

Natalia MIERZEJEWSKA¹

Opiekun naukowy: Cezary SZWED²

USPRAWNIENIE PROCESU PRODUKCYJNEGO ZESPOŁU NAPĘDOWEGO PRZENOŚNIKA TAŚMOWEGO W PRZEDSIĘBIORSTWIE XYZ

Streszczenie: Niniejsza praca poświęcona jest zagadnieniu usprawnienia procesów produkcyjnych z wykorzystaniem symulacji komputerowych na przykładzie produkcji elementu przenośnika taśmowego. Dokonano analizy przebiegu procesu, zaproponowano model koncepcyjny oraz zbudowano model symulacyjny w programie Tecnomatix Plant Simulation. W poszukiwaniu usprawnienia przeprowadzono trzy eksperymenty, dla których dokonano późniejszej analizy ekonomicznej oraz wyciągnięto wnioski końcowe.

Słowa kluczowe: symulacja komputerowa, usprawnianie procesów produkcyjnych, Tecnomatix Plant Simulation, modele symulacyjne, produkcja zespołu napędowego przenośnika taśmowego

IMPROVING THE PRODUCTION PROCESS OF THE BELT CONVEYOR DRIVE UNIT IN THE XYZ COMPANY

Summary: This work is devoted to the issue of improving production processes using computer simulations on the example of the production of a belt conveyor element. An analysis of the process was carried out, a conceptual model was proposed and a simulation model was built in the Tecnomatix Plant Simulation program. In search of improvement, three experiments were carried out. For each one economic analysis was made and final conclusions were drawn.

Keywords: computer simulation, improvement of production processes, Tecnomatix Plant Simulation, simulation models, production of belt conveyor drive unit

1. Wprowadzenie

Niniejsza praca została wykonana w ramach Warsztatów projektowych – Modelowanie systemów produkcyjnych w Politechnice Warszawskiej w semestrze

¹ Politechnika Warszawska, Wydział Zarządzania, specjalność: Inżynieria Cyfrowa, natalia.mierzejewska.stud@pw.edu.pl

² dr inż., Politechnika Warszawska, Wydział Zarządzania, Cezary.Szwed@pw.edu.pl

letnim 2018/2019. Celem projektu jest sprawdzenie jak na proces wpłynie wdrożenie do przedsiębiorstwa nowego urządzenia – czteroosiowego centrum obróbczego CNC. Dodatkowo zostaną zaproponowane zmiany w innych miejscach procesu, mające docelowo za zadanie skrócić całkowity czas obróbki i montażu, a także ograniczyć ilość wykorzystywanych zasobów ludzkich przy zachowaniu wyników dla procesu wyjściowego.

