи обробка ведеться за комплексним технологічним процесом, але з його складу вилучають операції з обробки поверхонь, які у цієї деталі відсутні.

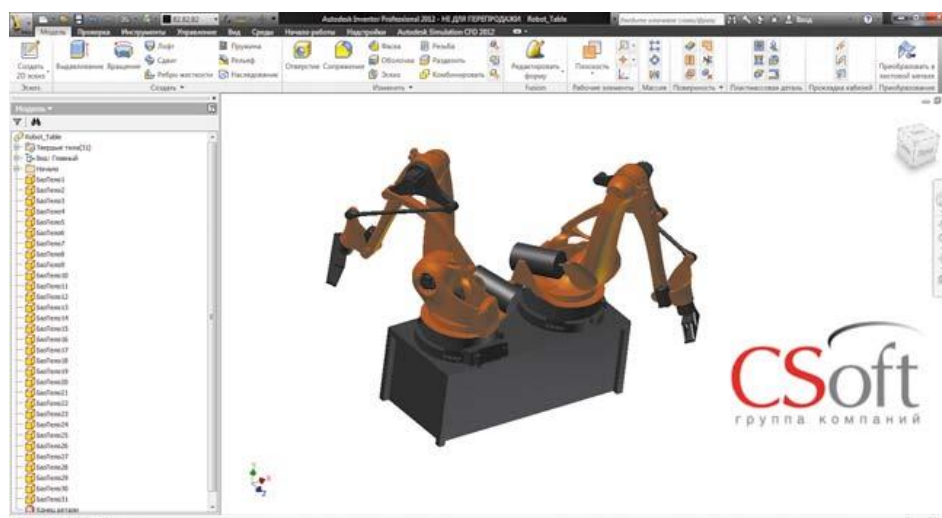
Розробка гнучкої автоматичної системи включає в себе обрання не лише обладнання, а й допоміжних систем, які забезпечують завантаження-вивантаження заготовок та готових деталей, переміщення між верстатами та ін. Наступний крок – схема розміщення обладнання на виробничій площі. Наближення та організація виробництва з відтворенням ідей Індустрії 4.0 вимагає не лише вирішення названих завдань, а й розгляду усього комплексу завдань, пов'язаних з виробництвом в цілому – від заготовчих етапів до кінцевих, від адміністративних задач до логістичних. Перш за все мова іде про цифровізацію усіх процесів ще на етапі їх планування. Для вирішення питань з розміщенням обладнання на виробничій площі на даному етапі розвитку можна вирішити за допомогою можливостей програмного продукту Autodesk Factory Design Suite. Цей продукт дозволяє ефективно використовувати 3D моделі на етапі планування. Autodesk Factory Design Suite – комплекс рішень для проектування виробничих майданчиків. Максимальна його комплектація — Ultimate — ідеальна для машинобудівників, які бажають завжди мати під рукою передові інструменти проектування, моделювання та візуалізації заводських ліній і цехового обладнання, яке має наступні інструменти: AutoCAD Architecture; AutoCAD Mechanical; Autodesk Showcase; Autodesk Sketchbook Designer; Autodesk Factory Design Utilities; Autodesk Vault; Autodesk Inventor Professional; Autodesk 3ds Max Design; Autodesk Navisworks Manage Program Launcher.

До складу Factory Design Suite включені інструменти, що дозволяють достовірно прогнозувати умови майбутньої роботи. При розстановці обладнання враховуються технологічні операції і маршрути, з'являється можливість заздалегідь проаналізувати витрати на транспортування, витрата електроенергії і багато іншого. Звіти, отримані при вирішенні цих завдань, формуються як різноманітні сценарії, зручні для зіставлення та аналізу (рис. 2). Користувачі Factory Design (в тому числі і ті, на чиїх комп'ютерах не встановлено Autodesk Inventor) можуть, наприклад, аналізувати майбутній рух матеріалів.

