

dr hab. inż. Longin Horodko
Politechnika Łódzka
Instytut Maszyn Przepływowych
lhorodko@p.lodz.pl

Łódź, dn. 27 maja 2015

Recenzja rozprawy doktorskiej

mgr Agnieszki Woźniak

zatytułowanej

PROCES KONWERSJI ENERGII KINETYCZNEJ WIATRU NA ENERGIĘ ELEKTRYCZNĄ W ZMIENNYCH WARUNKACH ATMOSFERYCZNYCH

1. Przedmiot rozprawy

W pracy przedstawiono sposób uwzględnienia niejednorodności pola prędkości wiatru w procesie projektowania wirnika turbiny wiatrowej. Analizowano niejednorodności spowodowane pionowym profilem prędkości wiatru oraz obecnością gondoli. Stwierdzono, że obecność gondoli ma znacznie mniejszy wpływ na parametry zaprojektowanego wirnika, niż pionowy profil prędkości wiatru, którego zmienność, zależna od wielu czynników, poważnie komplikuje proces projektowania. Dodatkowym problemem, który występuje przy projektowaniu, jest uwzględnienie znacznej zmienności średniej prędkości wiatru w ciągu roku. Wykonane obliczenia wykazały, że kształty łopat wirnika turbin pracujących w dwóch lokalizacjach (niedaleko Rymanowa i Zawichostu) powinny różnić się od siebie, ponieważ pracują w różnych warunkach atmosferycznych. Praca zawiera także wyniki badań modelu turbiny, skonstruowanego według opracowanej metody projektowania, przeprowadzonych w tunelu aerodynamicznym.

2. Formalny opis pracy

Przedstawiona do recenzji rozprawa liczy 175 ponumerowanych stron formatu A4. Zasadnicza część pracy składa się z 11 rozdziałów, ponadto praca zawiera spis treści, wykaz oznaczeń i skrótów, spis rysunków, spis tabel, wykaz literatury oraz dwa streszczenia: w języku polskim i angielskim. Rozprawa zawiera ok. 150 rysunków i 14 tabel, numerowanych oddzielnie w każdym rozdziale. Praca sprawia pod względem estetyki ogólne wrażenie pozytywne. Uwagę czytelnika zwracają zwłaszcza dobrej jakości zdjęcia oraz czytelne wykresy, opisane czcionkami o odpowiedniej wielkości.

3. Treść rozprawy

Praca zawiera szeroki materiał, obejmujący:

1. Problemy energetyki opartej na paliwach kopalnianych. Temu zagadnieniu jest poświęcony rozdz. 2.
2. Opis wykorzystania przez człowieka energii wiatru w przeszłości, obecnie i w prognozowanej przyszłości. Ta tematyka jest przedmiotem dwóch rozdziałów: 3 i 4.
3. Charakterystykę wiatru w ujęciu statystycznym. To zagadnienie omówiono w rozdz. 5.
4. Zagadnienia konwersji wiatru na energię elektryczną wraz z teorią pracy turbiny wiatrowej (rozdz. 6 i 7).
5. Projektowanie wirnika turbiny dla niejednorodnego pola napływu wiatru. Ten problem opracowano w rozdz. 8 i 9. Rozdz. 8 poświęcony jest zaburzeniom wiatru spowodowanym przez gondolę, rozdz. 9 – zaburzeniom pochodzącym od pionowego profilu prędkości wiatru.
6. Porównanie proponowanego modelu teoretycznego z danymi eksperymentalnymi, pochodzącymi z dwóch elektrowni położonych w różnych rejonach Polski. Jest to temat rozdz. 10.
7. Opis badań w tunelu aerodynamicznym turbiny zaprojektowanej według opracowanej metody. Jest to zawartość rozdz. 11.

Omawianie tych tematów rozpoczyna *Wprowadzenie*, w którym podano cel i zakres pracy, a zamyka rozdział podsumowujący osiągnięcia rozprawy, zatytułowany *Wnioski końcowe*.

