

**EKONOMICZNE ASPEKTY PRZYGOTOWANIA  
PRODUKCJI NOWEGO WYROBU**

*Janusz WÓJCIK  
Fabryka Drutu Gliwice Sp. z o.o.  
Jolanta BIJAŃSKA, Krzysztof WODARSKI  
Politechnika Śląska*

**Streszczenie:** Realizacja prac z zakresu przygotowania produkcji nowego wyrobu powinna być uzasadniona pozytywną oceną celowości, konstrukcyjnej, technologicznej i organizacyjnej wykonalności oraz ekonomicznej efektywności. Wyniki tej ostatniej oceny mają decydujące znaczenie. Przygotowanie produkcji nowego wyrobu, nawet jeśli jest celowe i wykonalne, nie powinno być realizowane jeśli jest ekonomicznie nieefektywne lub jeśli towarzyszy mu zbyt wysokie ryzyko niepowodzenia. W artykule określono wytyczne w zakresie przeprowadzania oceny ekonomicznej efektywności i ryzyka odpowiednio do cech charakteryzujących przygotowanie produkcji nowego wyrobu. Cechy te związane są z charakterem i zakresem prac przygotowania konstrukcyjnego, technologicznego i organizatorskiego, czasem ich trwania oraz życia wyrobu, a także nakładami kapitałowymi.

**Słowa kluczowe:** przygotowanie produkcji nowego wyrobu, ocena ekonomicznej efektywności i ryzyka

**WPROWADZENIE**

Przygotowanie produkcji nowego wyrobu, które odnosi się do prac poprzedzających uruchomienie produkcji i wdrożenie procesu wytwórczego, ma najważniejsze znaczenie w całym procesie produkcyjnym i decyduje o przyszłym losie wyrobu, a także o sukcesie przedsiębiorstwa [1]. Jednym z podstawowych determinantów tego sukcesu jest ekonomiczna efektywność wdrożenia wyrobu do produkcji. Ponieważ przygotowanie produkcji nowego wyrobu wymaga znacznych nakładów kapitałowych, ocenę tej efektywności należy przeprowadzać możliwe jak najszybciej, w toku właściwego konstrukcyjnego przygotowania produkcji, w ramach przygotowywanych założeń techniczno-ekonomicznych oraz projektu technicznego wstępnego [5]. Celem przeprowadzenia tej oceny jest sprawdzenie, czy w rezultacie sprzedaży wyrobu będą uzyskiwane przychody, które pokryją nie tylko bieżące koszty produkcji, ale przede wszystkim nakłady kapitałowe poniesione na przygotowanie produkcji wyrobu. Ponadto, ważne znaczenie ma zbadanie, czy efekty ekonomiczne uzyskiwane ze sprzedaży wyrobu będą odpowiednie do zainwestowanych nakładów, przy określonym poziomie ryzyka. Wyniki oceny efektów ekonomicznych oraz ryzyka ich nieuzyskania mają decydujące znaczenie dla kontynuowania prac w zakresie przygotowania produkcji nowego wyrobu. Nawet w sytuacji, kiedy przygotowanie tej produkcji jest celowe i wykonalne pod względem konstrukcyjnym, technologicznym i organizacyjnym, nie powinno być realizowane jeśli wdrożenie wyrobu do produkcji jest ekonomicznie nieefektywne lub towarzyszy mu zbyt wysokie ryzyko osiągnięcia strat i nieodzyskania zainwestowanych nakładów.

W literaturze dotyczącej przygotowania produkcji nowego wyrobu dotychczas nie opisano zagadnienia oceny ekonomicznej efektywności i ryzyka, z uwzględnieniem problemu

doboru odpowiednich metod i kryteriów oceny. W artykule przedstawiono rozważania w tym zakresie, będące częścią prowadzonych badań mających na celu opracowanie modelu przygotowania produkcji nowego wyrobu w małych i średnich przedsiębiorstwach.

