

УДК 621.9:519.876.5

Р.Ю. Найчук, Б.С. Воронцов

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна

Аналіз технологічних можливостей дільниці для механічної обробки деталей і підвищення її ефективності

Зростання рівня конкуренції на міжнародних ринках значно підвищує вимоги до ефективності виробничих систем. Завдяки сучасним PLM (Product Lifecycle Management) інструментам стає можливим проектування, моделювання та супровід систем та процесів підтримки життєвого циклу виробу. Можливості дискретно-подієвого моделювання для аналізу продуктивності та підвищення ефективності виробничих систем використовуються у всьому світі [1-9].

Для аналізу технологічних можливостей дільниці та підвищення її ефективності використано систему динамічного імітаційного моделювання Plant Simulation, що є складовою лінійки продуктів Tecnomatix Plant Design & Optimization компанії Siemens PLM Software [10,11]. Рішення Tecnomatix Plant Simulation дозволяє моделювати, досліджувати і оптимізувати логістичні системи і пов'язані з ними процеси. В основі системи лежить об'єктно-орієнтована концепція, що значно полегшує створення, зміну, аналіз та оптимізацію моделі. Створена віртуальна модель дозволяє проводити експерименти та опрацьовувати можливі конфігурації без втручання в існуючі, або ж при проектуванні майбутніх виробничих систем.

В рамках роботи проведено аналіз дільниці механообробки виробничого комплексу підприємства ТОВ «Базис», що знаходиться на етапі проектування. Вихідними даними є корисна площа дільниці, тип, найменування та кількість верстатного обладнання, кресленики та місячний обсяг виробництва деталей, кількість робочих місць. Ефективний фонд часу роботи обладнання становить 252 години. На основі вихідних креслеників деталей розроблено технологічні процеси виготовлення деталей та розраховано штучно-калькуляційний час на виконання кожної операції. Отримані дані занесено до об'єкту DataTable (рис.1).

	string 1	string 2	list 3	string 4	string 5	string 6
1	Назва деталі	Верстат	№ Операції	Час Тш.к., год:хв:сек	Місячний обсяг виробництва, шт	
2	Штанга	16K20	005 Токарна	00:25:39	1500	
3		16K20	010 Токарна	00:22:39		
4		16K20	015 Токарна	00:22:49		
5		2H125	020 Сверлильна	00:28:53		
6		6B11P	025 Фрезерна	00:13:22		
7			Загалом:	1:52:02		
8	Стінка	Haas VF-2	005 Багатоцільова з ЧПК	00:40:02	1000	
9		Haas VF-2	010 Багатоцільова з ЧПК	00:23:59		
10			Загалом:	1:04:01		
11	Колодка	6B11P	005 Фрезерна	00:18:11	1000	
12		6B11P	010 Фрезерна	00:11:07		
13		6B11P	015 Фрезерна	00:11:07		
14		6B11P	020 Фрезерна	00:12:06		
15		2H125	025 Сверлильна	00:11:54		
16		2H125	030 Сверлильна	00:11:32		
17		2H125	035 Сверлильна	00:11:32		
18		2H125	040 Сверлильна	00:11:36		
19			Загалом:	1:38:25		
20						

Рис.1. Вихідні дані технологічного процесу

На основі вихідного планування ділянки створюємо візуалізацію (рис.2). При проектуванні схеми розміщення обладнання враховано норми відстані між верстатами та елементами будівлі [12]. Для проведення симуляції та отримання показників ефективності створюємо імітаційну (рис.3) та логістичну модель (рис.4). На логістичну модель нанесено вантажопотоки, що умовно представлені за допомогою об'єкту Connector. Швидкість передачі деталей між станціями 1,43 м/с, що відповідає швидкості нормальної ходьби робітників. Ємності із заготовками та готовими деталями попередньо розміщені в центрі ділянки, завдяки засобам переміщення вантажів всередині виробничого комплексу. Користуючись об'єктом ShiftCalendar задано 8 годинну робочу зміну з перервою в 1 годину та 5 денний робочий тиждень. Доступність верстатного обладнання встановлено на рівні 90-95 %.