4. Szczegółowe uwagi krytyczne

4.1. Uwagi dotyczące formalnych aspektów pracy.

1. Niedbały, mało precyzyjny styl wielu zdań. Ten mankament jest szczególnie widoczny w tytułach niektórych rozdziałów, czyli w miejscach, które powinny być opracowane ze szczególną starannością.
 - a. Tytuł rozdz. 8 jest: *Projektowanie wirnika w napływie niejednorodnym osiowosymetrycznym wywołanym obecnością gondoli*. Lepiej byłoby: *Projektowanie wirnika pracującego w napływie osiowosymetrycznym z niejednorodnością wywołaną obecnością gondoli* (bo gondola wywołuje nie napływ, ale jego niejednorodność).
 - b. Tytuł rozdz. 9 jest: *Projektowanie wirnika dla warunków napływu niejednorodnego spowodowanego pionowym profilem prędkości wiatru*. Lepiej byłoby: *Projektowanie wirnika dla warunków napływu z niejednorodnością spowodowaną pionowym profilem prędkości wiatru*.
 - c. Błąd w tytule rozdz. 9.1, jest: *Wpływ profilu prędkości prędkość wiatru*. Chyba powinno być: *Wpływ profilu prędkości wiatru na pracę turbiny*.
 - d. Błąd w tytule rozdz. 9.2, jest: *Zagadnienie projektowe dla niejednorodnego uwzględniającego pionowy profil prędkości*. Chyba powinno być: *Zagadnienie projektowe uwzględniające niejednorodność napływu spowodowaną pionowym profilem prędkości wiatru*.

- e. Tytuł podrozdziału 10.2 jest: *Wpływ profilu prędkości*, rozdziału 10.5. *Wpływ gęstości powietrza*. Należałoby wymienić w tytułach, na co te zjawiska wpływają.
2. Brak staranności w stosowaniu symboli wielkości fizycznych.
 - a. W kilku przypadkach, dla oznaczenia różnych wielkości użyto tych samych symboli, np. α oznacza kąt natarcia i wykładnik Hellmana – w wykazie oznaczeń, symbol ten wyjaśniono tylko jako kąt natarcia; β oznacza kąt nastawienia łopat, ale także parametr skali rozkładu Weibulla – w spisie oznaczeń podane jest tylko pierwsze znaczenie.
 - b. Wykaz oznaczeń zawiera zbyt mało symboli. Napisano, że pozostałe wielkości zostały opisane w tekście. Taką praktykę można stosować w stosunku do symboli używanych lokalnie, na kilku sąsiednich stronach, jednak nie wszystkie stosowane w pracy oznaczenia spełniają ten warunek. Na przykład parametry rozkładu Weibulla zdefiniowane są na s. 46, ale pojawiają się dalej na wykresach na s. 115-116.
 - c. Te same wielkości bywają oznaczane różnymi symbolami, np. na s. 55 moc nominalna oznaczana jest symbolem N_n , a dalej na tej samej stronie, symbolem P_N . W tym samym rozdziale 5.3, prędkość wiatru oznaczana jest dużą literą V (zgodnie z wykazem oznaczeń), ale także małą literą v . Podobnie prędkość obrotowa wirnika turbiny, we wzorach na s. 95 jest oznaczona małą literą ω , a wykazie oznaczeń i w innych miejscach – dużą literą Ω . Mała litera ω oznacza w rozdz. 8.2 jedną ze współrzędnych eliptycznych.
 - d. Brak wyjaśnienia znaczenia kilku symboli, np. wspomnianych wyżej oznaczeń współrzędnych eliptycznych – czytelnik musi się domyślać, jakie oznaczenia odpowiadają poszczególnym współrzędnym. Nie objaśniono także symbolu ξ , występującego na s. 76 we wz. (8.8).
 - e. Brak konsekwencji w stosowaniu zasady pisania pochyłą czcionką symboli oznaczających wielkości fizyczne.
 3. Bardzo liczne błędy literowe i interpunkcyjne, które utrudniają czytanie pracy, zostaną tu podane dwa najbardziej jaskrawe przykłady:
 - a. Na s. 114, trzeci akapit od góry: trzy błędy literowe w jednym zdaniu: *eksrapolując* → *ekstrapolując*, *błednego* → *błędnego*, *oszcowania* → *oszacowania*.
 - b. Na s. 119, w ostatnim zdaniu – trzy błędy literowe: *meteorologoczno* → *meteorologiczno*, *przedstawono* → *przedstawiono*, *średniomiesięczne* → *średniomiesięczne*.
 4. Wzory (4.1) – (4.3) powinny mieć numerację (5.1) – (5.3), ponieważ znajdują się w rozdz. 5.
 5. Na s. 57 i 58, na rys. 5.12 i 5.13 nie podano, że na osi poziomej jest średnioroczna prędkość wiatru.
 6. Podpis pod rys. na s. 70 jest: *Teoria elementu łopaty turbiny*. Rysunek nie przedstawia teorii, ale jest objaśnieniem wielkości branych pod uwagę w teorii elementu łopaty.
 7. Rozdz. 9 zawiera dwa podrozdziały niższego poziomu: 9.1.1. *Model profilu prędkości wiatru* i 9.1.2. *Czynniki wpływające na profil prędkości wiatru*. Jest to niepotrzebne dzielenie zagadnienia, dla którego omówienia najlepszym miejscem jest rozdz. 5.2. *Rozkłady prędkości wiatru w funkcji wysokości nad powierzchnią gruntu*.
 8. Na s. 86 niepotrzebnie powtórzono wz. (9.2) cztery wiersze niżej.

