

УДК 621.757

Григор'єва Н.С., д.т.н., проф., Шабайкович В.А., д.т.н., проф., Марчук І.В., к.т.н. доц.
Луцький національний технічний університет

АГРЕГАТУВАННЯ СКЛАДАЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА В ПРИЛАДОБУДУВАННІ

Підвищення ефективності застосування агрегування в приладобудуванні може бути досягнуто виключно при застосуванні прогресивних способів і видів агрегування на основі наукових основ. Для того слід створити матеріально-технічну базу розробки технологічного обладнання та оснащення на підставі принципу агрегування з уніфікованих вузлів і модулів, розробити типаж уніфікованих вузлів і типову технологію та обладнання для складання характерних приладів з організацією їх серійного виробництва. Тому спочатку встановлюється потрібна та обґрунтована якість і конкурентоспроможність приладів, а далі розглядається їх забезпечення за рахунок технологічності сучасної конструкції, ефективною технології, обладнання та оснащення.

Ключові слова: агрегування, заходи, мінімізація, складання, уніфікація.

Вступ. Агрегування є тенденцією розвитку виробництва і може з великою ефективністю застосовуватися в гнучкому складальному виробництві. В наукових основах агрегування [1,2] вказується, що агрегування використовується в різних областях, а в приладобудуванні – в загальній теорії конструювання, теоретичною основою якої є теорія приладів і механізмів. Основою агрегування є структурно-змінний синтез, тобто узагальнення окремих конструкційних рішень, на підставі яких виконується постійність початкової структури і досягається багаторазова їх оборотність стосовно рішенням нових завдань.

Викладення основного матеріалу. Застосовується три способи агрегування:

- з'єднанням агрегатів у вигляді самостійних приладів, які утворюють комплекси;
- приєднанням до базової складової частини різних залежних складових частин агрегатів, вузлів, деталей (різновидність – метод базового агрегату);
- зміною складових частин в приладі застосуванням різних варіантів складових частин при різній їх компоновці.

Розрізняється також три види агрегування [3]:

- першого порядку як метод конструювання приладів з уніфікованих і стандартизованих елементів, просторове поєднання яких зумовлює оборотність;
- другого порядку – метод конструювання приладів на підставі базової конструкції з приєднанням різних пристроїв і досяганням зміни функціонального призначення;
- третього порядку – метод конструювання, який зумовлює можливість застосування уніфікованих деталей та вузлів приладів різного функціонального призначення.

Зчленовані деталі, вузли повинні бути сумісними, тобто здатними до спільного використання в заданих умовах при встановлених вимогах. Сумісність розрізняється геометрична та функціональна. Функціонування агрегованих виробів може бути описане методами теорії масового обслуговування.

При агрегуванні використовується блочно-модульний і блочно-агрегатний принцип конструювання. Перший принцип передбачає створення приборів на основі модулів і блоків, другий – з уніфікованих і стандартних деталей і вузлів багаторазової оборотності, що досягається зміною характеру з'єднання. При цьому кожний роз'єм збільшує масу, знижує жорсткість, вимагає додаткових операцій обробки стиків, але сприяє організації потокового виробництва. Відомі вимоги, яким має відповідати конструкція при її членуванні на агрегати, блоки вузли і модулі. В залежності від характеру з'єднання агрегатів при модульному виконанні джув розділяються на чотири групи: з гнучким з'єднанням, жорстким, кінематичним і монтажним.

Поєднання широкого використання методу концентрації (суміщення), агрегатно-модульного принципу побудови і застосування мікропроцесорної техніки і комп'ютерів забезпечує високу ефективність автоматизації процесів складання. Проектування технологічних процесів складання з оптимальною концентрацією переходів і вибору технологічного обладнання та оснащення, побудованого на агрегатно-модульному принципі необхідна розробка методу синтезу структурних схем і компоновок, розрахунок параметричних рядів

© Григор'єва Н.С., д.т.н., проф., Шабайкович В.А., д.т.н., проф., Марчук І.В., к.т.н. доц.