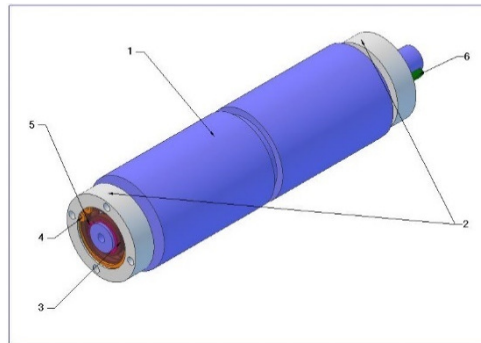
2. Analiza literatury

Przedmiotem rozwiązywanego zadania jest proces obróbczo-montażowy przeprowadzany na potrzeby zrealizowania zlecenia na transporter taśmowy w przedsiębiorstwie XYZ. Zaprojektowany oraz zorganizowany system produkcyjny to zbiór materialnych, energetycznych i informacyjnych elementów, wykorzystywanych przez człowieka do przekształcenia materiałów wejściowych w wyrób gotowy. (Knosala, 2017) Cały proces można podzielić ze względu na rodzaj wykonywanych czynności, przez danego pracownika, z użyciem konkretnych maszyn i urządzeń, pracującego na określonym przedmiocie. Wymienione elementy stanowią komponenty operacji produkcyjnych kontrolnych, technologicznych, transportowych, magazynowania i konserwacyjnych. (Kosieradzka, 2008) Istotnym jest wyróżnienie operacji, które mają faktyczny wpływ na właściwości fizyczne wyrobu - technologiczne i kontrolne oraz odróżnienie ich od tych, które wynikają na przykład z położenia stanowisk, jak transport. Istnieje wiele podejść stosowanych do usprawniania procesów produkcyjnych. Dobranie odpowiedniego narzędzia umożliwia szybkie zbadanie różnych wariantów rozwiązań i modyfikacji, prognozowanie ich efektów oraz wspomaganie podejmowania decyzji rozwojowych i modernizacyjnych dotyczących procesu. Doskonale sprawdza się w tym obszarze symulacja komputerowa. Jest to metoda badawcza pozwalająca na obserwację wpływu różnych parametrów na przebieg procesu wytwórczego.

3. Opis badanego procesu produkcyjnego

Przedsiębiorstwo XYZ jest dystrybutorem pakowarek próżniowych i maszyn do przetwórstwa mięsa, ale prowadzi także sprzedaż produktów eksploatacyjnych do zgrzewania oraz produkcję własną traysealerów, worków PA/PE, folii, opakowań i urządzeń wykorzystywanych do transportu wewnętrznego. Mając na celu obniżenie kosztów produkcji, przedsiębiorstwo zdecydowało się na wprowadzenie standaryzacji niektórych produktów. Wpłynęło to na powstanie mała i średnio seryjnej produkcji części podzespołów oraz na podjęcie decyzji o zakupie czteroosiowego frezerskiego centrum obróbczego CNC. Poprzednio wszystkie urządzenia wykorzystywane przez firmę miały charakter konwencjonalny.

Badaniu poddany zostanie proces obróbki mechanicznej i montażu zespołu napędowego przenośnika taśmowego. Jest to element transportera typu taśmowego. Przedsiębiorstwo pracuje na jedną zmianę. Należy pamiętać, że 8 godzinny czas pracy operatora jest pomniejszony o przysługującą mu 30 minutową przerwę. Jeden zespół napędowy przenośnika taśmowego jest złożony z: wałka napędowego aluminiowego (1), łożysk kulkowych tocznych 6004 (2), obudowy łożysk tocznych (3), pierścieni sprężystych zabezpieczających W42 (4), pierścieni sprężystych zabezpieczających Z20 (5) i wpustu pryzmatycznego 6x6x19 (6). Firma produkuje wałki napędowe aluminiowe oraz obudowy łożysk tocznych, reszta części jest towarem handlowym. Poniższy rysunek przedstawia zespół napędowy będący przedmiotem produkcji.



Rysunek 1. Zespół napędowy przenośnika taśmowego

Proces technologiczny zespołu napędowego przenośnika taśmowego:

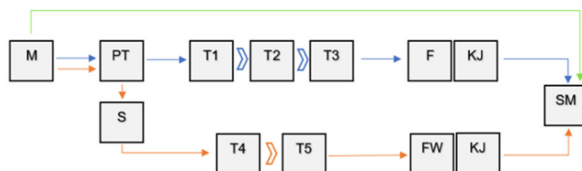
1. Pobranie z magazynu materiału na wałek napędowy – czas realizacji ok. 10 minut.
 2. Cięcie na pile taśmowej materiału na wymiar z naddatkiem obróbczym – 30 minut.
 3. Przekazanie obrobionej części tokarzowi – 5 minut.
 4. Pobranie z magazynu materiału na obudowy łożysk tocznych – 10 minut.
 5. Cięcie na pile taśmowej materiału na wymiar z naddatkiem obróbczym – 30 minut.
 6. Odłożenie wyciętych części na stanowisko, gdzie będą czekały na dalszą obróbkę – czas realizacji ok. 1 minuty.
- I Wałek napędowy aluminiowy
7. Obróbka z wykorzystaniem tokarki, szereg operacji - 2,5 godziny.
 8. Przekazanie obrobionych części do stanowiska frezarskiego – 5 minut.
 9. Obróbka z wykorzystaniem frezarki (tj. frezowanie kanałka pod wpust pryzmatyczny) – zakładany czas pracy na frezarce ok. 20 minut.
 10. Kontrola jakości (sprawdzenie poprawności wykonania według wymiarów) – czas realizacji ok. 15 minut.
 11. Przekazanie obrobionych części do stanowiska montażowego – 5 minut.
- II Obudowy łożysk tocznych
12. Pobranie wyciętych części obudów łożysk tocznych ze stanowiska przy pile taśmowej – czas realizacji ok. 5 minut.
 13. Obróbka z wykorzystaniem tokarki, szereg operacji - 1 godzina dla jednej obudowy.
Wykonanie drugiej obudowy według powyższego schematu.
 14. Przekazanie obrobionych części do stanowiska z frezarko-wiertarką – 5 minut.