9. Na s. 87, na rys. 9.1 brak oznaczenia punktu b , występuje za to podwójne oznaczenie kąta ψ .
10. Na s. 88, na rys. 9.2 nie podano, jakie są wartości liczbowe promieni r_1 - r_6 , dla jakiej wysokości wieży h ani dla jakiej wartości wykładnika Hellmana α wykonano obliczenia przedstawione na wykresie. Wartości na pionowej osi wykresu sugerują, że nie jest to, jak opisano, prędkość wiatru wyrażona w m/s, ale prawdopodobnie względna odchyłka od wartości wiatru wiejącego na wysokości wieży h .
11. Na s. 89, w końcowych wierszach, objaśniających rys. 9.3.c, podano wysokości wieży 20 m i 50 m, natomiast w opisie pod wykresem (na s. 91) takich wysokości nie ma. Na rysunkach 9.3 nie podano wartości stałych parametrów: na rys. 9.3.a – wartości h i α , na rys. 9.3.b – wartości v i h , na rys. 9.3.c – wartości v i α .
12. Na s. 95, nad wz. (9.26) występuje odwołanie do rys. 70 – nie ma rysunku o tym numerze, prawdopodobnie chodzi o rys. 9.9.
13. Występujące na s. 105 słowo *oinstrumentowany* jest żargonowe, lepiej byłoby, np: *wypożyczone w aparaturę pomiarową*.
14. Na s. 143, w ostatnim zdaniu drugiego akapitu jest: *odczyt wielkości średnich mierzonych wartości*, powinno być: *odczyt wartości średnich mierzonych wielkości*.
15. Na s. 143, drugie zdanie trzeciego akapitu (rozpoczynające się od słowa *Moduł*) jest niezrozumiałe.
16. Na s. 143, w ostatnim akapicie, opisując rys. 11.15, pomyłono oś pionową z poziomą.
17. Strona 155: treść rozdz. 11.2.2, rozpoczynającego się na tej stronie, w znacznej części pokrywa się z treścią rozdz. 11.2.1, tytuły ich też są podobne: *11.2.1. Aparatura pomiarowa, 11.2.2. Aparatura pomiarowa i metodyka pomiaru*.

4.2. Uwagi dotyczące zagadnień merytorycznych

1. Sformułowanie w zdaniu nad wz. (4.3): *Wartość średnioroczna prędkości wiatru V_{sh} dla rozkładu Weibulla* nie jest prawidłowe. Zamiast tego powinno być: *wartość oczekiwana rozkładu Weibulla*. Wartość średnioroczna wiatru jest obliczana z pomiarów. W zależności od sposobu estymacji parametrów rozkładu Weibulla, obie te wartości mogą być równe, ale też mogą się nieznacznie od siebie różnić.
2. Wykres na rys. 5.3 (s. 47) powinien mieć charakter histogramu, czyli wykresu słupkowego, o szerokości słupków odpowiadających przedziałom prędkości wiatru z tab. 5.2, a więc 1 m/s. Oś pionowa wykresu powinna być opisana: *Prawdopodobna roczna liczba godzin występowania wiatru odpowiadająca danym przedziałom prędkości*. Dla innych przedziałów prędkości, liczby w tab. 5.2 byłyby inne, a więc wykres też byłby inny. Z tymi uwagami wiąże się treść drugiego akapitu na s. 47, którą także należy skorygować. Interesujące byłyby parametry poszczególnych rozkładów Weibulla, przedstawionych na omawianym rysunku, których, niestety, nie podano.
3. Uwaga dotycząca histogramów dotyczy także rys. 5.5 – 5.7. Parametr β , na rys. 5.4, zwany parametrem skali, powinien mieć wymiar prędkości, a więc jednostkę: m/s.
4. Na s. 50, pod wz. (5.1) parametr α został zdefiniowany jako *współczynnik zależny od rodzaju terenu*. W tab. 5.4 widzimy jego zależność także od czasu uśredniania, a w rozdz. 10.2 przedstawiono jego zależność od pory roku. W literaturze można znaleźć informacje,

