



Katarzyna Królik-Koltunik

Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej
Wydział Ekonomiczny
Zakład Rynków Finansowych
katarzyna.krolik-koltunik@umcs.pl

ARBITRAŻ W OPARCIU O STRATEGIĘ *BOX SPREAD* NA OPCJACH NA INDEKS WIG20

Streszczenie: Celem niniejszego artykułu było określenie możliwości przeprowadzenia zyskowego arbitrażu w oparciu o strategię *box* na opcjach notowanych na Giełdzie Papierów Wartościowych w Warszawie. Badaniem objęto europejskie opcje na indeks WIG20 notowane na giełdzie od 18 sierpnia 2014 do 15 września 2017. Uzyskane wyniki wskazują na istnienie możliwości przeprowadzenia zyskowego arbitrażu na podstawie strategii *box spread*. Największy wpływ na wyniki badań miała niska płynność rynku. Z tego powodu ze szczegółowej analizy wyeliminowano opcje, którymi inwestorzy nie handlowali lub na których zawierali mało transakcji. Jednocześnie zaś na mało płynnym rynku częściej pojawia się niewłaściwa wycena instrumentów, która umożliwia arbitraż.

Słowa kluczowe: opcje, opcje indeksowe, arbitraż, strategie arbitrażowe, Giełda Papierów Wartościowych w Warszawie.

JEL Classification: G11, G12, G13.

Wprowadzenie

Opcje są instrumentem pochodnym dającym szerokie możliwości tworzenia strategii inwestycyjnych. Pozwalają zarówno zabezpieczyć się przed ryzykiem, jak i umożliwiają spekulację na wzrost lub spadek cen instrumentu bazowego. Opcje można także stosować w transakcjach arbitrażowych, które wykorzystują niewłaściwą wycenę tych instrumentów przez rynek.

Na Giełdzie Papierów Wartościowych w Warszawie opcje pojawiły się 22 września 2003 r., dzięki czemu również polscy inwestorzy zyskali dostęp do instrumentu stosowanego powszechnie na rozwiniętych giełdach od dawna, a szczególnie intensywnie od lat 70. XX w. Stosunkowo krótki okres istnienia tego segmentu rynku w Polsce ma swoje konsekwencje. Jedną z nich jest niezbyt

duża płynność rynku, do której przyczynia się także konstrukcja instrumentu, uważanego przez część inwestorów za trudny i skomplikowany. Niska płynność skutkuje natomiast nieprawidłowościami w wycenie odbiegającej od modelowych wartości teoretycznych, co mogą wykorzystywać arbitrażyści do osiągania zysków.

Jedną ze strategii arbitrażowych bazującą na opcjach jest strategia *box*, która w języku polskim pojawia się pod nazwą „pudełka” lub „kwadratu”. Celem niniejszego artykułu jest określenie możliwości przeprowadzenia arbitrażu oraz jego zyskowności w oparciu o strategię *box* na opcjach indeksowych na WIG20 notowanych na Gieldzie Papierów Wartościowych w Warszawie.

1. Przegląd literatury

Pojęciem arbitrażu, a także badaniem możliwości przeprowadzania transakcji arbitrażowych na rynkach różnych instrumentów zajmowało się wielu badaczy. Arbitraż jest uważany za element spajający rozwinięty rynek finansowy. Transakcja arbitrażowa to operacja polegająca na równoczesnym zawarciu przeciwnych transakcji na dwóch lub więcej rynkach w celu osiągnięcia zysku, któremu towarzyszy relatywnie niskie ryzyko. Możliwy do osiągnięcia zysk jest większy niż najlepsza, dostępna dla danego inwestora stopa wolna od ryzyka [Anczok, 2002, s. 7]. K. Kuziak definiuje arbitraż jako „niespekulacyjny transfer kapitału z jednego rynku na drugi, wykorzystujący różnice cenowe między odpowiednimi instrumentami na tych rynkach. Transfer kapitału dokonuje się poprzez jednocześnie wykonywane transakcje na powiązanych rynkach, co prowadzi do uzyskania wolnej od ryzyka pozycji, gwarantującej dochód niezależnie od zmian sytuacji rynkowej” [2001, s. 122]. Arbitraż ma charakter niespekulacyjny, gdyż jest pozbawiony ryzyka związanego z oczekiwaniem na wzrost lub spadek cen. Podmiot zawierający taką transakcję (arbitrażysta) decyduje się na podjęcie działań w sytuacji znajomości cen oraz kosztów transakcyjnych na obu rynkach, ma więc świadomość, że operacja przyniesie mu zysk.

