

УДК 006.85

**ОЦІНКА ФАКТОРІВ ВПЛИВУ ТА ПОБУДОВА МОДЕЛІ ФОРМУВАННЯ
ФАКТИЧНОЇ ТРИВАЛОСТІ ЦИКЛУ СКЛАДАННЯ МАШИН**

К.І. ШИШКЕВИЧ

Донбаський інститут техніки та менеджменту Міжнародного науково-технічного університету
імені академіка Юрія Бугая

Аналізуються фактори впливу на фактичну тривалість циклу складання машин. Експериментально підтверджено причини появи додаткових приганяльних робіт, які збільшують загальну трудомісткість операцій і технологічного циклу

Складання – заключний етап у виготовленні машини, на якому виявляються створені її функціональні можливості і якість. Разом з тим даний процес не можна розглядати як чисто механічне з'єднання деталей, тому що при його виконанні на деталі й складальні одиниці виявляються силові, теплові й інші види впливу, а точність виробу досягається за допомогою технологічних розмірних ланцюгів, що виникають у процесі складання. Таким чином, технологічний процес складання сам бере активну участь у формуванні якості машини, а, отже, і в зроблених при цьому трудовитратах.

Об'єкти та методи дослідження

Об'єктом дослідження є технологічний цикл складання та його окремі операції в умовах багатоміністрального виробництва (важкого машинобудування). Методом дослідження виступає наукове спостереження з обробкою результатів і отримання моделі множинної регресії. Проблемою скорочення трудомісткості окремих операцій складання присвячені труди таких вітчизняних вчених, як Корсакова В.С., Жабіна А.І., Зенкіна А.С., Арпентьева Б.М., Гавриша А.П. та інших.

Постановка завдання

Мета статті – визначити найбільш впливові фактори, які визначають відхилення від нормативної тривалості циклу складання машин та її прогнозування.

Результати та їх обговорення

Технологічний процес складання машини базується на наступних основних принципах [1]:

- а) забезпечення високої якості складання, що гарантує надійність і довговічність її експлуатації;
- б) мінімальний цикл складання й максимальне знімання продукції з одиниці складальної площі;
- в) мінімальна трудомісткість слюсарно-складальних робіт;
- г) застосування раціональної механізації, що підвищує продуктивність праці слюсарів-збирачів і гарантує безпеку виконання складальних робіт;

д) закінченість складання і його комплектність (перенос складальних робіт на монтаж в особливих випадках). Властивому важкому машинобудуванню одиничний характер виготовлення машин вносить свої особливості в технологічний процес складання. Останній ведеться без застосування або при мінімальному використанні спеціального оснащення й заснований на принципі укрупнених операцій без їхнього розчленування на прості переходи, як при масовому й серійному виробництві, з послідовним виконанням операцій. Обмеженість технології на рівні операційної для важкого машинобудування дозволяє актуалізувати планові дані щодо строків виконання технологічних операцій, у тому числі й

складальних, що веде до можливості управління фактичною тривалістю окремих складових виробничого циклу.

Багатономенклатурне виробництво характеризується відсутністю можливості відпрацювання деталей та вузлів на технологічність, що є причиною збільшення норм на виконання технологічних операцій, які формують загальну трудомісткість виробу і його собівартість. Але й ці норми фактично перевищують. У роботі розглянутий процес виготовлення редукторів масою від 5 до 50 тонн, випуск яких є дрібносерійним для підприємств важкого машинобудування. Основна вимога, запропонована до технологічного процесу складання - це досягнення точності найбільш економічними методами. Точність складання залежить від точності виготовлення елементів машини в механічних цехах рухливе або нерухливе положення деталі у вузлі або машині щодо інших деталей забезпечується при складанні контактом поверхонь і відповідним базуванням деталей.

Метою експериментів стало вимірювання фактичної тривалості операцій та визначення відхилень від технологічного процесу складання редуктора. Результати вимірювань фактичної тривалості операцій і аналіз їх структури представлені в таблиці 1.