że zależy on także od innych wielkości, np. temperatury czy też od pory dnia (patrz np. Johnson G. L.: *Wind Energy Systems*). Wobec powyższego, niewłaściwe wydaje się nazywanie parametru α *współczynnikiem chropowatości* (na s. 51 u dołu i w podpisie pod rys. 5.8), tym bardziej, że taka nazwa nasuwa skojarzenia ze współczynnikiem szorstkości terenu z_0 . Parametr α nosi nazwę wykładnika Hellmana i wygodne jest używanie tej nazwy.

5. W tab. 5.4 na s. 51 brak jednostki miary współczynnika szorstkości terenu z_0 , prawdopodobnie powinny być metry.
6. Na s. 59, na rys. 5.15 brak krzywych przedstawiających czas postoju elektrowni.
7. Krzywa na rys. 6.3 (s. 62) nie obowiązuje dla wszystkich elektrowni wiatrowych, co wynika choćby z rys. 6.5 i 6.6. Nie podano, dla jakich elektrowni ona obowiązuje.
8. Na s. 68, w objaśnieniu wzoru (7.1), występuje niezdefiniowana wielkość v_{xi} , czy nie powinno zamiast niej być V_1 ? Przydałaby się także definicja współczynnika C_p , nawet maksymalnie skrócona, w postaci np. $C_p = P_T / P_w$ i odsyłacz do pozycji literatury, która zawiera wprowadzenie wzoru (7.1).
9. Na s. 75, objaśnienia pod wzorami (8.1) i (8.2): Wielkość W nazwana jest *względna prędkością napływu*; co oznacza tu słowo względna? W każdym razie jej jednostka miary musi być m/s, bo inaczej wz. (8.1) nie opisywałby mocy wyrażonej w watach. Δv jest objaśnione jako *prędkość wzbudzona obecnością gondoli*. Ale musi być ona liczbą bezwymiarową, bo inaczej wzór (8.2) nie ma sensu. Czym więc jest Δv ?
10. Na s. 88, we wzorze (9.5), wyrażenie w nawiasie kwadratowym powinno być podniesione do potęgi α . Wątpliwa jest potrzeba przekształcania pierwszej części wzoru (9.5) przez wprowadzenie funkcji profilu prędkości wiatru, a następnie korzystanie z szeregu Taylora. Poprzestając na pierwszym wyrazie szeregu Taylora popełniamy dość znaczny błąd, a wszystkie obliczenia, których wyniki zaprezentowano, można wykonać korzystając z pierwszej części wzoru (9.5).
11. Na s. 89, tytuł podrozdziału 9.1.2 jest *Czynniki wpływające na profil prędkości wiatru*. Chyba chodzi tu o czynniki wpływające na pracę turbiny, związane z profilem prędkości wiatru. Wymienione w pierwszym zdaniu, wysokość wieży, czy też promień wirnika, nie mają wpływu na profil prędkości wiatru, ale mają wpływ na warunki pracy turbiny pracującej w tym samym profilu prędkości wiatru.
12. Na s. 92, nad wz. (9.13) napisano: *moc zużyta przez łopatę jest równa różnicy energii*. Moc nie może być równa energii, ale energii przypadającej na jednostkę czasu. Szczęśliwie, sam wz. (9.13) jest prawidłowy, zawiera różnicę mocy.
13. Na s. 94, we wz. (9.24), zamiast H powinno być h (H jest wyżej na tej stronie zdefiniowane jako hamiltonian). We wzorze tym korzystamy z przybliżonej funkcji profilu prędkości wiatru. Celowość jej zastosowania poddano w wątpliwość w uwadze 10.
14. W rozdz. 9.2.1 (s. 99), dla przykładu obliczeniowego, nie podano jakie założono rozkłady współczynników C_L i C_D , (czy takie jak dla obliczeń uwzględniających obecność gondoli?) ani jaką założono prędkość obrotową wirnika i prędkość wiatru.
15. Na s. 109: jakie prędkości wiatru zawiera tab. 10.1: chwilowe czy uśrednione, jeśli uśrednione, to w jakim okresie czasu? Dyskusyjny jest sposób wyznaczania prędkości wiatru na wyższych wysokościach na podstawie prędkości zmierzonych na niższych wysokościach. Zastosowana metoda dała w jednym przypadku oszacowaną prędkość na wysokości 100 m taką, jak zmierzona na wysokości 40 m (z dokładnością do 6 cyfr!), a w