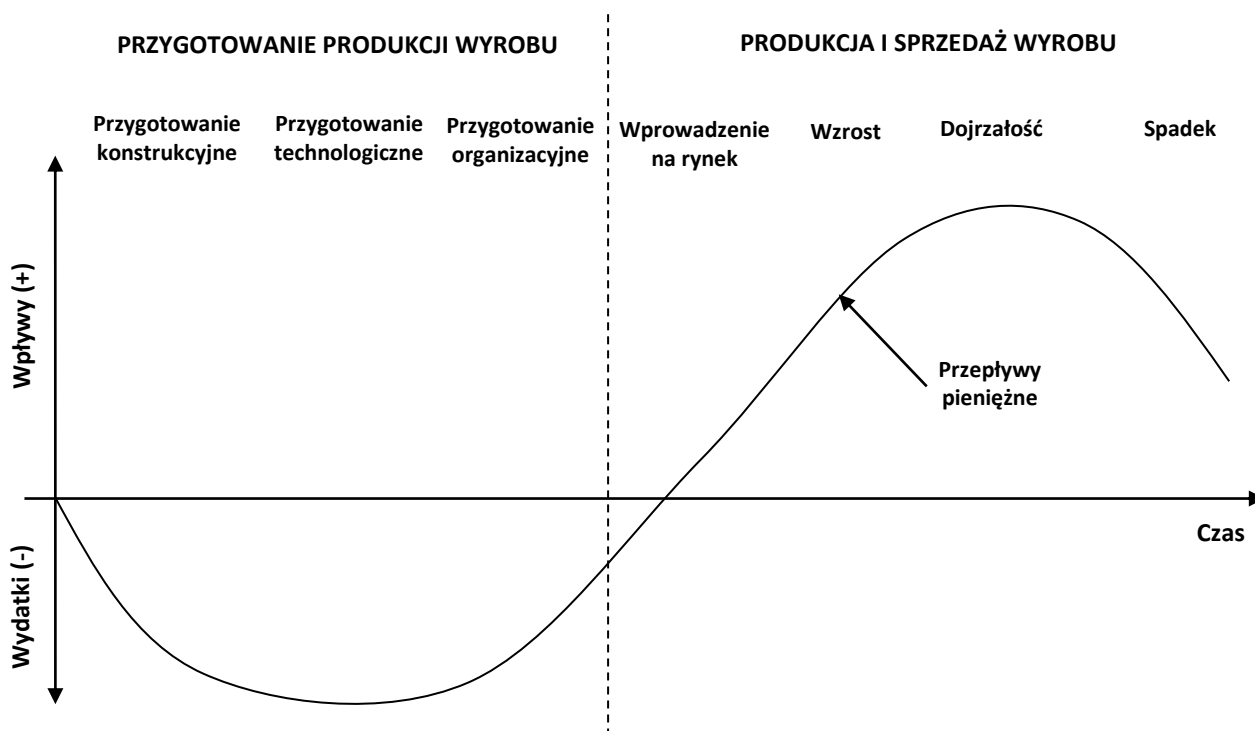
### **OCENA EKONOMICZNEJ EFEKTYWNOŚCI ORAZ RYZYKA PRZYGOTOWANIA PRODUKCJI NOWEGO WYROBU**

W ocenie ekonomicznej efektywności i ryzyka ekonomicznego związanego z przygotowaniem produkcji nowego wyrobu konieczne jest uwzględnienie przepływów pieniężnych, które obejmują (rys. 1):