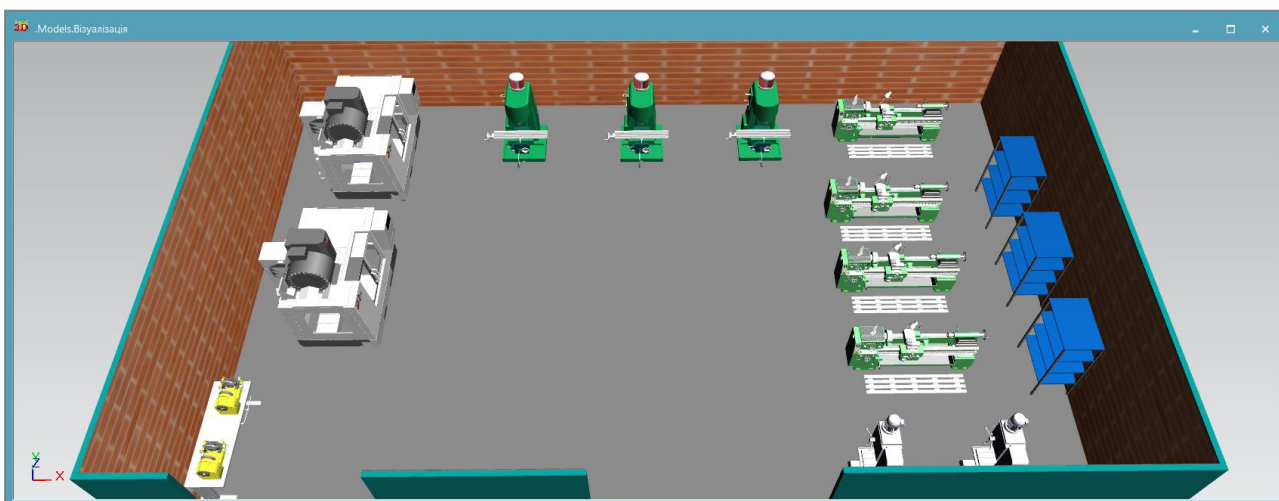


Рис.2. Візуалізація ділянки механообробки

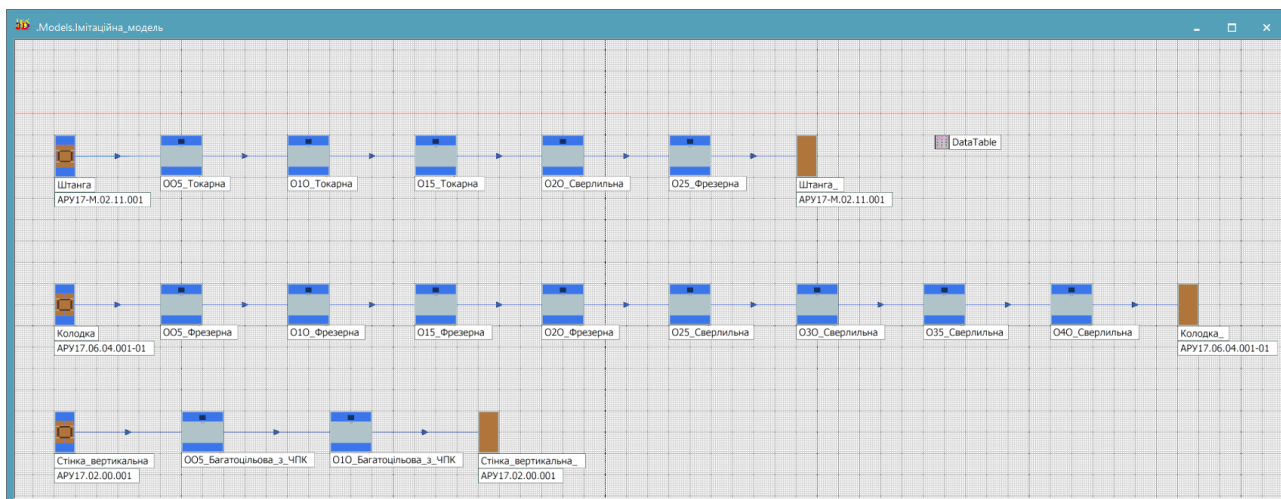


Рис.3. Імітаційна модель ділянки механообробки

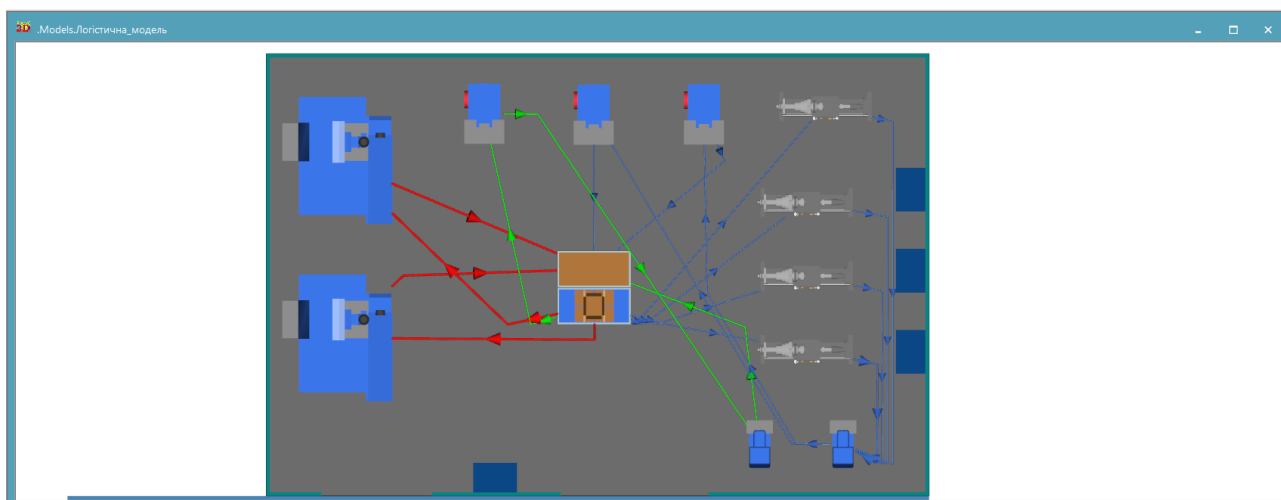


Рис.4. Логістична модель ділянки механообробки.

Позначення вантажопотоків: синім – деталь “Штанга”; зеленим – деталь “Колодка”; червоним – деталь “Стінка”

Використовуючи об'єкт Chart, було отримано діаграми розподілу часу роботи верстатного обладнання (рис.5).

