

## Kształtowanie się cen opcji na indeks WIG20 w świetle teorii wyceny arbitrażowej\*

Ryszard Węgrzyn\*\*

**Streszczenie:** Celem opracowania jest zwrócenie uwagi na zmiany zachodzące w odchyleniach cen opcji od określonych relacji wynikających z arbitrażu w kontekście rozwoju polskiego rynku opcji. Przeprowadzona analiza dotyczyła porównania liczebności i wielkości odchyłeń od ograniczeń i właściwości cen opcji, parytetu *put-call* oraz możliwości osiągnięcia dochodu z arbitrażu w dwóch różnych okresach badawczych. Szczegółowej analizie poddano wybrane opcje kupna i sprzedaży na indeks WIG20, będące przedmiotem obrotu na Gieldzie Papierów Wartościowych w Warszawie. Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że liczebność odchyłeń cen opcji od relacji wynikających ze stosowania arbitrażu wyraźnie się zmniejszyła, a co ważniejsze – zmniejszyła się istotnie skala odchyłeń. Mniejsza skala odchyłeń cen opcji od relacji wynikających z arbitrażu przybliża rzeczywistość polskiego rynku opcji do założeń teorii wyceny arbitrażowej.

**Słowa kluczowe:** opcja, arbitraż, wycena

### Wprowadzenie

Jednym z motywów zawierania transakcji opcyjnych jest arbitraż, oznaczający osiągnięcie dochodu z występujących różnic cenowych instrumentów przy znikomym poziomie ryzyka (*nearly riskless*). Ogólnie arbitraż może polegać na wykorzystaniu: geograficznego zróżnicowania ceny takiego samego instrumentu, względnej różnicy pomiędzy ceną instrumentu pochodnego a ceną instrumentu podstawowego oraz względnej różnicy pomiędzy cenami instrumentów pochodnych o różnych parametrach (Januszkiewicz 1991, s. 234–235; Spremann 1991, s. 558 i n.).

Poprzez działania arbitrażowe uczestnicy rynku prowadzą do kształtowania się określonych relacji cenowych (Węgrzyn 2007), które są podstawą teorii wyceny arbitrażowej opcji. Podstawowym założeniem modelu wyceny opcji Blacka-Scholesa jest tzw. brak arbitrażu, rozumiany jako sytuacja, w której arbitraż nie przynosi dochodu, ponieważ relacje cenowe na to nie pozwalają. W praktyce pojawiające się możliwości arbitrażu powinny być natychmiast przez uczestników rynku wykorzystywane i tym samym prowadzić ponownie do właściwych relacji.

---

\* Publikacja sfinansowana ze środków przyznanych Wydziałowi Zarządzania Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie w ramach dotacji na utrzymanie potencjału badawczego.

\*\* dr hab. Ryszard Węgrzyn, Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie, e-mail: wegrzynr@uek.krakow.pl.

Wyniki prowadzonych wcześniej przez autora badań w tym zakresie wskazywały na występowanie odchyłeń od właściwych relacji cenowych. W dodatku odchylenia te dawały arbitrażystom możliwość osiągnięcia dochodu nawet po uwzględnieniu kosztów transakcyjnych (Węgrzyn 2010, 2011).

Podstawowym celem opracowania jest zatem zaprezentowanie wyników analizy porównawczej odchyłeń od właściwych relacji cenowych w zakresie opcji na WIG20 w kontekście rozwoju polskiego rynku giełdowego. W szczególności zwrócono uwagę na częstość występowania odchyłeń od relacji cenowych wynikających z arbitrażu oraz możliwości osiągnięcia dochodu po uwzględnieniu kosztów transakcyjnych.

Podstawowa hipoteza badawcza zakładała zmniejszenie liczby i wielkości odchyłeń od właściwych relacji cenowych w wyniku rozwoju polskiego rynku giełdowego. Weryfikacja tej hipotezy nastąpiła poprzez porównanie liczebności i wielkości odchyłeń w przypadku opcji wygasających w grudniu 2015 roku oraz opcji wygasających w marcu 2009 roku.

Szczegółowej analizie poddano wybrane europejskie opcje kupna i sprzedaży opiewające na indeks WIG20, będące przedmiotem obrotu na Giełdzie Papierów Wartościowych w Warszawie. Do analizy wykorzystano udostępniane przez giełdę dane dotyczące opcji, indeksu WIG20 oraz stopy wolnej od ryzyka.