- 1) wydatki (nakłady kapitałowe oraz koszty) ponoszone w poszczególnych fazach przygotowania produkcji wyrobu [4], tj.:
  - w fazie przygotowania konstrukcyjnego nowego wyrobu, która obejmuje prace badawczo – rozwojowe (B+R) w aspekcie rozwoju wyrobu, opracowanie jego dokumentacji konstrukcyjnej, przygotowanie prototypu, serii próbnej i produkcji seryjnej oraz nadzór konstrukcyjny nad uruchomieniem produkcji seryjnej,
  - w fazie przygotowania technologicznego, która obejmuje prace B+R w aspekcie rozwoju procesu technologicznego, opracowanie dokumentacji technologicznej, technologiczne przygotowanie prototypu, serii próbnej i produkcji seryjnej oraz nadzór technologiczny nad uruchomieniem produkcji seryjnej,
  - w fazie przygotowania organizacyjnego, która obejmuje prace B+R w aspekcie rozwoju metod organizatorskich, opracowanie dokumentacji organizacyjnej oraz koordynowanie i kontrolę przebiegu konstrukcyjnego i technologicznego przygotowania produkcji,
- 2) wydatki (koszty) i wpływy (przychody) wynikające z produkcji i sprzedaży wyrobu, w jego poszczególnych fazach cyklu życia [3], tj.:
  - w fazie wprowadzenia na rynek, obejmującej okres akceptacji wyrobu i powolnego wzrostu jego sprzedaży, na początku którego koszty mogą być nieznacznie wyższe niż przychody,
  - w fazie wzrostu, obejmującej okres zwiększenia sprzedaży wyrobu, w którym rosną zyski,
  - w fazie dojrzałości, obejmującej okres spowolnienia wzrostu sprzedaży wyrobu i generowanych zysków,
  - w fazie spadku, obejmującej okres znacznego spadku sprzedaży i zysków.

Zaprezentowane rozważania mają uproszczony charakter, gdyż ujęto w nich wyłącznie podstawowe elementy wpływów i wydatków. Ponadto założono, że nakłady kapitałowe są ponoszone wyłącznie podczas przygotowania produkcji nowego wyrobu, a w praktyce może się zdarzyć, że są one wydatkowane również później – podczas produkcji seryjnej i sprzedaży, np. na odtworzenie zużytych/zamortyzowanych maszyn niezbędnych do produkcji wyrobu.

Dla określenia sposobu oceny ekonomicznej efektywności i ryzyka należy wskazać cechy charakteryzujące przygotowanie produkcji nowego wyrobu oraz jego cykl życia. Cechy te są związane z charakterem, zakresem, wielkością niezbędnych nakładów kapitałowych i źródłami finansowania przygotowania produkcji nowego wyrobu, a także długością okresu jego realizacji i życia wyrobu na rynku.



Rys. 1 Typowe przepływy pieniężne w fazach przygotowania produkcji nowego wyrobu oraz jego cyklu życia

Źródło: Opracowanie własne

Ze względu na te cechy wyróżniono dwa rodzaje przygotowania produkcji nowego wyrobu:

I. rodzaj, który charakteryzuje się:

- niskim poziomem innowacyjności przygotowania produkcji nowego wyrobu (modernizacją – nieznacznym unowocześnieniem konstrukcji wyrobu, technologii jego wytwarzania lub usprawnień organizacyjnych), co nie wymaga prowadzenia prac B+R,
- niewielkim zakresem realizowanych prac w zakresie przygotowania konstrukcyjnego, technologicznego i organizatorskiego,
- relatywnie krótkim okresem przygotowania produkcji oraz życia nowego wyrobu,
- niskimi nakładami kapitałowymi na przygotowanie produkcji, finansowanymi głównie kapitałem własnym.

II. rodzaj, który charakteryzuje się:

- wysokim poziomem innowacyjności przygotowania produkcji nowego wyrobu (pod względem konstrukcji wyrobu, technologii jego wytwarzania oraz usprawnień organizacyjnych), co wymaga prowadzenia prac B+R,
- znacznym zakresem, obejmującym wiele wzajemnie ze sobą powiązanych prac konstrukcyjnych, technologicznych i organizatorskich,
- długim (nawet kilkuletnim) okresem przygotowania produkcji i życia wyrobu,
- koniecznością wydatkowania relatywnie wysokich nakładów kapitałowych, które mogą być finansowane z wielu źródeł własnych i obcych.