Istota arbitrażu wynika z prawa jednej ceny [Francis, 2000, s. 244], według którego jedno dobro nie może mieć w tym samym czasie dwóch różnych cen. Gdyby na rynku zaistniała taka sytuacja, wówczas możliwe jest kupno dobra po niższej cenie i sprzedaż po wyższej, co pozwala osiągnąć zysk bez ponoszenia ryzyka wynikającego ze zmiany cen. Charakterystyczna dla arbitrażu – oprócz realizowania dochodu przy relatywnie niskim poziomie ryzyka – jest możliwość inwestowania bez angażowania środków własnych¹.

¹ Jest to jedna z możliwości. Rozróżnia się dwa typy arbitrażu: niewymagający nakładów początkowych i wymagający zaangażowania kapitału początkowego [Kuziak, 2001, s. 123].

Założenie braku możliwości przeprowadzenia arbitrażu jest często wykorzystywane w procesie ustalania cen instrumentów finansowych, zaś cena ustalona w ten sposób nosi nazwę ceny arbitrażowej [Baxter i Rennie, 1998, s. 216]. Metodę tę wykorzystali m.in. K.J. Arrow [1964] w referacie o alokacji ryzyka za pomocą papierów wartościowych oraz F. Modigliani i M.H. Miller [1958] w dowodzie, że wartość rynkowa firmy nie zależy od jej struktury kapitałowej. Koncepcję wyceny opcji w oparciu o brak możliwości arbitrażu po raz pierwszy wprowadził H.R. Stoll [1969]. Łącząc cenę opcji kupna z ceną opcji sprzedaży, stworzył równanie określane jako parytet kupna-sprzedaży. Następnie F. Black i M. Scholes [1973] oraz R. Merton [1973] opracowali model wyceny europejskiej opcji kupna na akcje. Z kolei S.A. Ross [1976], wykorzystując koncepcję tzw. portfela arbitrażowego, opracował teorię wyceny aktywów kapitałowych ATP (*Arbitrage Pricing Theory*), będącą alternatywą dla modelu CAPM (*Capital Asset Pricing Model*).

Badania dotyczące stosowania strategii arbitrażowej *box* były podejmowane już wcześniej, prowadzili je: R.S. Billingsley i D.M. Chance [1985], D.M. Chance [1987], A.G. Ronn i E.I. Ronn [1989], P.H. Marchand, J.T. Lindley i R.A. Followill [1994], E.C. Blomeyer i J.C. Boyd [1995], M.L. Hemler i T.W. Miller Jr. [1997], L.F. Ackert i Y.S. Tian [2001], A. Bharadwaj i J.B. Wiggins [2001], J.W. Fung, H.K. Mok i K.K. Wong [2004], U. Benzion, S. Danan i J. Yagil [2005], Vipul [2009], G.P. Girish i N. Rastogi [2013]. W badaniach były wykorzystywane opcje typu amerykańskiego lub europejskiego. Pod względem geograficznym badano rynki w Stanach Zjednoczonych, Izraelu, Indiach i w Hongkongu. Zestawienie przeprowadzonych badań z uwzględnieniem okresu badawczego, analizowanego rynku wraz z uzyskanymi wynikami zaprezentowali G.P. Girish i N. Rastogi [2013, s. 273-274]. W odniesieniu do polskiego rynku badania nad strategią arbitrażową *box* prowadziła K. Królik-Kołtunik na kilku wybranych seriach opcji [2010] oraz na wszystkich opcjach notowanych w latach 2003-2010 [2012].