Таблиця 1. Аналіз результатів спостережень циклу складання

Операції складання	Тривалість, нормо-год.		Відхилення	
	Згідно технології	Фактична	нормо-год.	%
Слюсарні	5,4	7,4	2	37
Приганяльно-доводочні	19,8	28,7	8,9	44,9
Слюсарно-допоміжні	16,6	16,9	0,3	1,8
Балансувальні	5,5	6,4	0,9	16,4
Складальні	45,2	46,6	1,4	3,1
Обкатування	20,5	20,6	0,1	0,5
Демонтаж, консервація, упаковка	5	5,4	0,4	8
Усього:	118	132	14	11,9

За результатами спостережень виявлено, що на загальне збільшення фактичної тривалості циклу складання мають вплив додаткові приганяльні роботи, які не передбачені технологією складання. Вони збільшили фактичну тривалість циклу на 7,5% при загальному перевищенні у 11,9%.

Причиною появи таких додаткових трудовитрат з'явилися:

- відсутність «плями контакту» у таких деталей як «вал-шестірня», «шестірня»;
- жолоблення таких деталей як «корпус» та «вал»;
- пружні та пластичні деформації при нагріванні деталей;
- низький рівень мотивації та якості праці;
- дефекти структури матеріалу деталей.

Частина цих відхилень звуться «спадкоємні», тобто отримані на попередніх етапах створення деталі або вузла виробу і збільшують трудовитрати, які також можна назвати успадкованими на підставі

погіршностей попередніх переділів (жолоблення від порушення остаточних напружень при знятті припусків на обробку).

При проведенні експериментів визначалося наступне:

- фактична тривалість циклу складання ($T_{ц-скл.}$);
- кількість додаткових приганяльних робіт, які є причиною спадкоємності попередніх технічних переділів (жолоблення деталей, пластичні деформації, якість матеріалів, технології, обладнання, тощо) ($T_{дод-обр.}$);
- кількість додаткових приганяльних робіт, які з'являються при складанні (наявність задирів та вибоїв, вібрації інструменту, деформації при нагріванні деталей на операціях складання) ($T_{дод-скл.}$).

Для побудови лінійної за параметрами моделі тривалості циклу складання було обрано метод регресійного аналізу.

В таблиці 2 наведено результати спостережень за фактичною тривалістю циклу складання редукторів масою 45 т до виробів важкого машинобудування.

Таблиця 2. Результати спостережень тривалості складових циклу складання

n	$T_{ц.скл. «y»}$	$T_{дод.скл. «x_1»}$	$T_{дод.обр. «x_2»}$
1	128	2,6	3,8
2	130	2,7	4,0
3	126	2,4	3,7
4	127	2,5	3,6
5	128	2,4	3,7
6	130	2,9	3,9
7	132	2,9	4,1
8	134	3,1	4,3
9	136	3,3	4,8
10	135	3,1	4,9
11	138	3,3	5,1
12	132	2,9	4,1
13	129	2,5	3,7
14	131	2,8	3,9
15	128	2,4	3,7
16	126	2,8	3,5
17	128	2,9	3,7
18	134	3,2	4,3
19	136	3,5	4,9
20	135	3,5	4,9
Усього:	2623	58	83

Взаємозв'язок елементів фактичної тривалості циклу складання вирішуємо шляхом складання рівняння множинної регресії з використанням системи нормальних рівнянь із трьома невідомими b_0 , b_1 , b_2 [2]:

$$\begin{aligned}nb_0 + b_1 \sum x_1 + b_2 \sum x_2 &= \sum y; \\b_0 \sum x_1 + b_1 \sum x_1^2 + b_2 \sum x_1 x_2 &= \sum x_1 y; \\b_0 \sum x_2 + b_1 \sum x_1 x_2 + b_2 \sum x_2^2 &= \sum x_2 y.\end{aligned}$$

Для рішення цієї системи використовувався метод Крамера розрахунку коефіцієнтів множинної регресії у програмі Excel (табл.3).