Uogólniając można stwierdzić, że wyróżnione rodzaje przygotowania produkcji są związane z wielkością przedsiębiorstw [4]. Im mniejsze przedsiębiorstwo, tym rzadziej prowadzone są prace badawczo-rozwojowe, a źródłem innowacyjności są intuicja właściciela

i pracowników, targi i wystawy, a najczęściej potrzeby klientów. Przygotowanie nowego wyrobu w małych przedsiębiorstwach często wynika wręcz z konkretnego zamówienia klienta, charakteryzującego się krótkoterminową umową, co wpływa na stosunkowo niewielki zakres prac oraz relatywnie krótki okres przygotowania produkcji i życia wyrobu. Możliwości wyprodukowania wyrobu o bardzo wysokim poziomie innowacyjności w małych przedsiębiorstwach są często ograniczone posiadanymi możliwościami produkcyjnymi (dostępными maszynami oraz narzędziami – w tym informatycznymi), a także dostępem do kapitału finansowego. Kapitał ten najczęściej ogranicza się do dwóch źródeł – dominuje kapitał własny, który często jest uzupełniany leasingiem lub kredytem. Z kolei średnie, a przede wszystkim duże przedsiębiorstwa dysponują zasobami finansowymi i ludzkimi (specjalnymi komórkami organizacyjnymi) dla prowadzenia prac badawczo-rozwojowych, będących głównym źródłem innowacji, nie tylko w zakresie konstrukcji, ale również przygotowania prototypu, czy produkcji seryjnej oraz nowych metod wspomagających organizacyjne przygotowanie produkcji. Dostęp do wielu źródeł finansowania umożliwia tym przedsiębiorstwom zakup nowoczesnych maszyn i narzędzi, niezbędnych do wyprodukowania innowacyjnego wyrobu. Znaczny zakres prac konstrukcyjnych, technologicznych i organizatorskich wpływa na wydłużenie okresu przygotowania produkcji nowego wyrobu, a zbyt wynikający najczęściej z długoterminowych umów – na długi okres życia wyrobu.

Wyróżnione cechy przygotowania produkcji nowego wyrobu determinują wybór metod i kryteriów oceny ekonomicznej efektywności i ryzyka. Generalnie można stwierdzić, że I rodzaj przygotowania produkcji nowego wyrobu, realizowany głównie w małych przedsiębiorstwach, należy oceniać metodami prostymi. Metody te, nazywane statycznymi, opierają się na nominalnych wartościach elementów przepływów pieniężnych z wybranej jednostki czasu (np. jednego roku) i nie uwzględniają zmiany wartości pieniądza w czasie. Jest wiele metod statycznych, charakteryzujących się różnymi warunkami stosowania [2]. Biorąc pod uwagę te warunki oraz cechy przypisane do I rodzaju przygotowania produkcji przyjęto, że do jego oceny najlepiej wykorzystać rachunki zysku oraz rentowności.

*Rachunek zysku* pozwala ocenić ekonomiczną efektywność przygotowania produkcji nowego wyrobu w jednostkach pieniężnych w przyjętej jednostce czasu (np. PLN/rok) na podstawie formuły:

$$Z = E - K, \quad (1)$$

gdzie:

Z – zysk ze sprzedaży wyrobu w jednostce czasu,

E – przychody ze sprzedaży,

K – koszty całkowite.

Przychody ze sprzedaży należy obliczyć z formuły:

$$E = C \cdot P \quad (2)$$

gdzie:

C – jednostkowa cena wyrobu,

P – wielkość sprzedaży wyrobu.

Koszty całkowite należy obliczyć z formuły:

$$K = K_k + K_o \quad (3)$$

gdzie:

$K_k$  – koszty kapitałowe,

$K_o$  – koszty operacyjne.

Koszty kapitałowe należy obliczyć z formuły:

$$K_k = \frac{N - R}{n} \quad (4)$$

gdzie:

$N$  – nakłady kapitałowe na przygotowanie produkcji nowego wyrobu, łącznie z nakładami na zakup niezbędnych maszyn i narzędzi,

$R$  – wartość rezydualna (końcowa) maszyn i narzędzi,

$n$  – przyjęty okres przygotowania produkcji i życia wyrobu.

