

# KONCEPCJE KONSTRUKCYJNE PRZEKŁADNI STOŻKOWYCH O ZAZĘBIENIU WEWNĘTRZNYM

Mieczysław PŁOCICA<sup>1</sup>  
Tomasz DZIUBEK<sup>2</sup>

## STRESZCZENIE

*W artykule przedstawiono wyniki wstępnych rozważań nad możliwością konstruowania przekładni stożkowych o zazębieniu wewnętrznym. Poddano krytycznej ocenie dwa warianty konstrukcyjne takich przekładni: o osiach przecinających się oraz o osiach równoległych. Wnioski z niniejszego opracowania stanowią punkt wyjścia do dalszych prac w zakresie przekładni kątowych wewnętrznych.*

## 1. WSTĘP

Przekładnie kątowe wewnętrzne są, w literaturze dotyczącej zazębień, traktowane zazwyczaj marginalnie i do tej pory trudno jest znaleźć wyczerpujące opracowanie tej tematyki. Niewielu autorów wspomina o możliwości konstruowania takich przekładni i dotychczas pojawiają się tylko pojedyncze informacje o podjęciu prac w tym zakresie, pomimo potencjalnych zalet kątowych zazębień wewnętrznych.

W drugiej połowie ub. wieku uczeni rosyjscy prowadzili prace dotyczące przekładni ślimakowych o zazębieniu wewnętrznym [6], jednak w publikacji nie zawarto szerszej informacji o wynikach badań oraz ew. wykorzystaniu takich przekładni. Niektóre z teoretycznie możliwych do zrealizowania rozwiązań

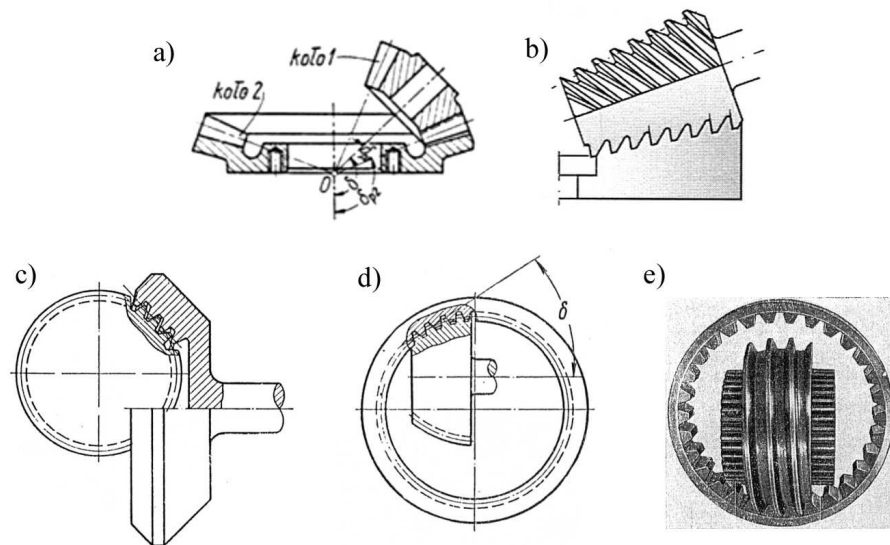
---

<sup>1</sup> dr inż. Mieczysław Płocica – Politechnika Rzeszowska

<sup>2</sup> mgr inż. Tomasz Dziubek – Politechnika Rzeszowska

konstrukcyjnych mają możliwość współpracy zazębienia jedynie na części pełnego obrotu jednego z kół.

W opracowaniu [2] można znaleźć rysunek przekładni spiroidalnej wewnętrznej. Stworzona przez autora technologia nacinania kół spiroidalnych narzędziem jednoostrzowym umożliwia wykonanie przekładni z kołem wewnętrznym o uzębieniu łukowym.



Rys. 1. Przykłady przekładni kątowych o zazębieniu wewnętrznym: a) stożkowa [4], b) spiroidalna [2], c, d, e) ślimakowe [6]

Rozwój możliwości technologicznych oraz opracowanie nowych materiałów w dziedzinie tworzyw sztucznych, doprowadziły w ciągu ostatnich lat do powstania pewnej liczby nowych konstrukcji w zakresie przekładni kątowych. Oprócz rozwiązań gruntownie popartych teorią spotyka się modele koncepcyjne, które powstały dzięki możliwościom modelowania wirtualnego z użyciem programów CAD, przy czym uzyskane rozwiązania są często objęte ochroną patentową pomimo braku – aktualnie – realnych możliwości wykonania poprawnie pracujących przekładni zastrzeżonych patentem [8]. W związku z tym, że programy CAD stały się powszechnym narzędziem inżynierskim, popularne we wstępnych rozważaniach dotyczących nowych konstrukcji stało się wirtualne modelowanie ich geometrii, bez szczegółowego opracowania teoretycznego. Możliwości CAD pozwalają na szybkie uzyskanie wizualizacji konstrukcji w postaci modelu bryłowego, co często wystarcza do oceny celowości podejmowania dalszych prac nad badanym zagadnieniem.