15. Obróbka z wykorzystaniem frezarko-wiertarki – zakładany czas pracy na frezarko-wiertarce dla jednej obudowy ok. 30 minut.
16. Kontrola jakości (sprawdzenie poprawności wykonania według wymiarów) – czas realizacji ok. 15 minut dla jednego gniazda.
17. Przekazanie obrobionych części do stanowiska montażowego – 5 minut.
18. Pobranie z magazynu części będących towarem handlowym przez monter – czas realizacji ok. 10 minut.
19. Montaż – suma czasu realizacji ok. 35 minut.

Proces obróbki mechanicznej i montażu realizowany jest w dziale produkcyjnym firmy. Po otrzymaniu przez pracowników projektu konstrukcji z działu konstrukcyjnego sprawdzany jest stan magazynu w zakresie zasobów materiałów potrzebnych do wykonania zespołu. Z magazynu pobierane są najpierw materiały na wałek napędowy aluminiowy, które zostaną poddane cięciu na pile taśmowej. Pracownik po wykonaniu etapu cięcia przekazuje elementy do stanowiska z tokarką. Operator piły taśmowej może następnie pobrać z magazynu materiały na obudowy łożysk tocznych. Po obróbce składa materiał na stanowisku obok, skąd pobierze go pracownik obsługujący tokarkę po zakończeniu toczenia wałka. Części przechodzą do operatora frezarki (wałek) lub frezarko-wiertarki (obudowa łożysk tocznych). Tak przygotowane elementy przechodzą kontrolę jakości i przekazane są do montażu. Przed złożeniem zespołu przetransportowane z magazynu zostają części będące towarem handlowym. Stanowiska znajdują się w odległościach około 15 metrów od siebie. Proces przeprowadzany jest z wykorzystaniem piły taśmowej, tokarki, frezarki i frezarko-wiertarki na etapie obróbki mechanicznej oraz prasy ręcznej i szczypiec do pierścieni wewnętrznych i zewnętrznych na etapie montażu. Do każdego stanowiska z maszyną na etapie obróbki mechanicznej przypisany jest jeden pracownik. W sumie przy produkcji zespołu napędowego przenośnika transportowego pracuje pięć osób. Każdy operator jest wykwalifikowany tylko w zakresie obsługi swojej maszyny, co eliminuje możliwość wymiany operatorów między stanowiskami.

4. Opracowanie modelu symulacyjnego

Rysunek 2. przedstawia strukturę modelu analizowanego procesu. Obróbkę i montaż wałka napędowego zaznaczono kolorem niebieskim, a obudów łożysk tocznych kolorem pomarańczowym. W strukturze uwzględniono przezbrojenie tokarki.