Strategie arbitrażowe są wykorzystywane do testowania efektywności rynku. Strategia *box* wydaje się być szczególnie przydatna w badaniach, gdyż do jej konstrukcji wykorzystuje się tylko opcje i aktywa wolne od ryzyka, co ma największe znaczenie na rynkach opcji, na których nie handluje się instrumentem bazowym. Pojawienie się możliwości przeprowadzenia zyskowego arbitrażu informuje o niewłaściwej wycenie instrumentów finansowych. Jednakże nie zawsze występowanie możliwości przeprowadzenia arbitrażu musi wskazywać na nieefektywność rynku z uwagi na ograniczenia w przeprowadzeniu arbitrażu.

Na bariery utrudniające przeprowadzenie transakcji arbitrażowych na rynku opcji (w szczególności indeksowych) zwracają uwagę L.F. Ackert i Y.S. Tian [2000], E. Ofek, M. Richardson i R.F. Whitelaw [2003] oraz J.P. Gould i D. Galai [1974].

2. Strategia arbitrażowa *box*

Strategia *box* jest zaliczana do strategii arbitrażowych, czyli daje szansę na osiąganie zysku przy relatywnie niskim poziomie ryzyka. Jest to efekt niewłaściwej wyceny instrumentów finansowych. Wykorzystanie różnic cenowych zapewnia osiągnięcie zysku, natomiast ryzyka w tym zakresie nie ma, gdyż ceny są znane w momencie zajmowania pozycji na rynku. W arbitrażu pojawia się inne zagrożenie dotyczące szybkości zawierania transakcji. Operacje należy przeprowadzić dostatecznie szybko, zanim ceny się zmienią i szansa na zysk arbitrażowy zniknie.

Konstrukcja strategii *box* wymaga zajęcia odpowiednich pozycji wyłącznie na rynku opcji. Wyeliminowana jest konieczność zajmowania pozycji na rynku instrumentu bazowego, co pozwala zastosować tę strategię w zasadzie na dowolnych opcjach. Brak możliwości kupna lub sprzedaży instrumentu bazowego nie stanowi przeszkody w korzystaniu z tej strategii. Niektóre strategie opcyjne wymagają zajęcia długiej lub krótkiej pozycji w instrumencie bazowym. Gdyby instrumentem bazowym były waluty, wówczas nie ma z tym żadnych problemów. Jeśli aktywami bazowymi są akcje, to kłopotliwe może się okazać zajęcie krótkiej pozycji (długa pozycja, czyli kupno akcji, nie sprawia trudności pod warunkiem, że wolumen obrotu jest dostatecznie duży). Najbardziej problematyczne jest zajęcie pozycji w instrumencie bazowym, takim jak indeks giełdowy lub inny wskaźnik. Inwestorzy szukają wtedy instrumentów, które jak najlepiej odwzorowują niezbędną pozycję. Strategia *box* całkowicie eliminuje ten problem, więc może być z powodzeniem stosowana na dowolnych opcjach, w tym również na opcjach indeksowych.

Omawiana strategia *box* występuje w dwóch wersjach: *long box* i *short box*. Obie wymagają wykorzystania czterech opcji (bazujących na tym samym instrumencie pierwotnym) z tym samym terminem wygaśnięcia z dwoma różnymi kursami wykonania. Strategię *long box* konstruuje się, kupując opcję kupna i wystawiając opcję sprzedaży o jednakowej, niższej cenie wykonania (K_1) oraz wystawiając opcję kupna i kupując opcję sprzedaży o jednakowej, wyższej cenie wykonania (K_2). Strategia *short box* jest przeciwna względem *long box*,

wymaga zajęcia odwrotnych pozycji. Strategię *short box* buduje się, wystawiając opcję kupna i kupując opcję sprzedaży o jednakowej, niższej cenie wykonania (K_1) oraz kupując opcję kupna i wystawiając opcję sprzedaży o jednakowej, wyższej cenie wykonania (K_2) [Fierla, 2004, s. 229].