Koszty operacyjne należy obliczyć z formuły:

$$K_{op} = k_{wyn} + k_{mat} + k_{en} + k_{rem} + k_{poz} \quad (5)$$

gdzie:

$k_{wyn}$  – koszty wynagrodzeń z narzutami,

$k_{mat}$  – koszty materiałów (np. części zamiennych do maszyn, środków konserwujących),

$k_{en}$  – koszty energii elektrycznej (obliczane na podstawie zainstalowanej mocy, efektywnego czasu pracy maszyn oraz ceny jednostki energii elektrycznej),

$k_{rem}$  – koszty remontów,

$k_{poz}$  – koszty pozostałe (np. odsetki od zaciągniętego leasingu/kredytu).

Realizacja prac z zakresu przygotowania produkcji jest ekonomicznie uzasadniona jeśli  $Z > 0$ . Przy porównywaniu alternatywnych wariantów konstrukcyjnych lub technologicznych należy wybrać wariant o najwyższym poziomie zysku.

*Rachunek rentowności* pozwala ocenić ekonomiczną efektywność przygotowania produkcji nowego wyrobu w wielkościach procentowych na podstawie formuły:

$$ROI = \frac{Z}{K_k} 100\% \quad (6)$$

gdzie:

ROI – wskaźnik rentowności, pozostałe oznaczenia jak wcześniej.

Realizacja prac z zakresu przygotowania produkcji jest ekonomicznie uzasadniona jeśli wskaźnik ROI jest wyższy od wymaganego minimalnego poziomu (np. kosztu kapitału, którym jest finansowane przygotowanie produkcji wyrobu). Przy porównywaniu alternatywnych wariantów konstrukcyjnych lub technologicznych należy wybrać wariant o najwyższym poziomie ROI.

*II* rodzaj przygotowania produkcji nowego wyrobu, realizowany głównie w dużych przedsiębiorstwach, należy oceniać metodami złożonymi. Metody te, nazywane dynamicznymi, uwzględniają zmiany wartości pieniądza wraz z upływem czasu, tzn. opierają się na realnych – zaktualizowanych wartościach przepływów pieniężnych. Spośród wielu metod dynamicznych [2] do oceny *II* rodzaju przygotowania produkcji nowego wyrobu najlepiej wykorzystać metody wartości zaktualizowanej netto lub wewnętrznej stopy zwrotu. Ze względu na wysoki poziom innowacyjności, wysokie nakłady kapitałowe oraz długi okres przygotowania produkcji i życia wyrobu oprócz ekonomicznej efektywności należy ocenić również ryzyko nieuzyskania oczekiwanych efektów ekonomicznych. Ocena ta może być oparta na wynikach analizy scenariuszowej.

*Metoda wartości zaktualizowanej netto* pozwala ocenić ekonomiczną efektywność przygotowania produkcji nowego wyrobu w jednostkach pieniężnych na podstawie zaktualizowanych przepływów pieniężnych netto związanych z poszczególnymi fazami przygotowania produkcji oraz cyklu życia wyrobu, zgodnie z formułą:

$$NPV = NCF_1 \cdot a_1 + NCF_i \cdot a_i + \dots + NCF_n \cdot a_n \quad (7)$$

gdzie:

NPV – wartość zaktualizowana netto,

$NCF_t$  – przepływy pieniężne netto (wydatki i wpływy pieniężne),

$a_t$  – współczynnik aktualizujący,

$t = 1, \dots, n$  – okres obliczeniowy (w latach), obejmujący okres przygotowania i życia wyrobu.

Współczynnik aktualizujący, który odzwierciedla relatywny spadek wartości przepływów pieniężnych w okresie obliczeniowym należy obliczyć z formuły:

$$a_t = (1+i)^{-t} \quad (8)$$

gdzie:

$i$  – stopa dyskontowa wyznaczana na podstawie kosztu kapitału, którym jest finansowane przygotowanie produkcji nowego wyrobu, pozostałe oznaczenia jak wcześniej.