уніфікованих вузлів і елементів агрегатного обладнання з раціональними технологічними і конструкційними параметрами, методів експлуатації такого обладнання. Для цього необхідний єдиний комплексний підхід, при якому технологічне обладнання та оснащення розглядається як ймовірна складна система, керована рядом параметрів. На стадії проектування забезпечується екстремальне значення критерію оптимальності при прийнятих обмеженнях. Таким чином, при проектуванні агрегатного обладнання необхідно застосовувати багатопараметричний синтез на ймовірній основі. Зараз це завдання, на жаль, вирішується на підставі особистого досвіду та інженерної інтуїції, що зовсім не гарантує не то що оптимального, а навіть раціонального конструкційного рішення. Для того основними завданнями в теорії проектування технологічного складального обладнання та оснащення є подальше розпрацювання методу розрахунку оптимальної концентрації операцій структури технологічного процесу складання і вибору реалізуючого технологічного обладнання та оснащення. А така можливість розробки оптимальної технологічної схеми агрегатного складального обладнання залежить від технологічних можливостей і технічних характеристик уніфікованих вузлів, з яких воно конструюватиметься. Тобто необхідно мати відпрацьовані параметричні ряди агрегатних вузлів і виконавчих механізмів з оптимальними конструкційно-технологічними параметрами.

Як приклад на рис.1 наведена компоновка агрегатного напівавтомата для закручування різьбових шпильок, на базі якого був створений їх параметричний ряд. Напівавтомат скомпонований з силового стола 1, пневмогайковерта 2, механізму виключення обертання

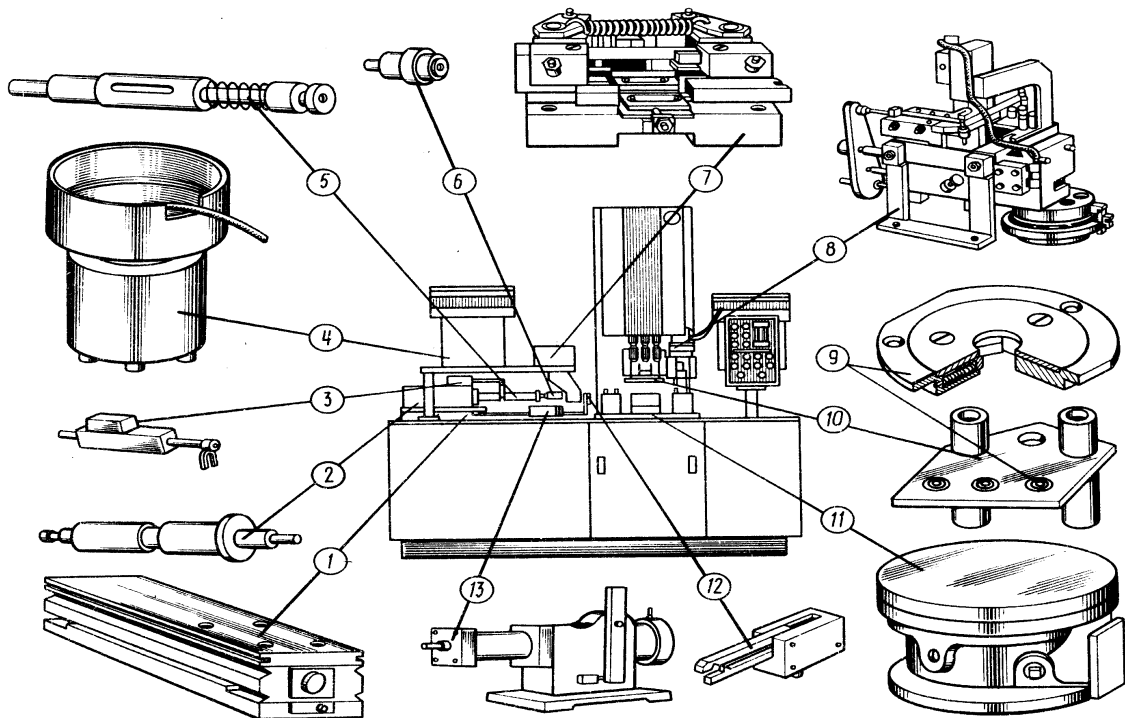


Рис.1. Компоновка різьбозакручуючого напівавтомата з уніфікованих елементів

шпинделя, вібробункера 4, шпинделя 5, патрону 6, механізму орієнтування шпильок за кроком різьби 7, такого ж механізму 8 за довжиною різьбових кінців і кроку різьби, кулачкового захвату 9, механізму подачі захватів 10, поворотного столу 11, кліщового захвату 12, механізму повороту захватів 13. Напівавтомат був призначений для складання кришки розподілюючих зубчастих коліс зі шпильками. Перехід на складання інших конструкційно-технологічно подібних виробів вимагає заміни як деяких агрегатів, так і окремих елементів в них.