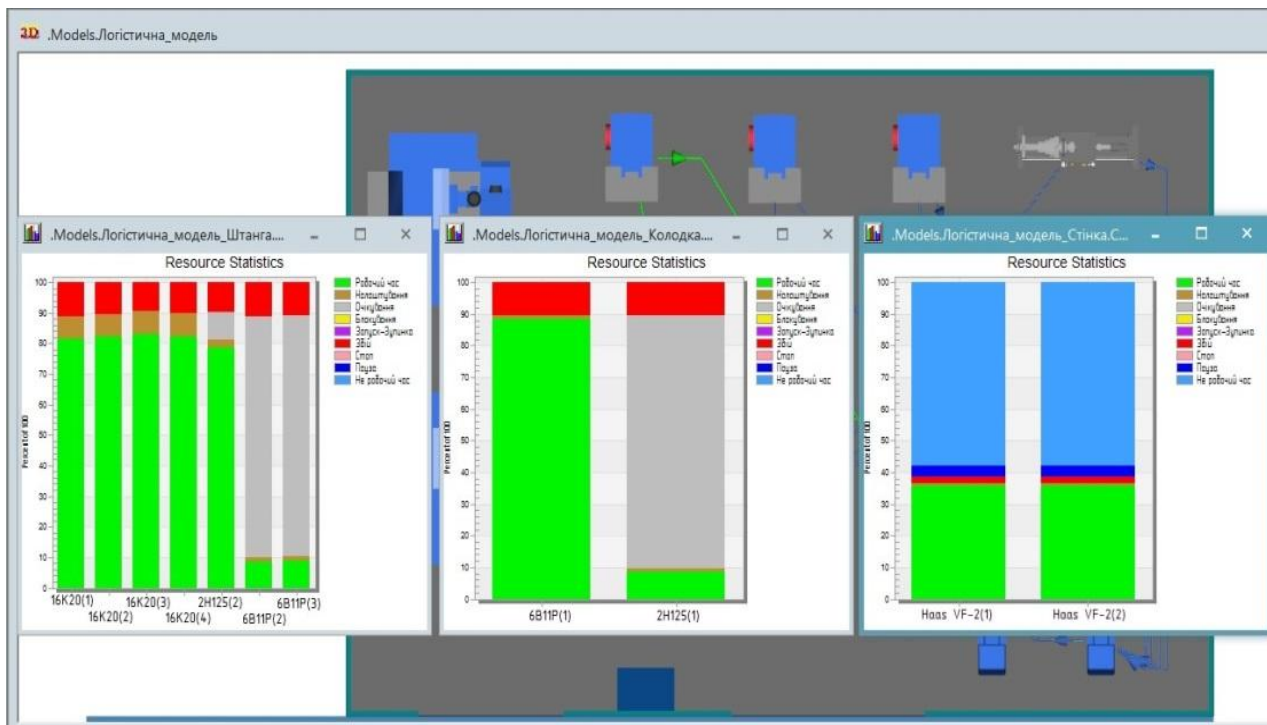


Рис.5. Діаграми розподілу часу роботи обладнання для кожної деталі

Аналізуючи діаграми розподілу часу роботи обладнання, можна виявити, що:

- верстати 6B11P(2) та 6B11P(3), що використовуються для оброблення деталі “Штанга” більшість часу знаходяться в очікуванні деталей з попередніх станцій;
- верстат 2H125(1), що використовується для оброблення деталі “Колодка” значний проміжок часу знаходиться в очікуванні деталей з попередніх станцій;
- корисна роботи верстатів Haas VF-2(1) та Haas VF-2(2) займає менше, ніж 40% всього часу роботи обладнання.

За допомогою об'єкту ExperimentManager визначено можливість дільниці забезпечити місячний обсяг кожної з деталей в залежності від розміру партії (рис.6,7,8).

		root.Haas_VF2.setupAfterNumParts	root.Haas_VF_2_2.setupAfterNumParts	root.Drain.StatDeleted
1	Exp 01	10	10	601.8
2	Exp 02	20	20	680.7
3	Exp 03	30	30	715.2
4	Exp 04	40	40	727.5
5	Exp 05	50	50	739.5
6	Exp 06	60	60	745.5
7	Exp 07	70	70	751.5
8	Exp 08	80	80	757.5
9	Exp 09	90	90	757.5
10	Exp 10	100	100	763.5
11	Exp 11	110	110	763.5
12	Exp 12	120	120	763.5
13	Exp 13	130	130	769.5
14	Exp 14	140	140	769.5
15	Exp 15	150	150	769.5
16	Exp 16	160	160	769.5
17	Exp 17	170	170	769.5
18	Exp 18	180	180	769.5
19	Exp 19	190	190	769.5
20	Exp 20	200	200	775.5
21	Exp 21	210	210	775.5
22	Exp 22	220	220	775.5

Рис.6. Місячний обсяг випуску деталі “Стінка” в залежності від розміру партії

		root.Station.setupAfterNumParts	root.Station41.setupAfterNumParts	root.Колодка_.StatDeleted
1	Exp 01	10	10	683.5
2	Exp 02	20	20	812.3
3	Exp 03	30	30	868
4	Exp 04	40	40	894.7
5	Exp 05	50	50	912.5
6	Exp 06	60	60	926.6
7	Exp 07	70	70	935.3
8	Exp 08	80	80	945.7
9	Exp 09	90	90	949.8
10	Exp 10	100	100	955
11	Exp 11	110	110	958.9
12	Exp 12	120	120	960.2
13	Exp 13	130	130	963.3
14	Exp 14	140	140	968.2
15	Exp 15	150	150	968.3
16	Exp 16	160	160	968.1
17	Exp 17	170	170	973
18	Exp 18	180	180	972.4
19	Exp 19	190	190	972.9
20	Exp 20	200	200	977.2
21	Exp 21	210	210	977
22	Exp 22	220	220	977.1