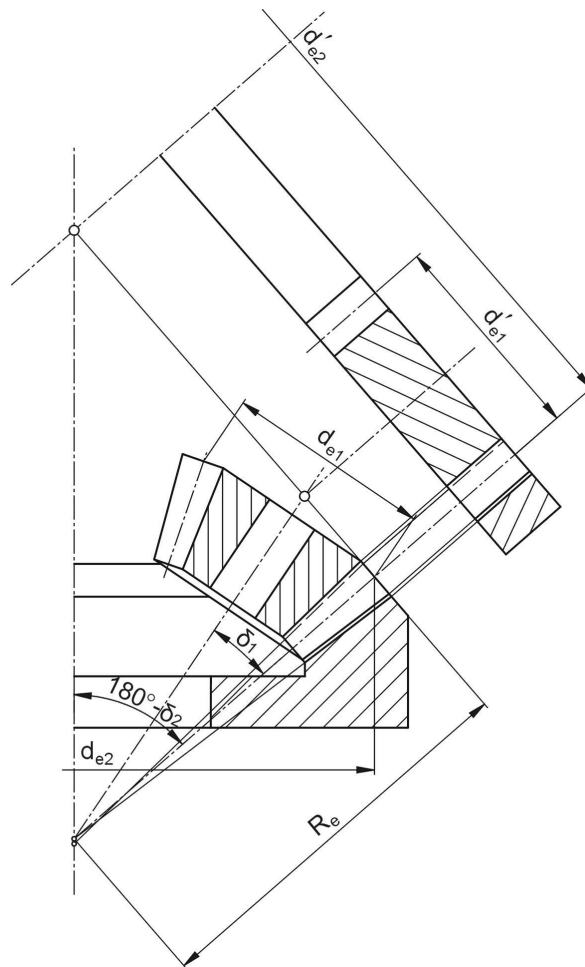
Dotychczas nie spotkano się z szerszymi badaniami dotyczącymi przekładni stożkowych wewnętrznych. Pewne prace z tej tematyki były prowadzone w USA, bez większego nagłośnienia wyników w formie publikacji naukowych. Przekładnie stożkowe mają najwyższą sprawność spośród przekładni kątowych (sprawność maleje wraz ze wzrostem przesunięcia hipoidalnego), ponadto z uwagi na większy wskaźnik przyporu w porównaniu z przekładniami o ząbieniu zewnętrznym, można spodziewać się wysokiej jakości ich pracy (równomierność przenoszenia ruchu, cichobieżność). Istniejące możliwości technologiczne wykonania kół stożkowych o uzębieniu wewnętrznym uzasadniają celowość podjęcia prac w zakresie ich konstrukcji. Przekładnie wewnętrzne mogłyby być stosowane alternatywnie do przekładni klasycznych o zębach prostych i skośnych, przy czym niezbędna jest dostatecznie dobra orientacja w możliwych do realizacji ich postaciach konstrukcyjnych.