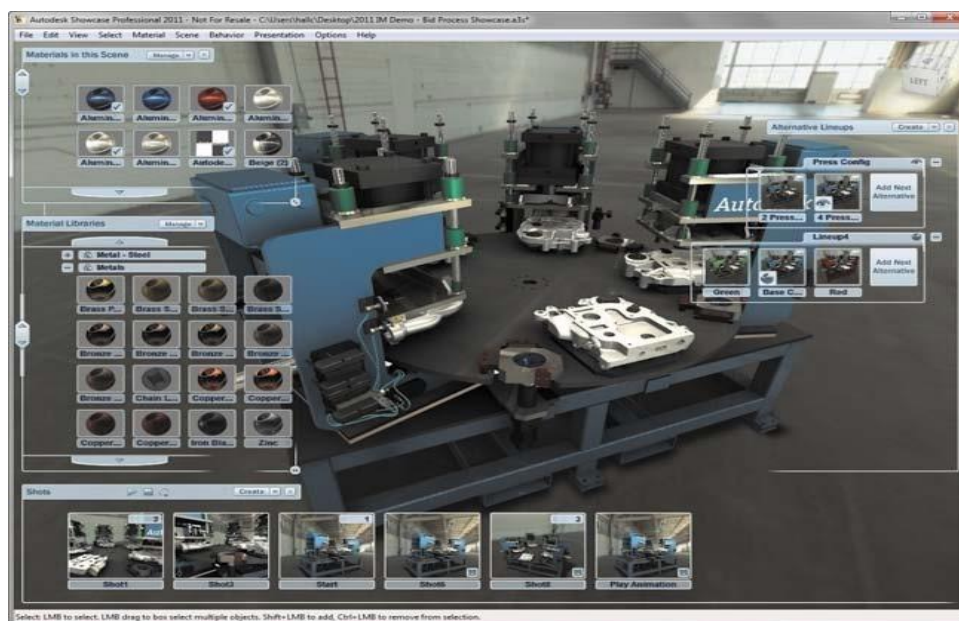


**Рисунок 2 – Вигляд вікна програми під час аналізу переміщення деталей між верстатами**

Заснований на Autodesk Inventor компонент 3D visual layout з сімейства Factory Design забезпечує просторове відображення двовимірної планування AutoCAD. За допомогою цього компонента ви можете або імпортувати DWGфайл, а потім розмістити в ньому обладнання за допомогою інструменту автоматичної розстановки, або виконати ті ж дії з AutoCAD. Вибір варіанту залежить від характеру завдань, які вам треба буде розв'язати (рис. 3). Autodesk Showcase дозволяє отримувати матеріали візуалізації з високою роздільною здатністю і серії зразків з різним дизайном - для підготовки маркетингових матеріалів та вирішення інших завдань. Імпорт проектів, виконаних в Inventor, і FBXфайлів допоможе при створенні вражаючих матеріалів для друку і розміщення в Мережі. Можливе створення мультиплікації (рис. 4).