## 1. Analiza porównawcza odchyłeń od ograniczeń i właściwości cen opcji

Przy określaniu ograniczeń i właściwości cen opcji zakłada się zwykle występowanie rynku doskonałego, nie uwzględnia się kwestii opodatkowania oraz przyjmuje się możliwość stosowania sprzedaży krótkiej (Chance 2004, s. 58 i n.; Haugen 1996, s. 528 i n.; Jarrow, Turnbull 2000, s. 68 i n.; Spremann 1991, s. 558 i n.; Weron, Weron 2005, s. 122 i n.). Przy tych założeniach zostaną zaprezentowane ograniczenia i właściwości cen akcyjnych opcji kupna i akcyjnych opcji sprzedaży oraz wzajemne ich relacje, które można w pełni odnieść do opcji indeksowych, przyjmując, że arbitraż w takim wypadku będzie polegał odpowiednio na kupowaniu lub sprzedawaniu akcji wchodzących w skład indeksu.

W odniesieniu do europejskich opcji kupna oraz sprzedaży można wyznaczyć ograniczenia górne i dolne kształtowania się cen. Dla opcji kupna, jak i opcji sprzedaży, różniących się tylko ceną wykonania, zachodzą natomiast określone właściwości. Z kolei relacje pomiędzy cenami opcji kupna i sprzedaży określa tzw. parytet *put-call*. Związki te zostały szeroko wyjaśnione we wcześniejszej pracy autora (Węgrzyn 2007), natomiast w postaci syntetycznej przedstawiono je w tabeli 1.

W celu empirycznej weryfikacji zaprezentowanych ograniczeń i właściwości cen opcji przeprowadzono ich analizę w odniesieniu do cen zamknięcia wybranych opcji na WIG20. Opcje te wygasają w cyklu kwartalnym – marzec, czerwiec, wrzesień, grudzień, a dniem wygasania jest trzeci piątek miesiąca. Zarówno kurs wykonania, jak i kurs opcji podawany jest w punktach indeksowych, natomiast do określania ceny wykonania i ceny opcji służy mnożnik w wysokości 10 zł/punkt indeksowy.

**Tabela 1**

Relacje cenowe opcji kupna i sprzedaży

Relacje cenowe	Dla opcji kupna	Dla opcji sprzedaży
Ograniczenia	$S \geq C \geq \max\{0, S - K \times e^{-rt}\}$	$K \geq P \geq \max\{0, K \times e^{-rt} - S\}$
Właściwość 1	$C(K_1) \geq C(K_2)$ , jeżeli $K_2 > K_1$	$P(K_2) \geq P(K_1)$ , jeżeli $K_2 > K_1$
Właściwość 2	$K_2 - K_1 \geq C(K_1) - C(K_2)$ , jeżeli $K_2 > K_1$	$K_2 - K_1 \geq P(K_2) - P(K_1)$ , jeżeli $K_2 > K_1$
Właściwość 3	$C(K_2) \leq \lambda \times C(K_1) + (1 - \lambda) \times C(K_3)$ , przy $\lambda = (K_3 - K_2)/(K_3 - K_1)$ oraz $(1 - \lambda) = (K_2 - K_1)/(K_3 - K_1)$ gdzie: $K_1 < K_2 < K_3$	$P(K_2) \leq \lambda \times P(K_1) + (1 - \lambda) \times P(K_3)$ , przy $\lambda = (K_3 - K_2)/(K_3 - K_1)$ oraz $(1 - \lambda) = (K_2 - K_1)/(K_3 - K_1)$ gdzie: $K_1 < K_2 < K_3$
Parytet <i>put-call</i>	$C - P = S - K \times e^{-rt}$	

C – cena opcji kupna; P – cena opcji sprzedaży; S – cena akcji; K,  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $K_3$  – ceny wykonania opcji; r – stopa wolna od ryzyka; T – okres do wygaśnięcia opcji; e – liczba Eulera.

Źródło: opracowanie własne na podstawie Spremann (1991), Jarrow, Turnbull (2000).