Оптимізація типажу уніфікованих вузлів для компоновки технологічного обладнання полягає у встановленні характеризуючих параметрів, області їх зміни і потребу в вузлах різних типорозмірів через функцію попиту, встановлення функції мети, вибору критерію оптимальності та обмежень, розроблені методу рішення завдання оптимізації. Таке завдання успішно може бути вирішене лише з застосуванням *ЕОМ*, для чого розроблені алгоритми оптимізації, побудовані на повному переборі всіх варіантів, методі динамічного програмування та адаптивному методі. До недоліків можна віднести наближеність результатів обчислень,

складність програмування, необхідність попередньої підготовки вхідних даних. Виникають труднощі в одержанні функції попиту в уніфікованих елементах складального обладнання з-за великої працемісткості збору необхідної інформації, визначення її потрібного обсягу. Він вважається достатнім, якщо подальше збільшення не приводить до зміни параметрів функції попиту. Оптимальним є ряд пневмоприводів, що складається з 21 типорозміру з крутним моментом 5...405 Нм. Величини інших параметрів пневмоприводів визначались обробкою статистичної інформації і конструкційними міркуваннями.

Оптимальний рівень автоматизації, від якого залежить конструкційна розробка агрегатного

та оснащення, визначається з порівнянням працемісткості автоматичного та ручного складання з врахуванням приведених витрат [4]

$$X_{opt} = 1 - \sqrt{\frac{E_n [(p_1 + q_1) + (p_2 + q_2) / N]}{(\delta + \beta) S t_p}}, \quad (1)$$

де: E_n – нормативний коефіцієнт ефективності; p_i, q_i – коефіцієнти регресивних прямих; N – річна програма випуску; δ - коефіцієнт заробітної плати; β - загальні накладні видатки в частках заробітної плати; S – хвилинна заробітна плата складальника; t_p – працемісткість ручного складання.

Наведена залежність дозволяє встановити економічну доцільність автоматизації складальних робіт в залежності від програми випуску. Бажано було б мати подібні вирази доцільності переналадження при різній величині партій складаних виробів, тривалості та коштів. Такі дані можна би було використати при автоматизованому проектуванні гнучких технологічних процесів складання виробів в рамках загальної АСПВ, системи проектування технологічних процесів і компонок агрегатного складального обладнання, яка ділиться на декілька підсистем (складальні одиниці та деталі, вибір базових деталей, проектування маршруту складання, визначення рівня автоматизації складання, вибір модулів агрегатного складального обладнання, проектування складальних позицій, компоновка схем агрегатного складального обладнання, оптимізація).