## **2. METODYKA BUDOWY MODELU GEOMETRYCZNEGO**

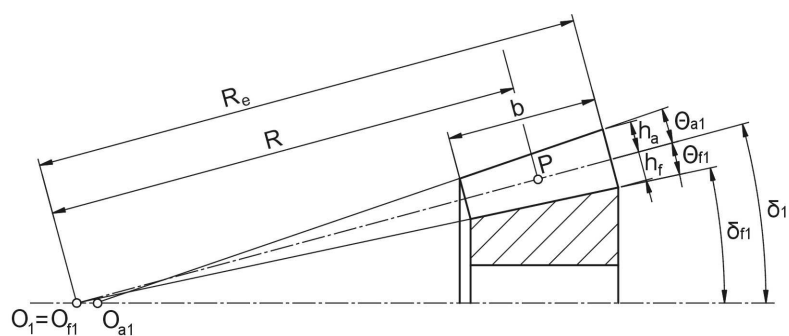
Celem rozważań była wstępna ocena możliwości współpracy ząbień stożkowych wewnętrznych w rozpatrywanych wariantach konstrukcyjnych oraz identyfikacja zjawisk, które już na etapie modelowania geometrycznego wykluczałyby poprawne ząbienie. Podczas tworzenia modeli bryłowych skupiono się na modelowaniu geometrii samych uzębień, bez uwzględniania konstrukcji otoczek kół, które wykonano w sposób uproszczony. Nie modelowano także krzywej przejściowej boku zęba. Do odwzorowania przyjęto uzębienie o zmiennej wysokości typu Gleason, przy założeniu zbieżności stożków STANDARD, natomiast w obliczeniach geometrycznych wykorzystano wytyczne do projektowania, umieszczone w kartach obliczeń Gleasona.

### **2.1. PRZEKŁADNIA O OSIACH PRZECINAJĄCYCH SIĘ**

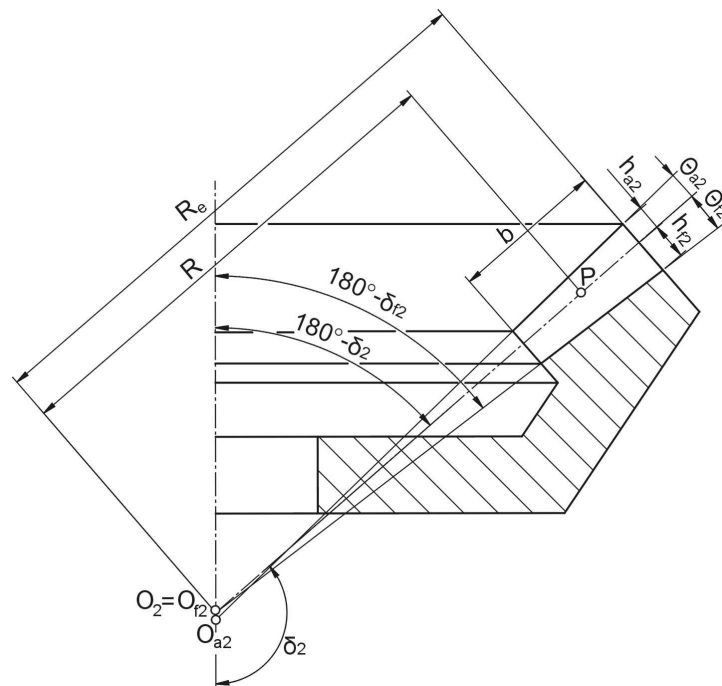
W celu uzyskania geometrii zarysu zęba w przekroju czołowym oraz proporcji przekładni, stworzono zastępczą przekładnię walcową analogicznie do opisanej w [3]. Przekładnia zastępcza jest odniesiona do zarysu na zewnętrznej stronie wieńca zębatego przekładni stożkowej, ponieważ w tym miejscu są podawane zależności geometryczne w kartach obliczeniowych Gleasona. Na rys. 3 i 4 pokazano podstawowe wielkości, definiujące geometrię zębnika i koła w przekroju osiowym.



Rys. 2. Stożkowa przekładnia wewnętrzna wraz z zastępczą przekładnią walcową

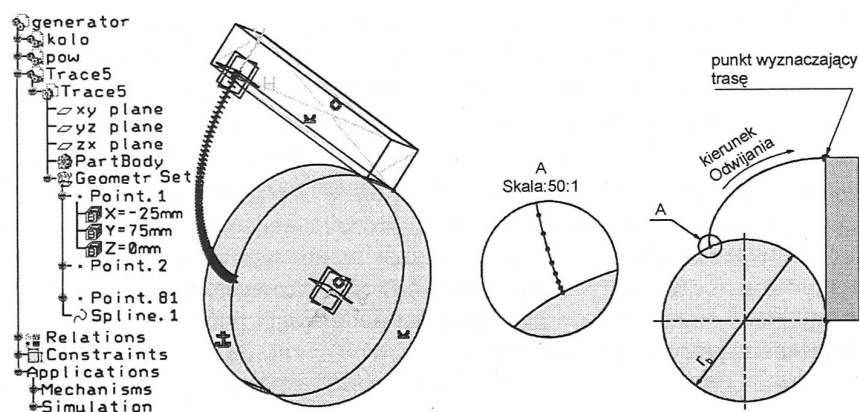


Rys. 3. Geometria zębniaka w przekroju osiowym



Rys. 4. Przekrój osiowy koła

Zarys ewolwentowy w modelu bryłowym uzyskano, wykorzystując moduł kinematyczny programu CATIA V5. Ponieważ moduł ten nie pozwala na symulację krzywych i powierzchni, ewolwentę odwinęto z użyciem dwóch brył, połączonych za pomocą więzów kinematycznych.