Рис.7. Місячний обсяг випуску деталі “Колодка” в залежності від розміру партії

		root.Station311.setupAfterNumParts	root.Station3111.setupAfterNumParts	root.Station4.setupAfterNumParts	root.Station2.setupAfterNumParts	root.Station1.setupAfterNumParts	root.Wrakra_StatDeleted
1	Exp 01	10	10	10	10	10	1230.9
2	Exp 02	20	20	20	20	20	1353.1
3	Exp 03	30	30	30	30	30	1399.7
4	Exp 04	40	40	40	40	40	1424
5	Exp 05	50	50	50	50	50	1439.4
6	Exp 06	60	60	60	60	60	1448
7	Exp 07	70	70	70	70	70	1457.3
8	Exp 08	80	80	80	80	80	1461.7
9	Exp 09	90	90	90	90	90	1465.9
10	Exp 10	100	100	100	100	100	1470.5
11	Exp 11	110	110	110	110	110	1472.7
12	Exp 12	120	120	120	120	120	1474.8
13	Exp 13	130	130	130	130	130	1477
14	Exp 14	140	140	140	140	140	1479.3
15	Exp 15	150	150	150	150	150	1481.5
16	Exp 16	160	160	160	160	160	1481.5
17	Exp 17	170	170	170	170	170	1483.7
18	Exp 18	180	180	180	180	180	1483.7
19	Exp 19	190	190	190	190	190	1485.8
20	Exp 20	200	200	200	200	200	1485.8
21	Exp 21	210	210	210	210	210	1485.8
22	Exp 22	220	220	220	220	220	1488.2
23	Exp 23	230	230	230	230	230	1488.2
24	Exp 24	240	240	240	240	240	1488.2
25	Exp 25	250	250	250	250	250	1489.9
26	Exp 26	260	260	260	260	260	1490.1
27	Exp 27	270	270	270	270	270	1490.1
28	Exp 28	280	280	280	280	280	1490.1
29	Exp 29	290	290	290	290	290	1490.1
30	Exp 30	300	300	300	300	300	1492.2

Рис.8 - Місячний обсяг випуску деталі “Штанга” в залежності від розміру партії

Отримані дані свідчать, що при заданій конфігурації продуктивність ділянки не відповідає заданому показнику випуску деталей. Основним причинами не відповідності технічному завданню є багатократне пересікання вантажопотоків, недоцільний вибір та неефективне використання верстатного обладнання. Для підвищення ефективності ділянки необхідно провести такі модифікації:

- для деталі “Штанга” необхідно перерозподілити залучені верстати, а саме операцію 020 Сверлильна виконувати на двох верстатах 2H125(1) та 2H125(2). Операцію 025 Фрезерна виконувати на верстаті 6B11P(3);
- для деталі “Колодка” замінити верстати 6B11P(1), 6B11P(2) на один обробляючий центр з ЧПК Haas VF-2TR;
- для деталі Стінка замінити обробляючі центри Haas VF-2 на Doosan DNM4500S, що дозволяють проводити оброблення деталі на більших частотах обертання шпинделя, що в свою чергу зменшує час обробки.

Відповідно до внесених змін коригуємо логістичну модель ділянки (рис.9).