Rysunek 2. Model koncepcyjny procesu produkcyjnego zespołu napędowego

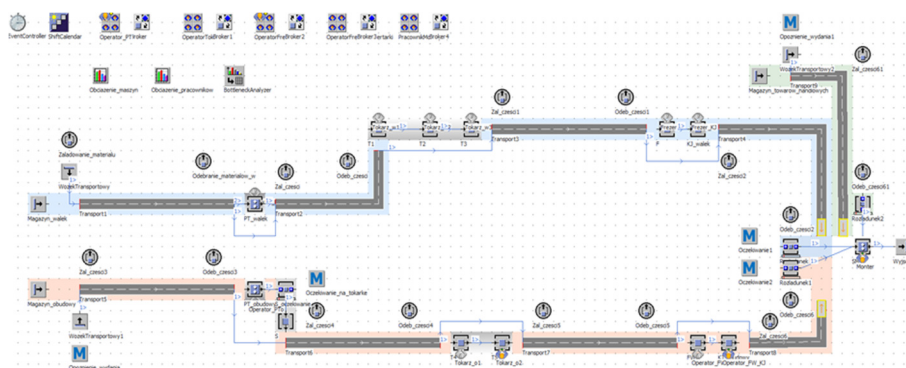
W modelu wyróżnia się następujące obiekty: M – Magazyn, z którego korzysta operator piły taśmowej oraz monter, PT - Piła taśmowa, S - Stanowisko, na którym czekają materiały do dalszej obróbki, T – Tokarka (ponumerowane symbole T w

modelu odpowiadają kolejno wykonywanym etapom obróbki na jednej tokarce; Ich czasy wynoszą odpowiednio: T1 – 1 h, T2 – 1 h, T3 – 15 min., T4 – 40 min. i T5 – 15min.; Czynności w ramach T4 i T5 są wykonywane dwa razy, co wynika z ilości obudów łożysk tocznych; Dlatego łączny czas pracy nad obiema obudowami na tokarce wynosi 1 godzinę i 50 minut), F – Frezarka, FW – Frezarko-wiertarka, KJ - Stanowisko kontroli jakości (oba stanowiska znajdują się koło frezarki oraz frezarko-wiertarki, dlatego czas transportu można pominąć), SM - Stanowisko montażowe, gdzie znajduje się prasa ręczna, szczypce do pierścieni wewnętrznych oraz szczypce do pierścieni zewnętrznych, Strzałki: niebieska - droga transportowa wałka napędowego aluminiowego, pomarańczowa – obudów łożysk tocznych, zielona – części będących towarem handlowym. Poniższe symbole oznaczają odpowiednio:

- ➤ - Przebrojenie tokarki. Pierwszy przebrojenia dla wałka napędowego aluminiowego wynosi 10 minut, natomiast drugi 5 minut.
- ➤ - Przebrojenie tokarki. Czas przebrojenia tokarki dla obróbki obudów łożysk tocznych wynosi 5 minut dla jednej obudowy.

W celu zbudowania modelu symulacyjnego procesu wykorzystano oprogramowanie Tecnomatix Plant Simulation firmy Siemens. Tecnomatix pozwala na odwzorowanie na odpowiednim poziomie procesu uwzględniając przy tym czasy transportu, operacji technologicznych, zachowanie procesu technologicznego, przypisanie odpowiednich operatorów maszyn do danego stanowiska oraz wprowadzenie zależności między wydawaniem i obróbką materiałów za pomocą funkcji metod. Dodatkowo oprogramowanie umożliwia analizę obciążenia maszyn i pracowników. Rysunek 3 przedstawia model symulacyjny procesu.

Sterowanie pracą części obiektów zostało uzyskane za pomocą metod napisanych w wewnętrznym języku programowania SimTalk, oznaczonych w modelu przez „M”. Walidację modelu przeprowadzono poprzez porównanie rzeczywistego czasu procesu – ok. 7 godzin, z wynikami trzech symulacji zgodnych z założeniami procesu technologicznego. Wszystkie trzy symulacje wskazały na ten sam czas realizacji procesu równy 6 godzin 47 minut i 55 sekund. Jest to wynik bardzo zbliżony do rzeczywistego czasu pracy. Można zatem uznać, że zbudowany model jest odpowiednim odzwierciedleniem rzeczywistego procesu.