Podjęcie decyzji o kontynuowaniu prac z zakresu przygotowania produkcji wymaga spełnienia warunku:  $NPV > 0$ . Przy porównywaniu alternatywnych wariantów konstrukcyjnych lub technologicznych należy wybrać wariant o najwyższym poziomie NPV. Wyjątek stanowi sytuacja, w której oceniane warianty wymagają różnych co do wartości i rozkładu w czasie nakładów kapitałowych. W takiej sytuacji, przy porównywaniu alternatywnych wariantów konstrukcyjnych lub technologicznych należy wybrać wariant o najwyższym poziomie wskaźnika wartości zaktualizowanej netto, który oblicza się z formuły:

$$NPVR = \frac{NPV}{PVI} \quad (9)$$

gdzie:

NPVR – wskaźnik wartości zaktualizowanej netto,

PVI – zaktualizowana wartość nakładów kapitałowych.

*Metoda wewnętrznej stopy zwrotu* opiera się na wynikach metody wartości zaktualizowanej netto i pozwala ocenić ekonomiczną efektywność przygotowania produkcji nowego wyrobu w wielkościach procentowych na podstawie formuły:

$$IRR = i_1 + \frac{NPV_1 + (i_2 - i_1)}{NPV_1 + |NPV_2|} \quad (10)$$

gdzie:

$i_1$  – poziom stopy dyskontowej przy którym  $NPV > 0$ ,

$i_2$  – poziom stopy dyskontowej przy którym  $NPV < 0$ ,

$NPV_1$  – poziom NPV obliczony na podstawie  $i_1$ ,

$NPV_2$  – poziom NPV obliczony na podstawie  $i_2$ .

Realizacja prac z zakresu przygotowania produkcji jest ekonomicznie uzasadniona jeśli IRR jest wyższa od wymaganego minimalnego poziomu (np. kosztu kapitału). Przy porównywaniu alternatywnych wariantów konstrukcyjnych lub technologicznych należy wybrać wariant o najwyższym poziomie IRR.

Przeprowadzenie *analizy scenariuszowej* wymaga zidentyfikowania najważniejszych czynników ryzyka, związanych z przygotowaniem produkcji nowego wyrobu oraz jego późniejszą produkcją i sprzedażą, które mają wpływ na efekty ekonomiczne. Czynniki te najczęściej determinują kształtowanie się poziomu nakładów kapitałowych na przygotowanie produkcji, kosztów operacyjnych, ceny wyrobu czy wielkości jego sprzedaży. Skwantyfikowanie możliwego wpływu (korzystnego i niekorzystnego) pozwala na opracowanie scenariuszy kształtowania się przepływów pieniężnych netto w poszczególnych fazach przygotowania produkcji oraz cyklu życia wyrobu.

Procedura oceny ryzyka w toku analizy scenariuszowej wymaga realizacji kilku etapów.

W pierwszym z nich, przyjętym scenariuszom przypisuje się określone prawdopodobieństwo wystąpienia. W drugim – oblicza się wartość oczekiwaną przepływów pieniężnych netto dla każdej jednostki czasu (najczęściej roku) w okresie obliczeniowym, obejmującym fazy przygotowania produkcji i życia wyrobu, na podstawie formuły:

$$E_t = \sum_{j=1}^u D_{tj} * P_{tj}, \quad (11)$$

gdzie:

$E_t$  – wartość oczekiwana przepływów pieniężnych netto w jednostce  $t$ ,

$D_{tj}$  –  $i$ -ty poziom przepływów pieniężnych netto w jednostce czasu  $t$ ,

$P_{tj}$  – prawdopodobieństwo wystąpienia  $i$ - tego poziomu przepływów pieniężnych netto w jednostce czasu  $t$ ,  $j=1, 2, \dots$ ,

$u$  – liczba badanych poziomów przepływów pieniężnych netto (liczba scenariuszy),

$t$  – jednostka okresu obliczeniowego.

W kolejnym etapie należy ustalić poziom wskaźnika odzwierciedlającego ekonomiczną efektywność (mierzoną NPV), którym jest wartość oczekiwana obliczana na podstawie formuły:

$$\mu_{NPV} = \sum_{t=1}^n \frac{E_t}{(1+i)^t} \quad (12)$$

gdzie:

$\mu_{NPV}$  – wartość oczekiwana NPV,

pozostałe oznaczenia jak wcześniej.