**Рисунок 3 – Вигляд вікна програми під час вибору та розміщення обладнання**

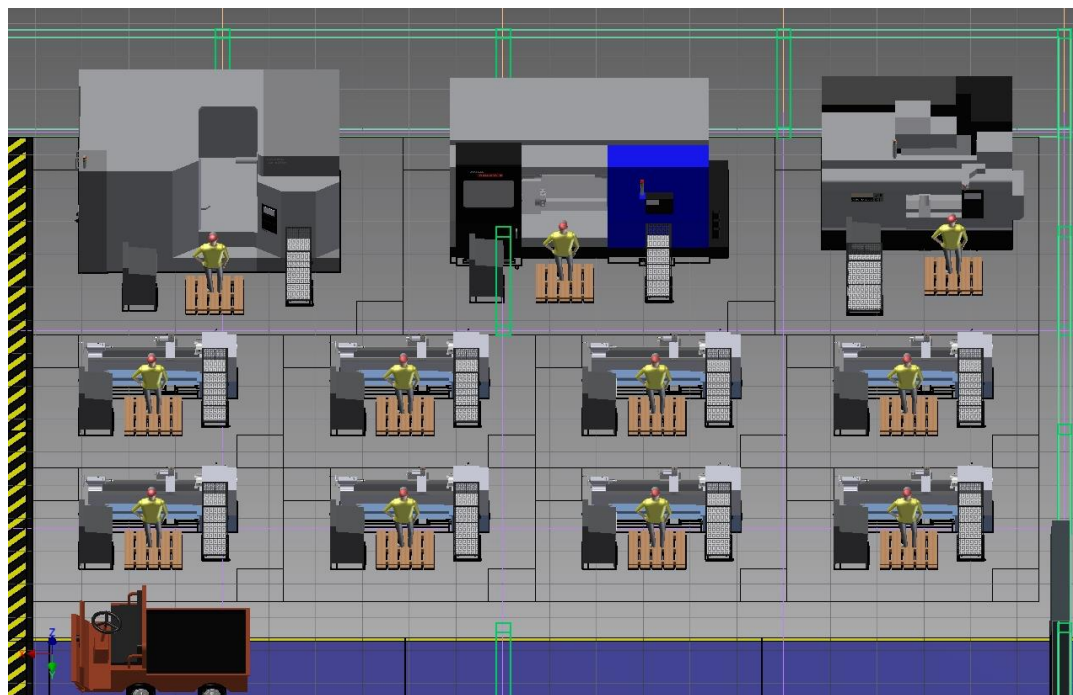


**Рисунок 4 – Можливості Autodesk Showcase при створенні мультиплікації**

Autodesk 3ds Max Design. Якщо 3Ds Max відомий як програмний засіб для створення відео і спецефектів, то 3Ds Max Design більше орієнтований на візуалізацію дизайну. Ця різниця в завданнях визначило і різницю в інтерфейсі двох програм. На етапі створення тривимірної моделі спільно використовувались бібліотека стандартних елементів і бібліотека створених користувальницьких компонентів. Для скорочення термінів проектування і меншої завантаженості комп'ютерних ресурсів використовувалася можливість створити двовимірну планування в AutoCAD 2013 з подальшою синхронізацією з Autodesk Inventor 2013 і автоматичною побудовою 3Dмоделі (рис.5-6).



**Рисунок 5 – Формування робочого простору з відображенням подробиць у середовищі Factory Design Suite – вигляд у просторі**



**Рисунок 6 – Формування робочого простору з відображенням подробиць у середовищі Factory Design Suite Б) фронтальний вид**

Результати не змусили себе чекати: різко (приблизно втричі) скоротилися терміни моделювання; істотно підвищилася якість промальовування моделі; процес моделювання став гнучким (з'явилася можливість промальовування декількох варіантів планування в стислі терміни). Таких результатів вдалося досягти завдяки спеціалізованим модулів програмного комплексу Factory Design Suite. Вони мають широкі можливості, серед яких побудова планувань в 2Dформаті з подальшою синхронізацією і конвертацією в 3Dмодель, розробка компонок обладнання з можливістю їх параметризації, наявність вбудованої бази стандартних елементів (технологічне і транспортувальне обладнання, архітектурні елементи) і багато інших. Для проведення розглянутих робіт слід мати уяву про схему робочого місця, дільниці або цеху, який проектується та планується до візуалізації. Тому перед цією роботою слід провести попередні розрахунки щодо достатності кількості обраного обладнання.

Для візуалізації роботи цеху використовувалося програмне забезпечення Autodesk 3ds Max Design. Роботу над візуалізацією істотно спростив імпорт моделі цеху, створеної в Inventor, так як ця модель сприймалася як об'єднана група об'єктів, а кожен об'єкт в цій групі (одиниця устаткування) - як група підоб'єктів, що уможливило візуалізацію роботи окремих модулів обладнання (рис.7).

Для розглянутої деталі Клапан розроблене планування гнучкої виробничої системи (рис. 8), яка складається з токарно-фрезерного верстата з ЧПУ - СТХ 800 beta TC, шліфувального верстата з ЧПУ - PGV, промислового робота Robo2Go та контрольно вимірювальної машини. Дільниця містить автоматизований склад.