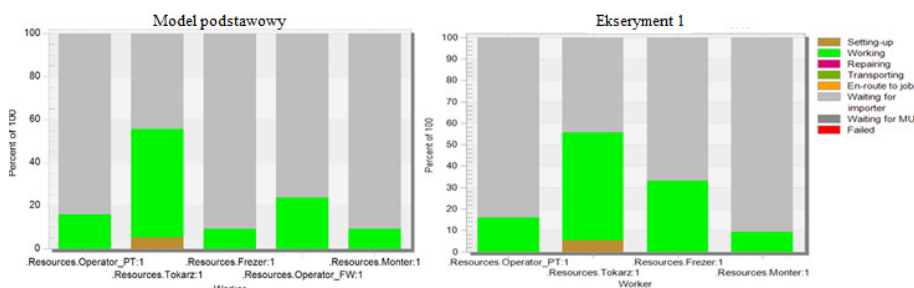


Rysunek 3. Model symulacyjny procesu produkcyjnego zespołu napędowego

5. Eksperymenty symulacyjne

Przeprowadzono trzy eksperymenty, przy czym każdy będzie trwał jeden dzień roboczy. Za kryterium oceny posłuży całkowity czas trwania procesu, czasy wybranych operacji technologicznych, liczba zaangażowanych w proces pracowników, obciążenie operatorów i maszyn oraz jakość elementu obrabianego uzyskiwana przy wykorzystaniu danej maszyny.

Eksperyment pierwszy. Z racji, że obróbka na frezarce i frezarko-wiertarce nie pokrywa się czasowo można przydzielić do obu urządzeń jednego operatora. Eksperyment pierwszy zakłada, że jeden z pracowników zostanie przeszkolony w zakresie obsługi drugiej maszyny. Pozwoli to na zwolnienie drugiego pracownika, który w tym czasie może zająć się realizacją innego procesu produkcyjnego odbywającego się w firmie. Zgodnie z założeniem, w modelu symulacyjnym pracowników obsługujących stanowiska *F* i *FW* zamieniono na jednego. Całkowity czas trwania symulacji pozostał na tym samym poziomie 6 godzin 47 minut i 55 sekund. Obciążenie maszyn pozostało niezmiennie, ponieważ ilość urządzeń nie była modyfikowana. Rysunek 4 prezentuje porównanie obciążenia operatorów uzyskane dla eksperymentu 1 oraz dla modelu podstawowego.



Rysunek 4. Obciążenie operatorów dla eksperymentu 1 i modelu podstawowego

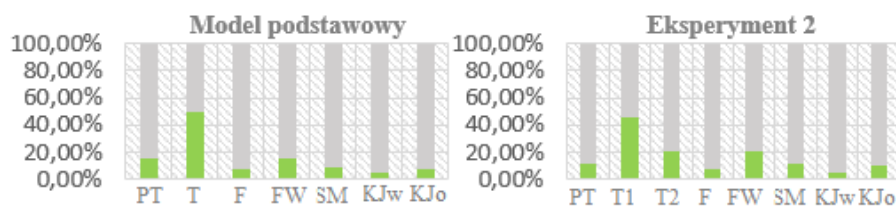
W eksperymencie 1 wyniki dla tokarza i frezera są bardziej zbliżone. Jest to dobry krok w dążeniu do zrównoważenia obciążeń operatorów.

Eksperyment drugi. W produkcji zespołu napędowego najdłużej trwa obróbka tokarska - stanowi w przybliżeniu aż 67% czasu całkowitego. Tokarka w procesie stanowi wąskie gardło. Podczas obróbki wałka, obudowy łożysk tocznych czekają na zwolnienie maszyny. Tworzy się przez to blokada i przedłuża się całkowity czas procesu. Drugi eksperyment polega na dodaniu kolejnej tokarki i jej operatora. Tabela 1 przedstawia zmiany jakie zajądą w modelu symulacyjnym po wprowadzeniu do użytku dodatkowej tokarki.