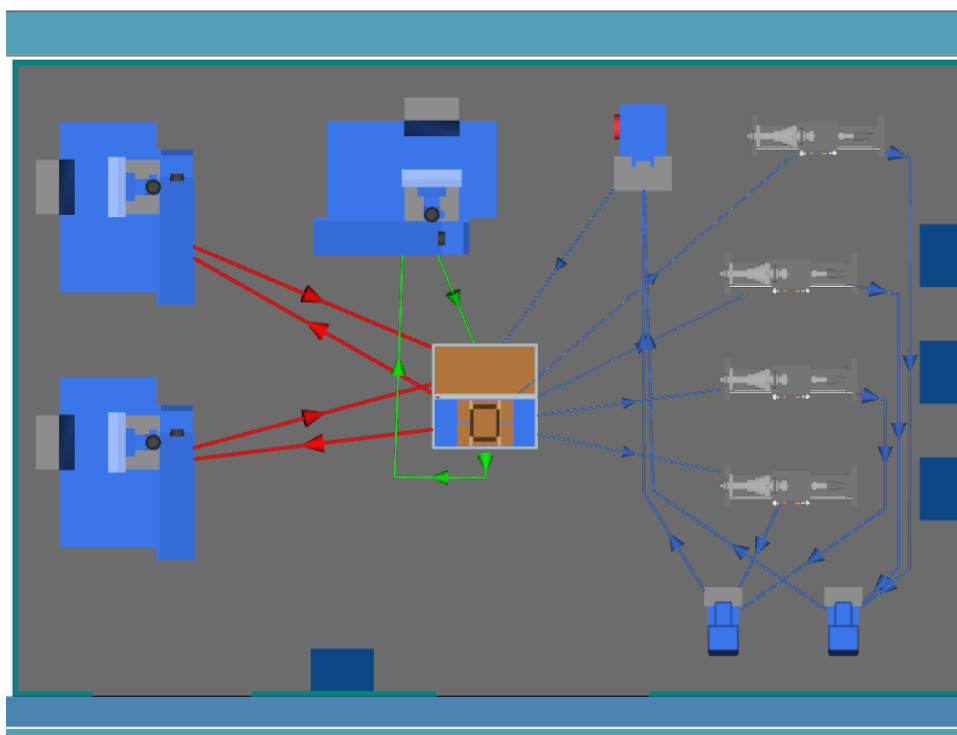


Рис.9. Модифікована логістична модель. Позначення вантажопотоків: синім – деталь “Штанга”; зеленим – деталь “Колодка”; червоним – деталь “Стінка”

Використовуючи об’єкт Chart отримано діаграми розподілу часу роботи модифікованої моделі (рис.10).

491



Рис.10. Діаграми розподілу часу роботи обладнання для кожної деталі

Оцінюючи діаграми можна зробити висновок, що після проведених змін обладнання працює більш ефективно. За допомогою об’єкту ExperimentManager визначено можливість модифікованої дільниці забезпечити місячний обсяг кожної з деталей в залежності від розміру партії (рис.11,12,13).

		root.Doosan_DNM4500S_1.setupAfterNumParts	root.Doosan_DNM4500S_2.setupAfterNumParts	root.Drain.StatDeleted
1	Ехр 01	10	10	742.2
2	Ехр 02	20	20	861
3	Ехр 03	30	30	905.5
4	Ехр 04	40	40	935.3
5	Ехр 05	50	50	949.6
6	Ехр 06	60	60	960.4
7	Ехр 07	70	70	971.6
8	Ехр 08	80	80	971.6
9	Ехр 09	90	90	979.5
10	Ехр 10	100	100	987.3
11	Ехр 11	110	110	987.3
12	Ехр 12	120	120	987.3
13	Ехр 13	130	130	994.2
14	Ехр 14	140	140	994.2
15	Ехр 15	150	150	994.2
16	Ехр 16	160	160	994.2
17	Ехр 17	170	170	999.7
18	Ехр 18	180	180	999.7
19	Ехр 19	190	190	999.7
20	Ехр 20	200	200	999.7
21	Ехр 21	210	210	999.7
22	Ехр 22	220	220	999.7

Рис.11. Отриманий місячний обсяг випуску деталі “Стінка” в залежності від розміру партії

		root.Haas_VF_2TR.setupAfterNumParts	root.Колодка_.StatDeleted
1	Ехр 01	10	812.1
2	Ехр 02	20	918
3	Ехр 03	30	959.3
4	Ехр 04	40	980.4
5	Ехр 05	50	995.2
6	Ехр 06	60	1000
7	Ехр 07	70	1000
8	Ехр 08	80	1000
9	Ехр 09	90	1000
10	Ехр 10	100	1000
11	Ехр 11	110	1000
12	Ехр 12	120	1000
13	Ехр 13	130	1000
14	Ехр 14	140	1000
15	Ехр 15	150	1000
16	Ехр 16	160	1000
17	Ехр 17	170	1000
18	Ехр 18	180	1000
19	Ехр 19	190	1000
20	Ехр 20	200	1000
21	Ехр 21	210	1000

Рис.12. Отриманий місячний обсяг випуску деталі “Колодка” в залежності від розміру партії

		root_16K20_4.setupAfterNumParts	root_2H125_1.setupAfterNumParts	root_2H125_2.setupAfterNumParts	root_6811P_3.setupAfterNumParts	root.Штанга_StatDeleted
1	Ехр 01	10	10	10	10	1500
2	Ехр 02	20	20	20	20	1500
3	Ехр 03	30	30	30	30	1500
4	Ехр 04	40	40	40	40	1500
5	Ехр 05	50	50	50	50	1500
6	Ехр 06	60	60	60	60	1500
7	Ехр 07	70	70	70	70	1500
8	Ехр 08	80	80	80	80	1500
9	Ехр 09	90	90	90	90	1500
10	Ехр 10	100	100	100	100	1500
11	Ехр 11	110	110	110	110	1500
12	Ехр 12	120	120	120	120	1500
13	Ехр 13	130	130	130	130	1500
14	Ехр 14	140	140	140	140	1500
15	Ехр 15	150	150	150	150	1500
16	Ехр 16	160	160	160	160	1500
17	Ехр 17	170	170	170	170	1500
18	Ехр 18	180	180	180	180	1500
19	Ехр 19	190	190	190	190	1500
20	Ехр 20	200	200	200	200	1500
21	Ехр 21	210	210	210	210	1500
22	Ехр 22	220	220	220	220	1500
23	Ехр 23	230	230	230	230	1500