Do analizy wybrano opcje kupna i sprzedaży wygasające w grudniu 2015 roku, o kursach wykonania zbliżonych do poziomu WIG20 kształtującego się w okresie objętym analizą. Wybór opcji wygasających w grudniu był związany z niedokonywaniem zwykle wypłat dywidendy z akcji w ostatnich miesiącach obrotu nimi na giełdzie. W przypadku okresów wypłat dywidendy można w analizie uwzględnić tylko przewidywane dywidendy, które są szacowane zwykle na podstawie kształtowania się dywidend w poprzednim roku. W takiej sytuacji wyniki analizy mogłyby być obciążone błędem oszacowania wielkości dywidendy. Wyniki dotyczące tych opcji porównano z wynikami dotyczącymi opcji wygasających w marcu 2009 roku, które także nie były obciążone błędem szacowania wielkości dywidendy.

Biorąc pod uwagę natomiast wielkość obrotów opcjami, zdecydowano o wyborze opcji z kursami wykonania zbliżonymi do WIG20, a okres analizy ustalono na 1.10.2015–17.12.2015. W praktyce bowiem największe obroty odnotowuje się w odniesieniu do opcji wygasających w najbliższych terminach oraz opcji o kursach wykonania zbliżonych do poziomu instrumentu podstawowego. Aby wyniki analizy były porównywalne z wynikami dotyczącymi opcji wygasających w marcu 2009 roku (Węgrzyn 2010), analizą objęto następujące opcje:

- opcje kupna wygasające 18.12.2015 r. z kursem wykonania od 1800 do 2400 punktów: OW20L151800, OW20L151900, OW20L152000, OW20L152100, OW20L152200, OW20L152300, OW20L152400,
- opcje sprzedaży wygasające 18.12.2015 r. z kursem wykonania od 1800 do 2400 punktów: OW20X151800, OW20X151900, OW20X152000, OW20X152100, OW20X152200, OW20X152300, OW20X152400.

Analiza dotyczyła w pierwszej kolejności ograniczeń kształtowania się cen opcji. Zaobserwowano, iż ceny analizowanych opcji przekraczały ograniczenia dolne – w przypadku

opcji kupna 2-krotnie, a w przypadku opcji sprzedaży 14-krotnie. Dokładne liczby stwierdzonych odchyłeń oraz ich udziały procentowe w ogólnej liczbie obserwacji zawarto w tabeli 2.

**Tabela 2**

Odchylenia cen opcji od ograniczeń dolnych

Opcje kupna	Odchylenia		Opcje sprzedaży	Odchylenia	
	liczba	%		liczba	%
OW20L151800	2	3,64	OW20X151800	0	0,00
OW20L151900	0	0,00	OW20X151900	0	0,00
OW20L152000	0	0,00	OW20X152000	0	0,00
OW20L152100	0	0,00	OW20X152100	2	3,64
OW20L152200	0	0,00	OW20X152200	2	3,64
OW20L152300	0	0,00	OW20X152300	3	5,45
OW20L152400	0	0,00	OW20X152400	7	12,73

Źródło: opracowanie własne.

Dalsza analiza obejmowała przedstawione w tabeli 1 właściwości cen opcji. Wyniki dotyczące zaprezentowanych kolejno trzech właściwości w odniesieniu do poszczególnych opcji zawarto w tabelach 3–5. W tabelach tych, analogicznie do tabeli 2, podano liczby i udziały procentowe stwierdzonych odchyłeń w odniesieniu do określonych opcji. Na podstawie zawartych w nich danych można stwierdzić, że w wypadku pierwszej właściwości wystąpiło 5 odchyłeń w przypadku jednej z opcji kupna, natomiast w wypadku opcji sprzedaży nie odnotowano żadnego odchylenia. W przypadku właściwości drugiej odchylenia wystąpiły tylko w odniesieniu do opcji sprzedaży, a najliczniejsze stanowiły 14,55% obserwacji. Liczniejsze odchylenia wystąpiły w przypadku trzeciej właściwości, które stanowią w jednym przypadku 23,64% obserwacji.

**Tabela 3**

Odchylenia cen opcji od właściwości 1

Opcje kupna		Odchylenia		Opcje sprzedaży		Odchylenia	
C(K1)	C(K2)	liczba	%	P(K1)	P(K2)	liczba	%
OW20L151800	OW20L151900	0	0,00	OW20X151800	OW20X151900	0	0,00
OW20L151900	OW20L152000	0	0,00	OW20X151900	OW20X152000	0	0,00
OW20L152000	OW20L152100	0	0,00	OW20X152000	OW20X152100	0	0,00
OW20L152100	OW20L152200	0	0,00	OW20X152100	OW20X152200	0	0,00
OW20L152200	OW20L152300	5	9,09	OW20X152200	OW20X152300	0	0,00
OW20L152300	OW20L152400	0	0,00	OW20X152300	OW20X152400	0	0,00

Źródło: opracowanie własne.