Porównanie obciążeń maszyn w modelu podstawowym i dla eksperymentu zaprezentowane jest na rysunku 5. Dostawienie dodatkowej tokarki pozwoliło na minimalnie bardziej zbliżone obciążenia urządzeń. Dzięki dodaniu kolejnej maszyny czas całego procesu skrócił się o aż 1 godzinę 56 minut i 10 sekund.

Kryterium zmiany	Przed wdrożeniem maszyny	Po wdrożeniu maszyny
Maszyna	Tokarka reprezentowana przez obiekty T1, T2, T3, T4 i T5.	Dwie tokarki. Pierwsza reprezentowana przez obiekty T1, T2, T3. Druga przez T4 i T5.
Czas trwania obróbki tokarskiej [hh:mm:ss]	Obiekt T1: 1:00:00 Obiekt T2: 1:00:00 Obiekt T3: 15:00 Obiekt T4: 40:00 Obiekt T5: 15:00	Obiekt T1: 1:00:00 Obiekt T2: 1:00:00 Obiekt T3: 15:00 Obiekt T4: 40:00 Obiekt T5: 15:00
Pracownicy	5 (w tym jeden operator tokarki)	6 (w tym dwóch operatorów tokarek)
Czas trwania procesu [hh:mm:ss]	6:47:55	4:51:45

Tabela 1. Różnice w modelu symulacyjnym dla eksperymentu 2



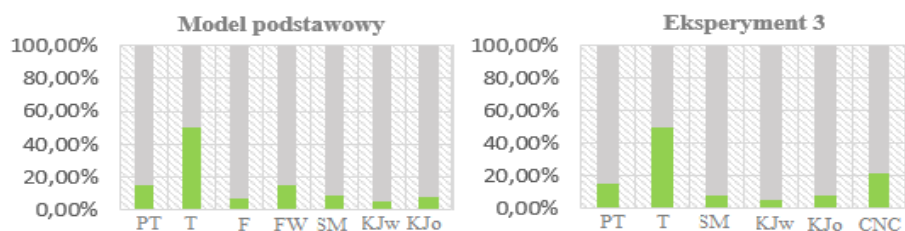
Rysunek 5. Obciążenie maszyn dla eksperymentu 2

Eksperyment trzeci. Trzeci eksperyment ma na celu porównanie stanu procesu produkcji zespołu napędowego przenośnika taśmowego przed i po wdrożeniu centrum obróbczego Cincinnati 500. W ramach eksperymentu przeprowadzone zostaną dwie symulacje, odpowiednio na modelu procesu z konwencjonalną frezarką i frezarko-wiertarką oraz na modelu z czteroosiowym frezerskim centrum obróbczym. Tabela 2 przedstawia zmiany jakie zajądą w modelu symulacyjnym procesu.

Tabela 2. Zmiany modelu symulacyjnego dla eksperymentu trzeciego

Kryterium zmiany	Przed wdrożeniem maszyny	Po wdrożeniu maszyny
Maszyna wykorzystana do obróbki frezerskiej	Frezarka (F) oraz frezarko-wiertarka (FW)	Cincinnati 500, w modelu symulacyjnym maszynę reprezentują obiekty: F, F1.
Czas trwania obróbki frezerskiej [hh:mm:ss]	Obiekt F: 20:00 Obiekt FW: 1:00:00	Obiekt F: 16:00 Obiekt F1: 40:00
Pracownicy	Operator frezarki, operator frezarko-wiertarki	Operator Cincinnati 500
Czas trwania procesu [hh:mm:ss]	6:47:55	6:27:55

Nowo zakupiona maszyna pozwala dodatkowo na osiągnięcie wyższej jakości produktu. Dzięki zapisaniu programu centrum obróbczego CNC możliwe jest szybkie i dokładne powtarzanie operacji w przypadku zapotrzebowania na kolejne zespoły napędowe. Wdrożenie Cincinnati 500 pozwoliło na: skrócenie całkowitego czasu procesu o 20 minut, szybsze wykonywanie operacji obróbki odpowiednio o 4 minuty dla stanowiska F i 15 minut dla stanowiska F1, zmniejszenie liczby operatorów o 1 pracownika, podwyższenie jakości obrabianego zespołu, powtarzalność procesu. Analizując wykresy obciążenia maszyn przedstawiona na rysunku 6 widać, że Cincinnati 500 jest efektywniej wykorzystywane niż frezarka i frezarko-wiertarka.