В гнучкому складальному виробництві значне місце займають роботизовані технологічні комплекси, які також можуть складатися з окремих агрегатів. Головним елементом виступає робот. Його основними елементами є стояк, модуль горизонтального переміщення, вертикального переміщення, повороту і захватний пристрій. Агрегатний принцип дозволяє використовувати модулі з уніфікованих параметричних рядів. Теоретичні дослідження продуктивності і інших характеристик складальних комплексів показав, що можна значно збільшити ефективність при використанні групового методу побудови операцій, розробці раціональних засобів технологічного оснащення, особливо захватів, підвищенні безвідмовності за рахунок точного взаємного орієнтування складаних деталей, оптимізації компоновки, підвищенні функціональної надійності елементів системи, стабілізації якості складаних деталей [5]. Вважається, що найбільш перспективною є розробка технологічних процесів роботизованого складання на підставі групових принципів при забезпеченні високої надійності роботи складальних комплексів. Для цього використовується максимальна диференціація технологічних процесів, що забезпечує зменшення загальних допоміжних переміщень, застосування більш простих швидкодіючих роботів. Рекомендується застосування двох основних схем побудови технологічних операцій. Перша схема це однопотокове складання з використанням агрегатних багатопозиційних поворотних захватів. На завантажувальній позиції робот захоплює комплект деталей і переносить їх на складальну позицію, де і відбувається їх складання. Деталі встановлюються роботом при програмованому повороті багатопозиційного захвата довкола вертикальної осі на один кутовий крок простим зворотно-поступовим рухом. Друга схема реалізує багатопотокове групове паралельне складання з одночасним виконанням декількох спряжень деталей і багатокомпонентних виробів. Метод групового диференційного складання рекомендується, коли є велика кількість вузлів, що складаються з невеликої кількості деталей. Якщо ж кількість деталей в вузлі є великою, то застосовуються універсальні швидкозмінні багатопозиційні захвати робота, додаткові складальні позиції. Єдиною умовою ефективного складання вважається правильне групування складальних одиниць. Організація технологічних процесів складання передбачає взаємодію складаних потоків деталей, що

сходяться на роботизованій складальній позиції з завантажувальних позицій при одночасно здійснюваних спряженнях в складаних деталях.

Оскільки в гнучкому складанні напрямок потоків може постійно зменшуватись в залежності від конструкції складальної одиниці, то повинна бути забезпечена висока технологічна гнучкість. Це досягається в складальних роботизованих комплексах застосуванням принципів агрегативності і модульності. Такі захвати містять загальну корпусну деталь, що кріпиться на руці робота і змінні механізми захвату, проміжні, компенсуючі похибки механізми, змінні затискні губки, датчики. При цьому враховується об'єм випуску, продуктивність, частота змінюваності, функціональні можливості робота, терміни і вартість технологічного оснащення. Найбільший вплив мають технологічні можливості комплексу і конструкційні та технологічні характеристики складальних одиниць, базові деталі та поверхні, схема базування, форма спряжуваних поверхонь, тощо. Для правильного вибору роботизованого комплексу використовуються його проектні характеристики: обсяг капітальних вкладень, рентабельність, гнучкість в експлуатації, запас в продуктивності, технологічна гнучкість.

Перспективним напрямком в розвитку гнучкого складального виробництва є автоматизовані складальні центри, які забезпечують різноманіття складальних рухів, переміщення базуючих елементів, інструментальних головок, які виконують різні технологічні операції. В загальному складальне обладнання з великою надлишковістю технологічних можливостей, переналадженням при відсутності його серійного випуску не завжди буде раціональним при високій його вартості та пониженої надійності роботи. Складальні центри за рядом загальних ознак наближаються до багатопозиційних верстатів дискретної дії з поворотними столами. Але складальні центри успішно можуть виконувати складання виробів з великою кількістю деталей зі зміною їх номенклатури і типорозмірів. В цьому випадку вони наближаються до складальних ліній. На складальних центрах можна суміщати операції дообробки деталей та складання. Відомі конструкції багатоцільових складальних центрів агрегатної конструкції, на яких виконуються операції свердління, нарізання різьби, підрізки і складання (фірма *Med, Англія*) зі зниженням вартості виготовлення виробів до 75%, ніж на традиційному обладнанні чи механічній обробки і складання вузлів кінопроектора.

Висновки. Аналітичний огляд сучасних технологічно-конструкційних рішень гнучкого автоматичного складання дозволяє зробити деякі загальні висновки. Головний з них полягає у тому, що на сьогоднішній день відсутні науково-технологічні основи гнучкого автоматичного складання взагалі і агрегатних процесів гнучкого складання в тому числі. Такий стан значно гальмує подальше практичне його впровадження в виробництво, не дає можливості розкрити всі потенційні можливості збільшення ефективності. Джерелом збільшення ефективності гнучкого автоматичного складання є поєднання областей використання в гнучкому складанні концепції агрегатно-модульної побудови складального обладнання та оснащення, автоматичного проектування технологій та конструкцій, конкурентоспроможності. При цьому слід зауважити, що багато питань з вказаних областей мають свій розв'язок, але відомі рішення слабо пов'язані, або не пов'язані як з гнучким автоматичним складанням, так і між собою.