- drugim przypadku – niższą od zmierzonej na wysokości 40 m, podczas gdy należałoby się spodziewać prędkości wyższej. Dlaczego nie zastosowano metody najmniejszej sumy kwadratów do oszacowania wykładnika Hellmana α oraz prędkości wiatru na wysokości 10 m (do tej wysokości zwykle odnosimy prędkości liczone na innych wysokościach)?
16. Na s. 115, na rys. 10.14, prędkość wiatru podano w metrach. Osie poziome na rys. 10.14-10.19 powinny być opisane w ten sposób, by podane liczby odpowiadały wartościom ograniczającym przedziały histogramu, a nie środkom tych przedziałów.
 17. Na s. 118-119: czy potrzebne były przekształcenia wzorów, skoro wniosek zamieszczony pod wz. (10.6) można sformułować już na podstawie wzoru (10.1)?
 18. Na s. 155 zostały nieprawidłowo opisane funkcje modułu DBK80: moduł sprzętowy DBK80 w pierwszym przypadku dokonuje pomiaru napięcia z przetwornika ciśnienia dynamicznego, w drugim – pomiaru napięcia z przetwornika prędkości obrotowej, natomiast nie przetwarza on wielkości mierzonej, tzn. ciśnienia dynamicznego ani prędkości obrotowej.
 19. Na s. 159-160, krzywe na rysunkach opisano wielomianami różnych stopni, których postacie podano pod wykresami. Moc turbiny zależy od trzeciej potęgi prędkości wiatru (wz. 10.1), a więc można by oczekiwać, że funkcje aproksymujące wyniki pomiarów będą miały postać $P = C(v-v_r)^3$, gdzie v_r jest prędkością rozruchową. Ten wzór powinien obowiązywać dla $v > v_r$, a dla $v < v_r$, $P = 0$. Czy próbowano wykonać aproksymację zakładając taką postać wielomianu aproksymacyjnego? Obecne postaci wielomianów aproksymacyjnych zawierają wolne wyrazy, co oznacza, że turbina produkuje moc przy zerowej prędkości wiatru. Następny problem wynikający z wykresów: jak wytłumaczyć wzrost mocy po dodaniu siatek przysłaniających, które obniżają prędkość wiatru w części tunelu?
 20. Na s. 162, rys. 11.32 i 11.33: jakim parametrom odpowiadają dwie krzywe na wykresie, czego dotyczą opisujące je wartości prędkości 12 m/s i 15 m/s?
 21. Na s. 163. W rozdz. 11.2.4, analiza niepewności pomiarowych przedstawiona jest w sposób skrótowy, ale wystarczający, by poddać w wątpliwość jej zgodność z obowiązującymi zaleceniami, zamieszczonymi w publikacji Głównego Urzędu Miar *Wyrażanie niepewności pomiaru – przewodnik*. Wzór (11.4) podaje sposób obliczania niepewności złożonej przez sumowanie arytmetyczne niepewności składowych. Według wyżej wymienionego *Przewodnika*, powinno być sumowanie geometryczne, a wszystkie składowe powinny być wyrażone w postaci odchyłeń standardowych. Zachodzi obawa, że w akapitach mówiących o niepewnościach pomiaru poszczególnych wielkości fizycznych, zostały pomyłone niepewności z błędami granicznymi. Ponadto nie próbowano oszacować niepewności mierzonej mocy turbiny, a przecież głównie to powinno być celem analizy niepewności pomiarów.
 22. Wnioski końcowe (na s. 165), są rozdziałem który powinien być szczególnie dopracowany, a niestety, nie jest. Już w pierwszym zdaniu napisano: *Celem pracy była ocena czułości metody projektowej na odstępstwa w geometrii wirnika turbiny wiatrowej o pionowej osi obrotu...* W pracy analizowano turbiny o poziomej osi obrotu, nie pionowej. Ponadto, zdaniem recenzenta, używając przytoczonego sformułowania, w pracy chodzi o *czułość metody projektowej* na niejednorodności napływu wiatru. Uwzględnienie tych niejednorodności w trakcie projektowania wirnika ma wpływ na kształt zaprojektowanego wirnika. W drugim akapicie napisano, że *...została opracowana metoda projektowania wirnika turbiny wiatrowej, która pracuje w warunkach zbliżonych do warunków rzeczywistych*. Chyba chodzi o to, że przy projektowaniu turbiny uwzględniono warunki zbliżone do wa-