Rysunek 6. Obciążenie maszyn dla eksperymentu 2

Podobnie jak w przypadku obciążenia maszyn, po wykorzystaniu centrum obróbczego jego operator jest efektywniej wykorzystany. Obciążenie tego pracownika stanowi sumę obciążeń operatorów frezarki i frezarko-wiertarki. Na wyniki symulacji eksperymentów wpływa przede wszystkim liczba maszyn i czas operacji technologicznych.

6. Analiza ekonomiczna

Analiza ekonomiczna procesu zostanie przeprowadzona dla wszystkich trzech eksperymentów.

Tabela 3. Zestawienie wydatków CAPEX i OPEX dla poszczególnych eksperymentów

Źródło kosztu	Kategoria	Koszt [zł]		
		Eksperyment 1	Eksperyment 2	Eksperyment 3
Szkolenie pracownika	OPEX	3 100	-	3 000
Zakup maszyny	CAPEX	-	51 000	50 000
Wybór i wdrożenie maszyny	CAPEX	-	29 500	26 500
Roczny koszt eksploatacji maszyny	OPEX	-	88 500	86 344
Roczna wypłata operatora	OPEX	-	36 000	36 000

W ramach analizy ekonomicznej dodatkowo wykorzystane zostaną wzory na okres zwrotu nakładów inwestycyjnych PP (Pabianiak, 2016, s.66), wartość bieżąca netto NPV (Wrzosek, 2008, s.31) oraz wewnętrzną stopę zwrotu IRR (Wrzosek, 2008, s.60). Aby obliczyć wartość wymienionych wskaźników niezbędne jest określenie przepływów pieniężnych. Dla eksperymentu 2 przedstawione one zostały w tabeli 4.

W obu przypadkach przyjęto pięcioletni czas eksploatacji maszyny, z czego wynika przyjęta liczba pięciu rocznych okresów.

Tabela 4. Zestawienie przepływów pieniężnych netto dla eksperymentu 2

Okres:	0	1	2	3	4
Nakłady inwestycyjne [zł]	-80 500	-	-	-	-
Przychody ze sprzedaży netto [zł]	165 000	168 300	174 900	178 200	181 500
Koszty zmienne [zł]	88 500	88 200	87 800	88 000	88 300
Koszty stałe [zł]	46 800	46 800	46 800	46 800	46 800
w tym amortyzacja [zł]	10 200	10 200	10 200	10 200	10 200
Wynik operacyjny [zł]	29 700	33 300	40 300	43 400	46 400
Podatek dochodowy [zł]	5 643	6 327	7 657	8 246	8 816
Wynik netto [zł]	24 057	26 973	32 643	35 154	37 584
Przepływy pieniężne netto [zł]	-46 243	37 173	42 843	45 354	47 784

Dla eksperymentu trzeciego przepływy pieniężne kształtują się jak zaprezentowano w tabeli 5. Wyniki wybranych parametrów ekonomicznych przedstawiono w tabeli 6.

Tabela 5. Zestawienie przepływów pieniężnych netto dla eksperymentu 3

Okres:	0	1	2	3	4
Nakłady inwestycyjne [zł]	-82 100	-	-	-	-
Przychody ze sprzedaży netto [zł]	165 000	168 300	174 900	178 200	181 500
Koszty zmienne [zł]	86 344	86 200	86 500	85 000	86 000
Koszty stałe [zł]	46 600	46 600	46 600	46 600	46 600
w tym amortyzacja [zł]	10 000	10 000	10 000	10 000	10 000
Wynik operacyjny [zł]	32 056	35 500	41 800	46 600	48 900
Podatek dochodowy [zł]	6 090,64	6 745	7 942	8 854	9 291
Wynik netto [zł]	25 965,36	28 755	33 858	37 746	39 609
Przepływy pieniężne netto [zł]	-46 134,64	38 755	43 858	47 746	49 609