Рис. 13. Отриманий місячний обсяг випуску деталі ‘Штанга’ в залежності від розміру партії

Після модифікації дільниця механообробки здатна забезпечити місячний обсяг випуску деталей.

Висновки:

1. Середнє завантаження обладнання після модифікацій зросло з 54 % до 62,5 %. Середній час простою обладнання через очікування знизився з 22,7 % до 7,5 %.
2. Модифікована конфігурація дільниці здатна забезпечити заданий місячний обсяг випуску деталей.
3. Визначено доцільний розмір партії для кожної деталі : 250 шт .

Список використаних джерел

1. Phanindra Kshatra D., Ratna Prasad P., Kalamulla MD., Sai Krishna P. Analyze the production system of an body-in-white system through modelling and perform bottleneck, optimization using simulation software / D. Phanindra Kshatra, P. Ratna Prasad, MD. Kalamulla, P.Sai Krishna // International Journal of Recent Technology and Engineering. - Vol. 8. – 2019. - P. 685 – 690.
2. Furmannova.B., Gabajova.G., Vavřík.V. Design of logistic system using Tecnomatix software / Beata Furmannova, Gabika Gabajova, Vladimír Vavřík. – 2019. – <https://doi.org/10.24132/PI.2019.08948.043-049>.

3. Snyman¹ S., Bekker J. Real-time scheduling in a sensorised factory using cloud-based simulation with mobile device access / S. Snyman¹ & J. Bekker // South African Journal of Industrial Engineering December 2017 Vol 28(4), pp 161-169.

4. Якимов И.М. и др. Имитационное моделирование в системе Plant Simulation / И. М. Якимов, А. П. Кирпичников, З. Х. Захарова, Д. Д. Железнякова // Вестник технологического университета. -2017. -Т.20.- №2. - С. 107 – 111.

5. Siderska J. Application of Tecnomatix Plant Simulation for modeling production and logistics processes / Julia Siderska // Business, Management and Education, 2016. - №14(1). - P. 64–73.

6. Ильин Р.А., Бусаров Е.И., Шурыгин А.Ю. Имитационное моделирование производственной системы с применением программного продукта TECNOMATIX Plant Simulation / Р.А. Ильин, Е.И. Бусаров, А.Ю. Шурыгин // Технические науки - от теории к практике. – Новосибирск: СибАК. - 2016. –№ 1(49). - С. 104 – 111.

7. Klimenta M., Popovič R., Janekc J. Analysis of the production process in the selected company and proposal a possible model optimization through plm software module TECNOMATIX Plant Simulation/ Marek Klimenta, Radko Popovičb, Jozef Janekc // Procedia Engineering. - №96. – 2014. - P.221 – 226.

8. Толуев Ю., Змановская Т. Имитационная модель производственной линии на базе сложной конвейерной системы / Ю. Толуев, Т. Змановская // Автоматизация в промышленности, 2013, №7, с. 37- 41.

9. Чижов М.И., Скрипченко Ю.С., Гусев П.Ю. Моделирование технологических процессов в Tecnomatix Plant Simulation / М.И. Чижов, Ю.С. Скрипченко, П.Ю. Гусев // Вестник Воронежского государственного технического университета. - 2011. — Том 7, № 12.2. — С. 18–20.

10. Use plant simulation and throughput optimization to improve manufacturing performance. - <https://www.plm.automation.siemens.com/global/ru/products/manufacturing-planning/plant-simulation-throughput-optimization.html>

11. Bangsow S. Manufacturing Simulation with Plant Simulation and SimTalk: Usage and Programming with Examples and Solutions / Steffen Bangsow. – Berlin: Springer - 2010. – 300 p.

12. Шабашов А.А. Проектирование машиностроительного производства: учебное пособие / А.А. Шабашов. – Екатеринбург: Изд-во Урал. - 2016. – 76 с.