Таблиця 3. До розрахунку коефіцієнтів регресії

y	x ₁	x ₂	x ₁₂	x ₂₂	x _{1y}	x _{2y}	x _{1x₂}
128	2,6	3,8	6,76	14,44	332,8	486,4	9,88
130	2,7	4	7,29	16	351	520	10,8
126	2,4	3,7	5,76	13,69	302,4	466,2	8,88
127	2,5	3,6	6,25	12,96	317,5	457,2	9
128	2,4	3,7	5,76	13,69	307,2	473,6	8,88
130	2,9	3,9	8,41	15,21	377	507	11,31
132	2,9	4,1	8,41	16,81	382,8	541,2	11,89
134	3,1	4,3	9,61	18,49	415,4	576,2	13,33
136	3,3	4,8	10,89	23,04	448,8	652,8	15,84
135	3,1	4,9	9,61	24,01	418,5	661,5	15,19
138	3,3	5,1	10,89	26,01	455,4	703,8	16,83
132	2,9	4,1	8,41	16,81	382,8	541,2	11,89
129	2,5	3,7	6,25	13,69	322,5	477,3	9,25
131	2,8	3,9	7,84	15,21	366,8	510,9	10,92
128	2,4	3,7	5,76	13,69	307,2	473,6	8,88
126	2,8	3,5	7,84	12,25	352,8	441	9,8
128	2,9	3,7	8,41	13,69	371,2	473,6	10,73
134	3,2	4,3	10,24	18,49	428,8	576,2	13,76
136	3,5	4,9	12,25	24,01	476	666,4	17,15
135	3,5	4,9	12,25	24,01	472,5	661,5	17,15
2623	57,7	82,6	168,89	192,9	641,39	830,39	186,04
131,15	2,89	4,13	8,44	9,65	32,07	41,52	9,3

Система рівнянь має вигляд:

$$2623 = 20b_0 + 57,7b_1 + 82,6b_2;$$

$$641,39 = 57,7b_0 + 168,89b_1 + 186,04b_2;$$

$$830,39 = 82,6b_0 + 186,04b_1 + 192,9b_2.$$

Вирішуючи систему методом Крамера [3], знайдено коефіцієнти b_0 , b_1 , b_2 :

$$b_0 = 102,15;$$

$$b_1 = 1,96;$$

$$b_2 = 5,65.$$

Рівняння регресії:

$$y = 102,15 + 1,96x_1 + 5,65x_2$$

Якість рівняння регресії перевірено по наступним характеристикам:

- рівня значимості коефіцієнтів рівняння регресії;
- рівня загальної якості рівняння регресії;
- рівня виконання передумов методу найменших квадратів (МНК).

Статистична значимість коефіцієнтів регресії b_0 , b_1 та b_2 підтверджується на рівні значимості $\alpha=0,05$.

Оскільки фактичне значення $F > F_{кр}$, то коефіцієнт детермінації статистично значимо та знайдене.

Висновки

1. На фактичну тривалість циклу складання мають вплив фактори, які є спадкоємними з попередніх технологічних переділів.
2. Більший вплив на наявність додаткових приганяльних робіт мають ті, які з'являються при складанні.

ЛІТЕРАТУРА

1. Технологія машинобудування [Текст] : навч. посіб. / Є. О. Горбатюк, М. П. Мазур, А. С. Зенкін, В. Д. Каразей. – Львів : Новий світ-2000, 2009. – 358 с. - ISBN 978-966-418-094-5.
2. Тинякова В.И. Математические методы обработки информации: учебно-метод. пособие [Текст] / В.И. Тинякова. – Воронеж: Воронежский гос. университет, – 2006. – 192 с.
3. Павлов А.Н. Методы обработки информации. [Текст] / А.Н. Павлов, Б.В. Соколов. – СПб. : ГУАП, –2005. – 298 с.