runków rzeczywistej jej pracy (turbina pracuje zawsze w warunkach rzeczywistych, ale nie zawsze przy projektowaniu są one uwzględniane). W następnym akapicie napisano: *Warunki rzeczywiste zostały odtworzone w specjalistycznym tunelu...* Odtworzono warunki zbliżone do rzeczywistych. Ostatnie zdanie tego akapitu brzmi: *Otworzony profil prędkości wiatru został uwzględniony w zagadnieniach projektowych stworzonego modelu matematycznego. Zamiast otworzony powinno być uzyskany.*

5. Ogólna ocena rozprawy i wnioski końcowe

Za główne osiągnięcia pracy uważam:

1. Udowodnienie, że niejednorodność pola napływu, spowodowana pionowym profilem prędkości wiatru, powinna być uwzględniana przy projektowaniu kształtu łopat wirnika i kątów ich ustawienia oraz opracowanie odpowiedniej metody projektowania łopat.
2. Wykazanie, że niejednorodność pola napływu wiatru spowodowana obecnością gondoli ma stosunkowo niewielki wpływ na kształt projektowanych łopat i na kąty ich ustawienia.
3. Wykazanie, że warunki atmosferyczne panujące w miejscu lokalizacji turbiny mają znaczący wpływ na geometrię jej wirnika, lecz są trudne do uwzględnienia w procesie projektowania turbiny z powodu ich zmienności.

Powyższe tezy Autorka poparła badaniami eksperymentalnymi turbiny modelowej, zbudowanej według jej projektu, przeprowadzonymi w tunelu aerodynamicznym. Ponadto Doktorantka wykonała obliczenia projektowe łopat dla turbin zbudowanych niedaleko Rymanowa i w pobliżu Zawichostu.

Niestety, te niewątpliwe osiągnięcia Doktorantki nie zostały przedstawione w formie adekwatnej do ich znaczenia. Praca sprawia wrażenie pisanej w pośpiechu, stąd duża liczba błędów formalnych i merytorycznych, na szczęście o niewielkim znaczeniu. Wydaje się, że zabrakło Doktorantce czasu na uważne przeczytanie całości rozprawy i jej korektę, co niewątpliwie podniosłoby ocenę pracy. Ponadto zbędne wydaje się umieszczenie w pracy rozdziału omawiającego problemy energetyki opartej na tradycyjnych surowcach, raczej należałoby zwrócić uwagę na problemy, jakie stwarza wykorzystanie energii wiatru.

Pomimo wymienionych wyżej licznych uwag, przedstawiona do recenzji praca zawiera, moim zdaniem, oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, wykazuje dobrą ogólną wiedzę teoretyczną Doktorantki w uprawianej przez niej dyscyplinie naukowej, a także umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej, zarówno teoretycznej jak i eksperymentalnej. Wypełnia więc wymagania Art. 13 *Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki*. Wobec powyższego zgłaszam wniosek o dopuszczenie jej Autorki, Pani mgr Agnieszki Woźniak do dalszych etapów przewodu doktorskiego.


Longin Horodko