Należy również ustalić poziom wskaźnika ryzyka, charakteryzującego rozproszenie rozkładu prawdopodobieństwa NPV, którym jest odchylenie standardowe obliczane z formuły:

$$\sigma_{NPV} = \sqrt{\sum_{t=1}^n \frac{\sigma_t^2}{(1+i)^{2t}}} \quad (13)$$

gdzie:

$\sigma_{NPV}$  – odchylenie standardowe NPV,

$\sigma_t^2$  – wariancja przepływów pieniężnych netto,

pozostałe oznaczenia jak wcześniej.

Wariancję przepływów pieniężnych oblicza się na podstawie formuły:

$$\sigma_t^2 = (D_{tj} - E_t)^2 P_{tj}. \quad (14)$$

Podjęcie decyzji o kontynuowaniu prac z zakresu przygotowania produkcji wymaga spełnienia warunku:  $\mu_{NPV} > 0$ . Wskaźnik  $\sigma_{NPV}$  odzwierciedla poziom ryzyka. Im wyższy poziom odchylenia tym wyższe ryzyko. Przy porównaniu alternatywnych wariantów konstrukcyjnych lub technologicznych może zdarzyć się przypadek, kiedy wyższej wartości oczekiwanej towarzyszy wyższe odchylenie standardowe. Wówczas należy wybrać wariant o niższym współczynniku zmienności, który oblicza się z formuły:

$$CV_{NPV} = \frac{\sigma_{NPV}}{\mu_{NPV}}. \quad (15)$$

### ZAKOŃCZENIE

Przedstawione w artykule wytyczne stanowią teoretyczną podstawę oceny ekonomicznej efektywności i ryzyka przygotowania produkcji nowego wyrobu. Ocena ta umożliwia, już na etapie prac konstrukcyjnych, uzyskanie odpowiedzi na dwa ważne pytania:

- 1) czy w rezultacie produkcji seryjnej i sprzedaży wyrobu będą uzyskiwane przychody, które pokryją koszty produkcji oraz nakłady kapitałowe poniesione na jej przygotowanie?
- 2) czy efekty ekonomiczne uzyskiwane ze sprzedaży wyrobu będą odpowiednie do zainwestowanych nakładów, przy określonym poziomie ryzyka?

Odpowiedzi na te pytania powinny być uwzględnione w podejmowaniu decyzji o kontynuowaniu prac z zakresu przygotowania produkcji i wydatkowaniu na ten cel nakładów kapitałowych.

Należy podkreślić, że z teoretycznego punktu widzenia dokonanie oceny ekonomicznej efektywności i ryzyka jest stosunkowo łatwe, natomiast w praktyce jest znacznie trudniejsze, szczególnie jeśli przygotowanie produkcji ma innowacyjny i złożony charakter, jest realizowane w długim okresie czasu i kiedy wymaga wysokich nakładów. Dla wspomagania oceny w takich sytuacjach zostały opracowane odpowiednie arkusze kalkulacyjne i programy symulacyjne. Przykłady oceny ekonomicznej efektywności i ryzyka przygotowania produkcji nowego wyrobu przy ich wykorzystaniu zostaną przedstawione w odrębnym artykule.

### LITERATURA

- [1] E. Pająk, M. Klimkiewicz, A. Kosieradzka. „Zarządzanie produkcją i usługami”. Warszawa, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, 2014, s. 94.
- [2] J. Bijańska. „Analiza i ocena ekonomicznej efektywności innowacji”. Gliwice, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s. Organizacja i Zarządzanie, z. 56, 2011.
- [3] J. Lewandowski, B. Skołud, D. Plinta. „Organizacja systemów produkcyjnych”. Warszawa, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, 2014, s. 42.
- [4] J. Wójcik. „Wybrane problemy w przygotowaniu produkcji nowego wyrobu w małych i średnich przedsiębiorstwach”. Gliwice, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s. Organizacja i Zarządzanie, 2015.
- [5] K. Szatkowski. „Przygotowanie produkcji”. Warszawa, Wydawnictwo Naukowe PWN, 2008, s. 17, 71-74.