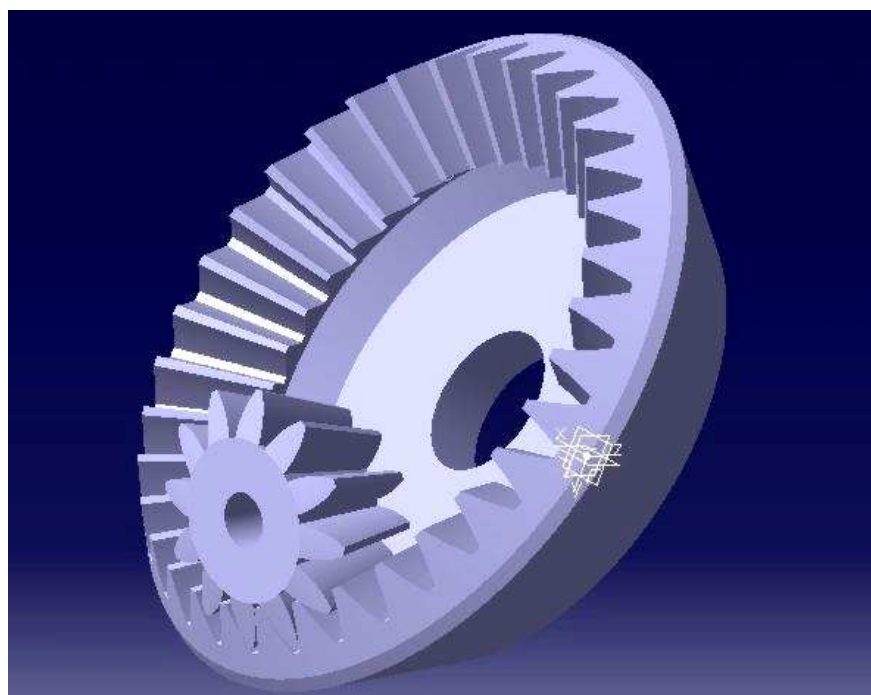


Rys. 5. Wyznaczanie ewolwenty w module kinematycznym CATIA V5

Podprogram tworzy trasę przemieszczającego się punktu końcowego prostej (rys. 5), przy czym utworzona krzywa składa się z określonej przez użytkownika liczby punktów, do których przypisane są ich współrzędne. Model jest w pełni sparametryzowany, zmiana promienia i ponowne uruchomienie symulatora ruchu powoduje wygenerowanie nowego zarysu ewolwentowego. Zarys ten może być samoczynnie eksportowany do nowego pliku, w którym będzie modelowane koło. W opracowaniu [1] wykazano, że powyższa metoda zapewnia wiarygodne odwzorowanie krzywej ewolwentowej i jest przydatna do modelowania inżynierskiego.

Uzyskane zarysy zębów wyciągnięto wzdłuż szerokości wieńca zębatego, zachowując założoną zbieżność stożków typu STANDARD. Powstały w ten sposób ząb został skopiowany względem osi tworzonego członu przekładni. Modele zębnika i koła zestawiono w przekładnię konstrukcyjną, a następnie przez obrót zębnika wokół jego osi uzyskano styk powierzchni bocznych zębów.

Opisanym wyżej sposobem wykonano kilka wirtualnych przekładni o różnych przełożeniach, uwzględniając uzębienie proste i skośne. Wybrane modele zaprezentowano na rys. 6 i 7.