**Tabela 4**

Odchylenia cen opcji od właściwości 2

Opcje kupna		Odchylenia		Opcje sprzedaży		Odchylenia	
C(K1)	C(K2)	liczba	%	P(K1)	P(K2)	liczba	%
OW20L151800	OW20L151900	0	0,00	OW20X151800	OW20X151900	0	0,00
OW20L151900	OW20L152000	0	0,00	OW20X151900	OW20X152000	1	1,82
OW20L152000	OW20L152100	0	0,00	OW20X152000	OW20X152100	6	10,91
OW20L152100	OW20L152200	0	0,00	OW20X152100	OW20X152200	8	14,55
OW20L152200	OW20L152300	0	0,00	OW20X152200	OW20X152300	4	7,27
OW20L152300	OW20L152400	0	0,00	OW20X152300	OW20X152400	3	5,45

Źródło: opracowanie własne.

**Tabela 5**

Odchylenia cen opcji od właściwości 3

Opcje kupna			Odchylenia	
C(K1)	C(K2)	C(K3)	liczba	%
OW20L151800	OW20L151900	OW20L152000	0	0,00
OW20L151900	OW20L152000	OW20L152100	0	0,00
OW20L152000	OW20L152100	OW20L152200	0	0,00
OW20L152100	OW20L152200	OW20L152300	2	3,64
OW20L152200	OW20L152300	OW20L152400	13	23,64
Opcje sprzedaży			Odchylenia	
P(K1)	P(K2)	P(K3)	liczba	%
OW20X151800	OW20X151900	OW20X152000	0	0,00
OW20X151900	OW20X152000	OW20X152100	1	1,82
OW20X152000	OW20X152100	OW20X152200	5	9,09
OW20X152100	OW20X152200	OW20X152300	9	16,36
OW20X152200	OW20X152300	OW20X152400	6	10,91

Źródło: opracowanie własne.

Porównując uzyskane wyniki z wynikami dotyczącymi opcji wygasających w marcu 2009 roku (Węgrzyn 2010) można zauważyć, że w tym wypadku liczebność odchyień i ich udział procentowy w ogólnej liczbie obserwacji są zarówno w odniesieniu do ograniczeń, jak i właściwości, na poziomie niższym. W celu dokładniejszego porównania, na podstawie wielkości odchyień występujących w tych dwóch okresach badawczych, wyliczono średnie arytmetyczne oraz wartości minimalne i maksymalne (zob. tab. 6).

**Tabela 6**

Porównanie wielkości odchyłeń cen opcji od ograniczeń i właściwości

Odchylenia	Opcje kupna			Opcje sprzedaży		
	średnia	minimum	maksimum	średnia	minimum	maksimum
Opcje wygasające w grudniu 2015 r.						
Ograniczenie dolne	-0,37	-0,70	-0,03	-0,49	-1,37	-0,02
Właściwość 1	-0,09	-0,18	-0,04	0,00	0,00	0,00
Właściwość 2	0,00	0,00	0,00	-0,57	-4,51	-0,01
Właściwość 3	-0,09	-0,31	-0,01	-0,20	-0,78	-0,01
Opcje wygasające w marcu 2009 r.						
Ograniczenie dolne	-106,68	-450,34	-0,52	-48,49	-198,35	-0,19
Właściwość 1	-139,79	-340,72	-11,25	-64,89	-131,13	-22,80
Właściwość 2	-64,16	-189,00	-19,25	-22,91	-107,50	-0,06
Właściwość 3	-38,49	-217,03	-0,07	-15,84	-132,59	-0,06