Вимагається доопрацювання обладнання агрегатно-модульної побудови, модульних гнучких технологічних процесів, більш тісним поєднанням з комп'ютерно-інтегральним виробництвом. Технологічність конструкції приладів відпрацьовується за вимогами автоматичного складання взагалі, а не гнучкого агрегативованого. Застосування агрегатно-модульного принципу в проектуванні технологічного гнучкого складального обладнання явно недостатнє. Це дасть змогу уніфікувати їх конструкції, та організувати серійний випуск. Зараз зробити це неможливо з-за великої різноманітності конструкційних рішень.

Інформаційні джерела

1. Верба І.І., Даниленко О.В., Самойленко О.В. Обладнання автоматизованого виробництва. –К.: КПІ ім. І.Сікорського. 2020. -260 с.
2. Технологические основы агрегатирования сборочного оборудования. А.И. Дашенко и др. – М.: Машиностроение, 1991. -272 с.
3. Гокун В.Б. Агрегатирование и унификация в машиностроении. – М.: Изд-во стандартов, 1970. -315 с.
4. Волчкевич Л.И. Конкурентоспособность автоматической сборки в дискретном производстве // Материалы Международной конференции. –Жешов, 2006. С.9-14.

5. Григор'єва Н.С. Науково-технологічні основи гнучкого автоматичного складання виробів: Монографія. –Луцьк: Надстир'я, 2008. -520 с.

Григор'єва Н.С., д.т.н., проф., Шабайкович В.А., д.т.н., проф., Марчук І.В.
Луцкий национальный технический университет

АГРЕГАТИРОВАНИЕ СБОРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА В ПРИБОРОСТРОЕНИИ

Статья посвящена агрегатированию, современным технологично-конструкционным решениям гибкой автоматической сборки в приборостроении. Общим выводом может быть то, что на сегодняшний день отсутствуют научно-технологические основы гибкой автоматической сборки вообще и модульных процессов гибкой сборки в том числе. Такое положение значительно тормозит дальнейшее практическое внедрение агрегатирования в производство, не дает возможности раскрыть все потенциальные возможности увеличения технической и экономической эффективности. Источником увеличения эффективности гибкой автоматической сборки является сочетание областей использования в гибком составлении концепции модульной технологии сборки, агрегатно-модульного построения сборочного оборудования и оснастки, стандартизации, унификации и типизации, автоматического проектирования технологий и конструкций, конкурентоспособности. Благодаря такому сочетанию можно значительно повысить все показатели качества как переналаживаемого технологического оборудования с оснасткой, так и самих сборочных изделий приборостроения. При этом следует заметить, что многие вопросы из указанных областей имеют свое решение, но известные решения либо слабо связаны или не связаны как с гибкой автоматической сборкой, так и между собой с отдельных областей.

Ключевые слова: : агрегатирование, мероприятия, минимизация, сборка, унификация.

N. Grigoryeva, DSc.,Ph.D, prof., V. Shabaikovich, DSc.,Ph.D, prof., I. Marchuk
Lutsk National Technical University

AGGREGATION OF ASSEMBLY PRODUCTION IN THE INSTRUMENT MAKING

The article is devoted to aggregation, modern technological design solutions of flexible automatic assembly. The general conclusion may be that today there are no scientific and technological foundations of flexible automatic assembly in general and modular processes of flexible assembly as well. This situation significantly slows down the further practical implementation of aggregation in production, does not make it possible to reveal all the potential possibilities for increasing technical and economic efficiency. The source of increasing the efficiency of flexible automatic assembly is a combination of areas of use in flexible drafting of the concept of modular assembly technology, modular assembly construction of assembly equipment and accessories, standardization, unification and typification, automatic design of technologies and structures, and competitiveness. Thanks to this combination, it is possible to significantly increase all quality indicators of both adjustable technological equipment with accessories and the assembly products themselves. It should be noted that many issues from these areas have their own solution, but the known solutions are either weakly connected or not related to flexible automatic assembly, or to each other from individual areas.

Keywords: aggregation, measures, minimization, assembly, unification.