Rys. 6. Model przekładni stożkowej wewnętrznej o zębach prostych, wykonany w systemie CATIA

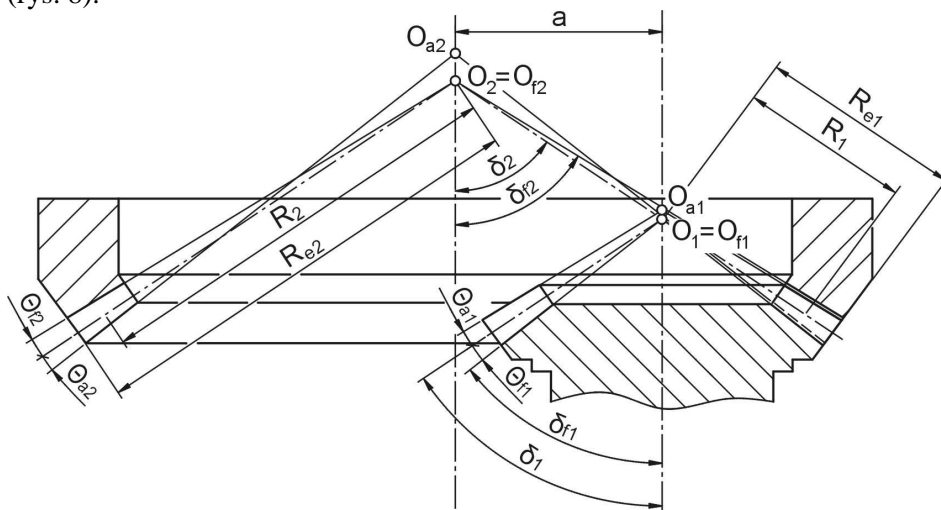


Rys. 7. Przekładnia z kołami o zębach skośnych

Pomimo zastosowania uproszczonej geometrii (uzębienia bez modyfikacji, brak modelowania krzywej przejściowej) uzyskano modele, które nie wykazują zjawisk, uniemożliwiających prawidłową współpracę.

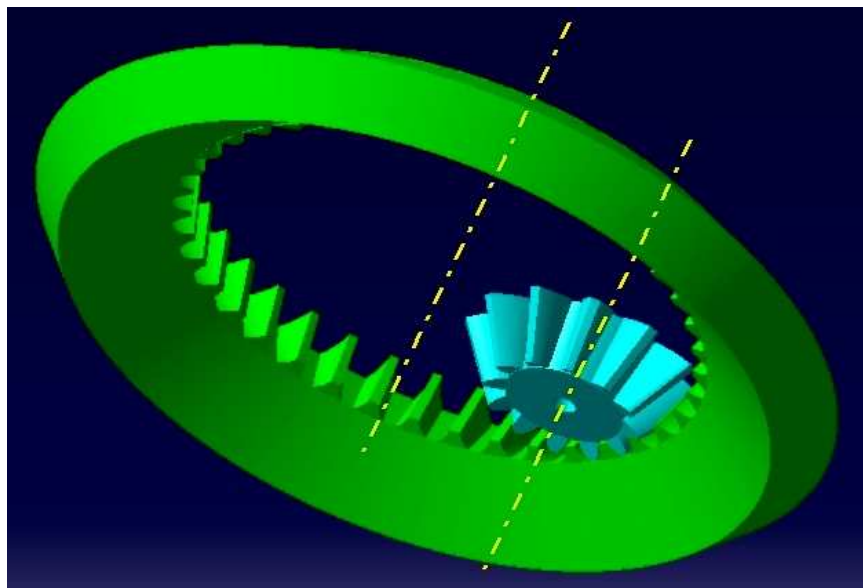
## 2.2. PRZEKŁADNIA O OSIACH RÓWNOLEGLYCH

Równoległość osi jest powszechnie uznawana za czynnik uniemożliwiający współpracę dwóch kół stożkowych. Pomimo tego podjęto próbę stworzenia modelu bryłowego w oparciu o geometrię, określoną w przekroju osiowym (rys. 8).