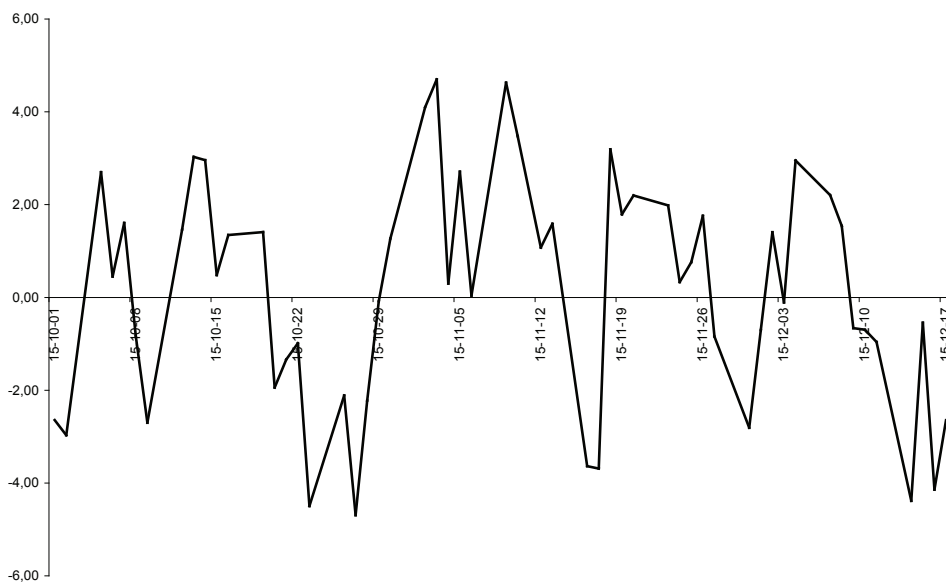
Źródło: opracowanie własne.

Wyniki przedstawione w tabeli 6 wskazują wyraźnie na znacznie mniejszą skalę odchyłeń w przypadku opcji wygasających w grudniu 2015 roku. Odchylenia w każdym przypadku były określane liczbą ujemną i wyrażane w punktach indeksowych. Największe zatem odchylenia dla opcji wygasających w grudniu 2015 roku to: od ograniczenia dolnego  $-1,37$ , od właściwości pierwszej  $-0,18$ , od właściwości drugiej  $-4,51$ , od właściwości trzeciej  $-0,78$ . Dla opcji wygasających w marcu 2009 roku natomiast odpowiednio:  $-450,34$ ,  $-340,72$ ,  $-189,00$ ,  $-217,03$ . Zdecydowane różnice można zaobserwować także w zakresie wyliczonych z odchyłeń średnich arytmetycznych. W odniesieniu do opcji grudniowych średnie są bliskie zeru, natomiast w przypadku opcji wygasających w marcu 2009 roku średnie odchylenia są, z jednym wyjątkiem, na poziomie kilkudziesięciu i więcej punktów indeksowych. Wyniki przeprowadzonych badań w odniesieniu do opcji wygasających w marcu 2009 roku wskazały na możliwość stosowania w tym zakresie operacji arbitrażowych przynoszących dochód po uwzględnieniu kosztów transakcyjnych (Węgrzyn 2010). W przypadku odchyłeń dotyczących opcji wygasających w grudniu 2015 roku, biorąc pod uwagę standardowe opłaty i prowizje, takie możliwości generalnie nie występują. Wyjątkiem może być tutaj jednostkowy przypadek dotyczący odchylenia na poziomie  $-4,51$  w przypadku właściwości drugiej.

## 2. Analiza porównawcza odchyłeń od parytetu *put-call*

Analiza parytetu *put-call* polegała na wyliczeniu dla opcji kupna i sprzedaży o tych samych kursach wykonania wartości:  $C - P - S + K \times e^{-rt}$ . Zgodnie z formułą parytetu (zob. tab. 1) wartości te powinny być na poziomie równym zeru. Wartości dodatnie wskazują zatem na odchylenia od parytetu oznaczające przewagę lewej strony równania, wartości ujemne natomiast – prawej strony równania.