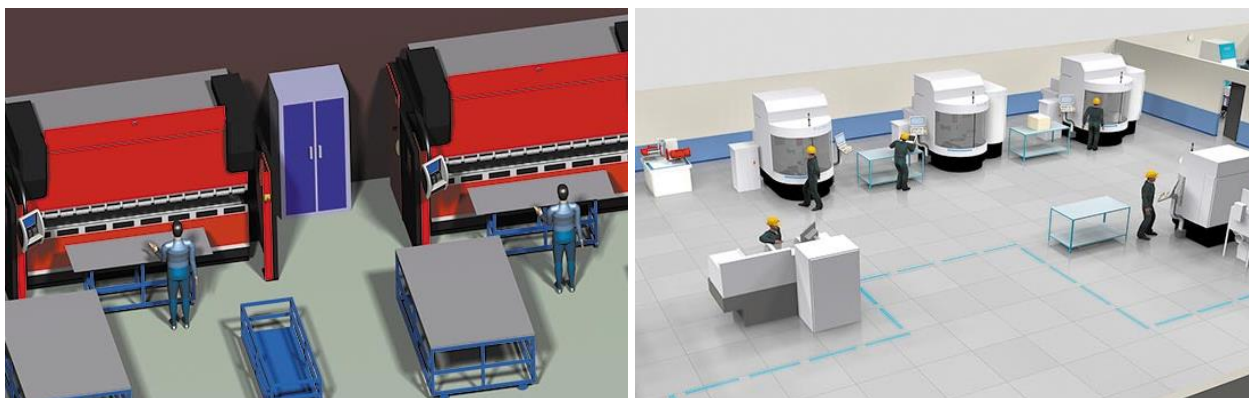


Рисунок 7 – Візуалізація роботи цеху – робочі місця (зліва) та механічна дільниця (справа)

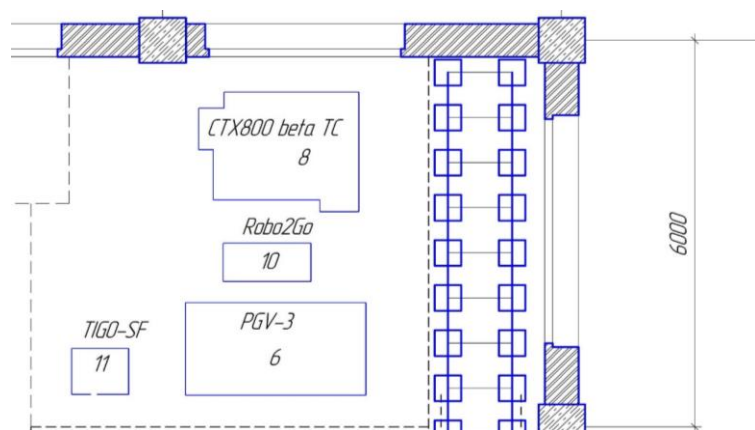


Рисунок 9 – Планування гнучкої виробничої системи:  
CTX 800 beta TC – токарно-фрезерний верстат з ЧПУ, Robo2Go – ПР,  
PGV – 3 – шліфувальний верстат з ЧПУ, TIGO-SF – КВМ.

### **Висновки**

1. Все більшу увагу науковців і виробників привертає явище «Індустрія 4.0». Необхідність підхоплювати тенденції та опановувати новітні технології, вдосконалювати існуючі, підвищувати рівень автоматизації та цифровізації виробничого процесу.

2. Виконане вдосконалення технологічного процесу виготовлення клапану шляхом створення групового технологічного процесу, який виконується на гнучкій виробничій системі.

3. Орієнтування у програмних продуктах, представлених на ринку програмного забезпечення є однією з навичок сучасного спеціаліста.

### **Посилання**

1. Шваб К. Четвертая промышленная революция / К. Шваб — «Эксмо», 2016 — (Top Business Awards).
2. Чинаев П.И. и др. Создание и внедрение роботизированных технологических комплексов на машиностроительных предприятиях. - Киев: УкрНИИНТИ, 1982, - 52 с.
3. Волкович Л.И. и др. Комплексная автоматизация производства. -М.: Машиностроение, 1983, - 2269 с.