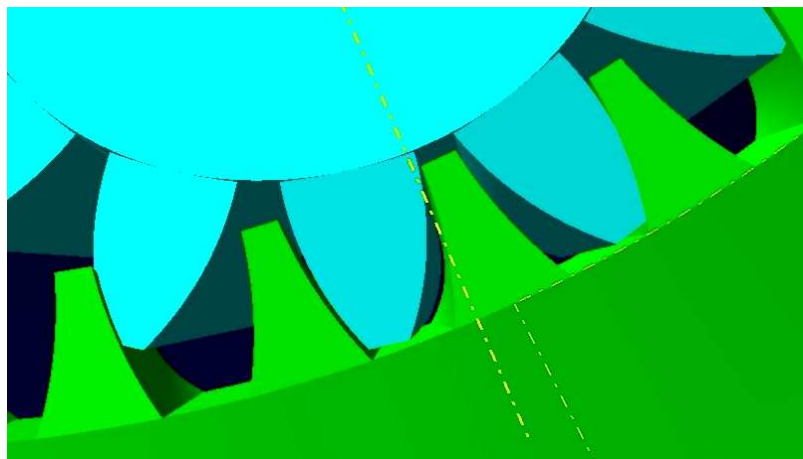


Rys. 8. Przekrój osiowy przekładni stożkowej wewnętrznej o osiach równoległych

Zastępcza przekładnia walcowa do określenia zarysu uzębień została zbudowana w sposób analogiczny do przypadku 2.1. Wyznaczono geometrię członów przekładni w przekroju czołowym, po czym dokonano wyciągnięcia zarysów wzdłuż szerokości wieńca, zgodnie ze zbieżnością typu STANDARD. Jeden z wykonanych w ten sposób modeli przekładni zaprezentowano na rys. 9.



Rys. 9. Model przekładni stożkowej wewnętrznej o osiach równoległych



Rys. 10. Powiększenie zazębienia – widoczna interferencja zębów



Na powiększeniu (rys. 10) można zaobserwować interferencję zębów wchodzących w zazębienie i wychodzących z zazębienia. Zjawisko to jest spowodowane różnicą długości tworzących stożków zębniaka i koła. W związku z tym zęby koła mają mniejszą zbieżność wzdłuż szerokości wieńca niż zęby zębniaka. Efektem takiej geometrii jest także styk zęba zębniaka zarówno z czynną stroną zęba koła jak i z bierną stroną kolejnego zęba.

### 3. WNIOSKI

Wstępna analiza dwóch koncepcji przekładni stożkowych o zazębieniu wewnętrznym wykazała, że możliwe jest prawidłowe zazębienie przekładni o osiach przecinających się. Do modelowania geometrii uzębień można użyć wytycznych obowiązujących dla przekładni stożkowych o zazębieniu zewnętrznym. Dalsze prace nad tą koncepcją są celowe i - z uwagi na nowe rozwiązanie konstrukcyjne - powinny obejmować całość zagadnień związanych z projektowaniem przekładni oraz zawierać szczegółową analizę przestrzeni zazębienia. Należy także zwrócić uwagę na problem zapewnienia odpowiedniej wytrzymałości uzębień.

Próba wykonania wariantu przekładni o osiach równoległych dała wynik negatywny. Projektowana konstrukcja nie jest możliwa do zrealizowania z wykorzystaniem geometrii, zaczerpniętej z przekładni stożkowych o osiach skrzyżowanych. Nie jest wykluczona możliwość opracowania innej geometrii uzębienia, umożliwiającej współpracę kół, jednak aktualnie nie ma uzasadnienia dla prowadzenia prac w tym kierunku z uwagi na przewidywany brak korzyści w zastąpieniu takim rozwiązaniem konwencjonalnej przekładni walcowej wewnętrznej.

### LITERATURA

- [1] Chwała O., Czado J., Dziubek T.: Generowanie i analiza krzywych cyklicznych w systemie CATIA V5 na przykładzie ewolwenty. Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej, seria Mechanika, z. 69, s. 7-17. Rzeszów 2006.
- [2] Grajdek R.: Uzębienia czołowe. Podstawy teoretyczne kształtowania i nowe zastosowania. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2000.
- [3] Müller L.: Przekładnie zębate – projektowanie. WNT, Warszawa 1996.
- [4] Ochęduszek K.: Koła zębate, t. I – konstrukcja. Państwowe Wydawnictwa Techniczne, Warszawa 1957.
- [5] Płocica M.: Wirtualny i rzeczywisty ruch śrubowy odtaczania w obróbce uzębień kół stożkowych o zmiennej wysokości zęba. Praca doktorska, Rzeszów 2006.
- [6] Progressivnyje metody proizvodstva zubchatykh koles i ich technologichnost. Praca pod red. M. B. Gromana. Maszgiz, Moskwa 1962.

- [7] Wójcik Z.: Przekładnie stożkowe systemu Gleason – konstrukcja i technologia. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2004.  
[8] [www.zakgear.com](http://www.zakgear.com)

## CONSTRUCTIONAL CONCEPTIONS OF INTERNAL BEVEL GEARS

### SUMMARY

*In the article two conceptions of internal bevel gears were presented and discussed. In conclusion one can find, that is possible to design and manufacturing of gears with cross axis; these gears can obtain a good quality properties (smoothness of movement and low noise). Second conception was concerned to internal bevel gears with parallel axis. In the paper was demonstrated, that is impossible to mesh of these gears, if the conventional geometry of teeth is using.*