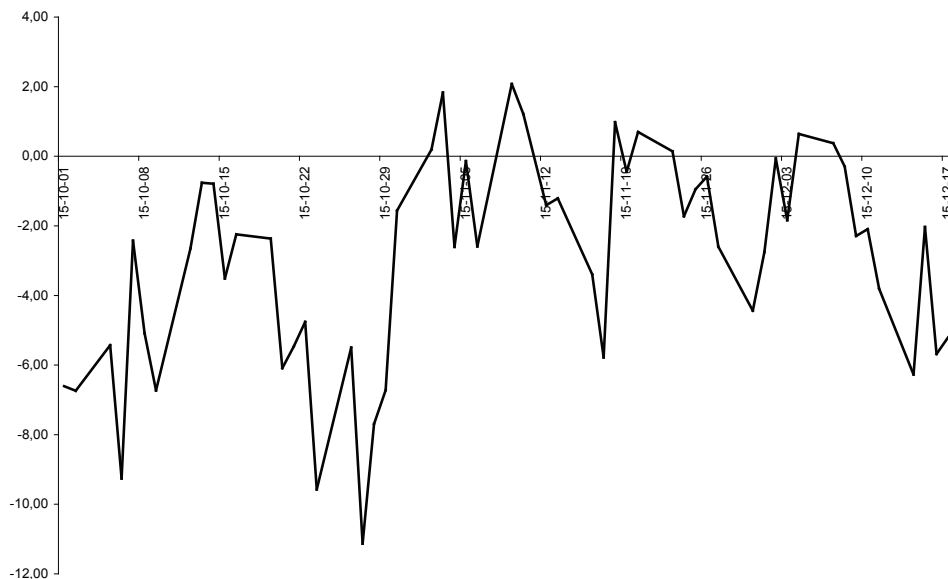
Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że w przypadku opcji wygasających w grudniu 2015 roku wyliczone wartości różniły się od zera. Kształtowanie się odchyleń od parytetu *put-call* w analizowanym okresie zaprezentowano na przykładzie opcji z kursem wykonania 1800, w przypadku których wystąpiło największe odchylenie dodatnie (zob. rys. 1), oraz opcji z kursem wykonania 2400, w przypadku których wystąpiło największe odchylenie ujemne (zob. rys. 2). Dla porównania analogiczne wyniki dotyczące opcji wygasających w marcu 2009 roku przedstawiono na rysunkach 3–4.



**Rysunek 1.** Odchylenia od parytetu *put-call* dla opcji OW20L151800 i OW20X151800

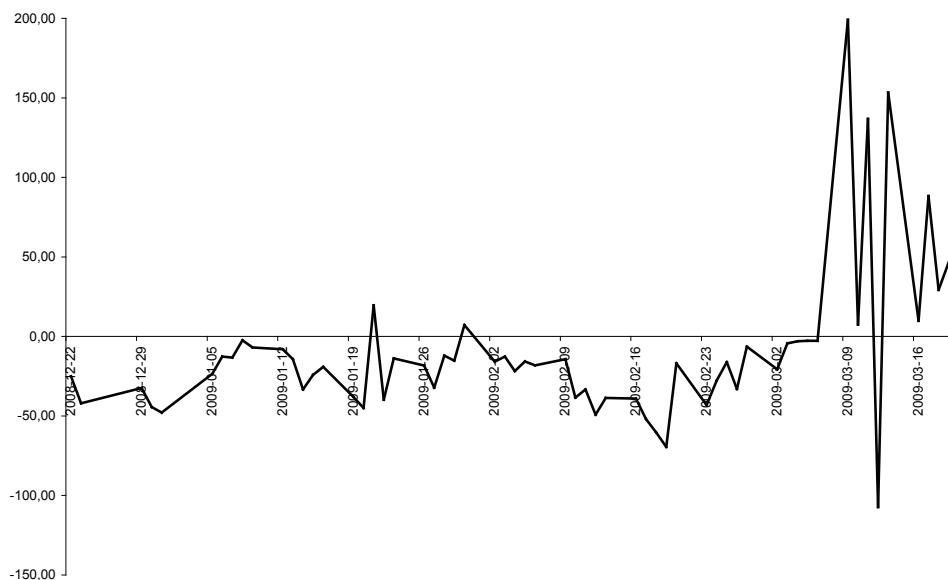
Źródło: opracowanie własne.

Warto zwrócić uwagę na skalę odchyleń (wyrażanych w punktach indeksowych) w analizowanych dwóch okresach badawczych. W przypadku opcji wygasających w grudniu 2015 roku odchylenia kształtowały się w przedziale  $(-11,13; 4,70)$ , natomiast dla opcji wygasających w marcu 2009 roku w przedziale  $(-466,48; 199,05)$ . Szczegółowe wyliczenia dotyczące średnich, minimalnych i maksymalnych wartości odchyleń w odniesieniu do opcji marcowych oraz grudniowych przedstawiono w tabeli 7. Na podstawie tych wyników można stwierdzić, że wielkości odchyleń w analizowanych okresach różniły się bardzo wyraźnie. Zastosowane w tym wypadku testy Kołmogorowa-Smirnowa ( $p = 0,0000$ ) oraz U Manna-Whitneya ( $p = 0,0000$ ) wskazały na istotną statystycznie różnicę pomiędzy uzyskanymi wynikami.