Tabela 6. Zestawienie wybranych parametrów ekonomicznych dla eksperymentu 2 i 3

Parametr	Eksperyment 2	Eksperyment 3
PP	3,09	2,23
NPV	101 438,31 zł	107 251,07 zł
IRR	≈ 0,79929781	≈ 0,83736385

Przy podejmowaniu wyboru między dwoma wariantami z Tabeli 6., przedsiębiorstwo powinno zdecydować między możliwością skrócenia procesu o ponad 1 godzinę dla dodatkowej tokarki a zwróceniem się inwestycji już po trzecim roku przy zakupie centrum obróbczego CNC.

7. Podsumowanie

W niniejszej pracy przeprowadzono analizę procesu produkcyjnego zespołu napędowego przenośnika taśmowego pod kątem usprawnień. Punktem wyjściowym było zbudowanie modelu symulacyjnego w programie Tecnomatix na podstawie zaproponowanego modelu koncepcyjnego. W ramach trzech eksperymentów przeprowadzono symulacje i porównano obciążenie maszyn, czas trwania symulacji i wystąpienie wąskich gardeł. Zawarte w szóstym rozdziale wyniki pozwalają zobaczyć zaproponowane rozwiązania ze strony finansowej. Przedstawione obliczenia i analiza ekonomiczna wykazały, że najprostszą i najtańszą zmianę proponuje eksperyment 1. Poszukując jednak wyraźnych efektów w skróceniu czasu trwania procesu, przedsiębiorstwo powinno rozpatrywać raczej rozwiązania zaprezentowane w eksperymencie drugim i trzecim. Rozpatrując obróbkę i montaż zespołu napędowego autonomicznie, korzystniejszym rozwiązaniem wydaje się być dostawienie tokarki z operatorem. Z pewnością przedmiot dalszych badań powinien stanowić obszar obróbki tokarskiej, ale także warto przyjrzeć się procesowi cięcia materiałów na pile taśmowej. To te dwa zagadnienia powodują oczekiwanie części zespołu napędowego w procesie. Wpływa to także na całkowity czas realizacji wytworzenia elementu przenośnika taśmowego. Na podstawie analizowanego przypadku przedsiębiorstwa XYZ widać jak praktyczne zastosowanie znajduje modelowanie symulacyjne w usprawnianiu procesów produkcyjnych.

LITERATURA

1. CISZAK O.: Komputerowo wspomagane modelowanie i symulacja procesów produkcyjnych: <http://www.zn.dmf.put.poznan.pl/content/006/ciszak.pdf>, 14.05.2019.
2. JAJUGA K., JAJUGA T.: Inwestycje. PWN, Warszawa 2015.
3. KŁOS S., PATALAS-MALISZEWSKA J., Symulacja przebiegu procesów produkcyjnych w systemach przepływów w oparciu o oprogramowanie Tecnomatix Plant Simulation: http://ptzp.org.pl/files/konferencje/kzz/artyk_pdf_2016/T2/t2_0780.pdf, 10.05.2019.
4. KNOSALA R.: Inżynieria produkcji: kompendium wiedzy. PWE, Warszawa 2017.
5. KNOSALA R.: Ocena ryzyka wdrażania innowacji. PWE, Warszawa 2018.
6. KOSIERADZKA A.: Podstawy zarządzania produkcją. OWPW, Warszawa 2008.
7. KUBASIEWICZ-ANTONÓW M.: Metody oceny efektywności projektów: <https://analizafinansowa.pl/przychody-i-koszty/metody-oceny-efektywnosci-projektow-3079.html>, 20.05.2019.
8. PABANIAK P.: Analiza finansowa przedsiębiorstwa. Business Concepts, 2016.
9. WRZOSEK S.: Ocena efektywności inwestycji. UE, Wrocław 2008.