**Rysunek 2.** Odchylenia od parytetu *put-call* dla opcji OW20L152400 i OW20X152400

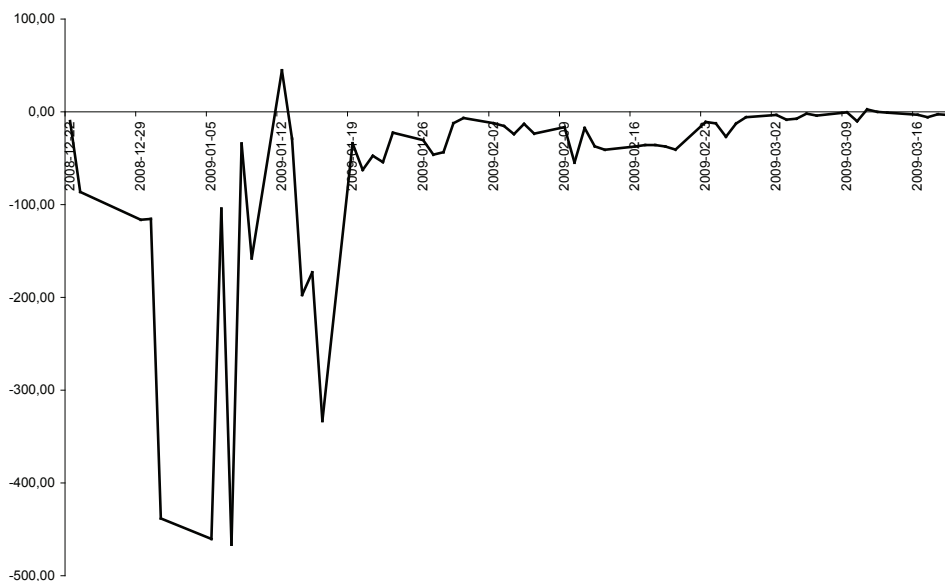
Źródło: opracowanie własne.



**Rysunek 3.** Odchylenia od parytetu *put-call* dla opcji OW20C91900 i OW20O91900

Źródło: opracowanie własne.





**Rysunek 4.** Odchylenia od parytetu *put-call* dla opcji OW20C91400 i OW20O91400

Źródło: opracowanie własne.

**Tabela 7**

Porównanie wielkości odchyłeń cen opcji od parytetu *put-call*

Opcje kupna	Opcje sprzedaży	Odchylenia od parytetu <i>put-call</i>		
		średnia	minimum	maksimum
Opcje wygasające w grudniu 2015 r.				
OW20L151800	OW20X151800	0,12	-4,69	4,70
OW20L151900	OW20X151900	-0,55	-5,71	4,30
OW20L152000	OW20X152000	-1,11	-6,92	3,06
OW20L152100	OW20X152100	-1,62	-6,52	3,12
OW20L152200	OW20X152200	-2,32	-7,51	2,48
OW20L152300	OW20X152300	-2,52	-9,06	1,78
OW20L152400	OW20X152400	-3,00	-11,13	2,08
Opcje wygasające w marcu 2009 r.				
OW20C91300	OW20O91300	-23,35	-136,82	28,42
OW20C91400	OW20O91400	-63,45	-466,48	44,76
OW20C91500	OW20O91500	-19,32	-101,48	38,86
OW20C91600	OW20O91600	-17,80	-114,36	7,97
OW20C91700	OW20O91700	-16,30	-44,43	24,91
OW20C91800	OW20O91800	-17,18	-76,29	92,29
OW20C91900	OW20O91900	-12,98	-107,27	199,05

Źródło: opracowanie własne.

Należy także zauważyć, że skala odchyłeń w przypadku opcji wygasających w marcu 2009 roku dawała możliwość osiągnięcia dochodu z operacji arbitrażowych przy uwzględnieniu kosztów transakcyjnych (Węgrzyn 2010). W przypadku opcji wygasających w grudniu 2015 roku, przy założeniu standardowych opłat i prowizji, działania arbitrażowe nie powinny przynieść dochodu ze względu na koszty transakcyjne dotyczące opcji oraz stosunkowo wysokie koszty związane z przyjmowanymi pozycjami w zakresie akcji.

## Uwagi końcowe

Na podstawie przeprowadzonej analizy porównawczej można stwierdzić, że liczebność odchyłeń cen opcji od relacji wynikających ze stosowania arbitrażu wyraźnie się zmniejszyła, a co ważniejsze – zmniejszyła się istotnie skala odchyłeń. Sprawne i nieograniczone działania arbitrażowe są podstawą właściwej wyceny arbitrażowej opcji. Do ważnych uwarunkowań działań arbitrażowych należy zaliczyć poziom kosztów transakcyjnych, rozwój sprzedaży krótkiej, a także możliwość składania zleceń generowanych automatycznie. Wraz z rozwojem polskiego rynku opcji nastąpiła, jak się wydaje, nieznaczna obniżka kosztów transakcyjnych oraz większa elastyczność w zakresie stosowania sprzedaży krótkiej. Najważniejszym czynnikiem było jednak, w opinii autora, wprowadzenie 15 kwietnia 2013 roku systemu transakcyjnego UTP (*Universal Trading Platform*). System ten w porównaniu do stosowanego wcześniej systemu Warset jest nie tylko znacznie szybszy i bardziej wydajny, ale umożliwia inwestorom stosowanie techniki handlu algorytmicznego. W tej sytuacji automatyczny monitoring relacji cenowych oraz automatyczne składanie zleceń umożliwia budowę portfeli arbitrażowych i dają przesłanki do szybkiego eliminowania odchyłeń cen od określonych relacji.

Mniejsza skala odchyłeń cen opcji od relacji wynikających z arbitrażu przybliży rzeczywistość polskiego rynku opcji do założeń teorii wyceny arbitrażowej. Model wyceny opcji Blacka-Scholesa jest modelem arbitrażowym. Podstawowym jego założeniem jest, jak wspomniano wcześniej, sytuacja, w której arbitraż nie jest możliwy. Oznacza to takie relacje cen opcji i instrumentu podstawowego, że portfel zabezpieczony za pomocą opcji przynosi inwestorowi dochód na poziomie stopy wolnej od ryzyka. Zmiany zachodzące na naszym rynku powinny zatem poprawiać wycenę opcji.

## Literatura

- Chance D.M. (2004). *An Introduction to Derivatives & Risk Management*. Mason: Thomson/ South-Western.
- Haugen R.A. (1996). *Teoria nowoczesnego inwestowania*. Warszawa: WIG-Press.
- Januszkiewicz W. (red.) (1991). *Giędy w gospodarce światowej*. Warszawa: PWE.
- Jarrow R., Turnbull S. (2000). *Derivative Securities*. Cincinnati: South-Western College Publishing.
- Spremann K. (1991). *Investition und Finanzierung*. Wien: Oldenbourg.
- Weron A., Weron R. (2005). *Inżynieria finansowa*. Warszawa: Wydawnictwa Naukowo-Techniczne.
- Węgrzyn R. (2010). Analiza operacji arbitrażowych w zakresie opcji na WIG20. *Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu*, 117.

- Węgrzyn R. (2007). Arbitraż jako podstawa właściwych relacji cen opcji. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie*, 756.
- Węgrzyn R. (2011). Arbitrażowe ograniczenia i właściwości cen opcji. Analiza empiryczna. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie*, 864.

#### **FORMATION OF PRICES OF OPTIONS ON THE WIG20 INDEX IN LIGHT OF THE ARBITRAGE PRICING THEORY**

**Abstract:** The aim of the study is to draw attention to changes in the option prices deviations from the specific relationships resulting from arbitration in the context of the development of the Polish options market. The analysis involved comparison of the number and size of deviations from the limitations and properties of option prices, from the put-call parity and comparison of the possibilities of achieving income from arbitration in two different periods of research. The selected call and put options on the WIG20 index, traded on the Warsaw Stock Exchange, were subjected to detailed analysis. Based on the obtained results it can be stated that the number of the option prices deviations from the specific relationships has clearly decreased, and more importantly the scale of deviations has significantly reduced. Minor size of deviations from the relationships arising out of the arbitration brings the reality of the Polish options market to the assumptions of the arbitrage pricing theory.

**Keywords:** option, arbitrage, pricing

#### **Cytowanie**

- Węgrzyn R. (2016). Kształtowanie się cen opcji na indeks WIG20 w świetle teorii wyceny arbitrażowej. *Finanse, Rynki Finansowe, Ubezpieczenia*, 4 (82/1), 651–661. DOI: 10.18276/rifu.2016.4.82/1-54.