Połączenie odpowiednich pozycji w opcjach pozwala na odtworzenie profilu zysków i strat z długiej lub krótkiej pozycji w instrumencie bazowym, jest to tzw. syntetyczny instrument bazowy. Strategia *long box* jest równoważna z jednoczesnym kupnem syntetycznego instrumentu bazowego z niższą ceną wykonania i sprzedażą syntetycznego instrumentu bazowego z wyższą ceną wykonania. Natomiast strategia *short box* jest połączeniem jednoczesnej sprzedaży syntetycznego instrumentu bazowego z niższą ceną wykonania i kupna syntetycznego instrumentu bazowego z wyższą ceną wykonania [Królik-Kołtunik, 2010, s. 168].

Strategię „pudełka” można także uzyskać, łącząc strategie spreadu byka (*bull spread*) i niedźwiedzia (*bear spread*). Strategia *long box* powstaje z połączenia strategii *bull call spread*² i *bear put spread*³, zaś strategia *short box* jest efektem połączenia strategii *bull put spread*⁴ i *bear call spread*⁵.

Bardzo ważną cechą omawianej strategii jest całkowita niezależność wyników inwestycji od wartości instrumentu bazowego w dniu wygaśnięcia⁶. Wysokość możliwego do osiągnięcia zysku⁷ jest znana w momencie zajmowania pozycji. W związku z tym inwestor nie jest narażony na ryzyko wynikające ze zmienności cen, a także na tzw. ryzyko czasowe związane ze zbliżaniem się terminu wygaśnięcia opcji [Australian Securities Exchange, 2007, s. 29]. Kluczowym warunkiem do osiągania zysków z tej strategii jest zakup opcji poniżej lub sprzedaż opcji powyżej jej wartości teoretycznej, czyli tzw. *fair value*.

Przy wyjaśnianiu istoty tej strategii warto sięgnąć do metody portfeli równoważnych, czyli przynoszących taki sam dochód. Pierwszy portfel składa się z długiej pozycji w opcji kupna z ceną wykonania K_1 , krótkiej pozycji w opcji sprzedaży z ceną wykonania K_1 , krótkiej pozycji w opcji kupna z ceną wykonania K_2 i długiej pozycji w opcji sprzedaży z ceną wykonania K_2 , przy czym $K_2 > K_1$. Drugi portfel to środki pieniężne w kwocie równej $(K_2 - K_1)e^{-rT}$ ulokowane w aktywa wolne od ryzyka. W momencie wygaśnięcia opcji oba portfele

² Spread byka zbudowany z opcji kupna.

³ Spread niedźwiedzia zbudowany z opcji sprzedaży.

⁴ Spread byka zbudowany z opcji sprzedaży.

⁵ Spread niedźwiedzia zbudowany z opcji kupna.

⁶ Por. przykłady rozważane przez K. Królik-Kołtunik [2010].

⁷ Racjonalnie działający inwestor nie zajmuje pozycji, która na pewno przyniesie straty.

mają taką samą wartość równą $(K_2 - K_1)$, czyli różnicy kursów wykonania opcji. Ta zależność może zostać zapisana w postaci równania (1) nazywanego parytetem strategii pudełka (*box spread parity*) [Ronn i Ronn, 1989, s. 92; Ben Zion, Danan i Yagil, 2005, s. 49].

$$c_{K_1} - p_{K_1} - c_{K_2} + p_{K_2} = (K_2 - K_1) \cdot e^{-rT} \quad (1)$$

gdzie:

c_{K_1} – cena opcji kupna z ceną wykonania K_1 ,

p_{K_1} – cena opcji sprzedaży z ceną wykonania K_1 ,

c_{K_2} – cena opcji kupna z ceną wykonania K_2 ,

p_{K_2} – cena opcji sprzedaży z ceną wykonania K_2 ,

K_1, K_2 – ceny wykonania opcji,

r – stopa procentowa wolna od ryzyka,

T – czas pozostający do wygaśnięcia opcji.

Jeżeli równanie parytetu nie jest zachowane (występuje nierówność), to możliwe jest przeprowadzenie zyskowego arbitrażu poprzez zajęcie długiej lub krótkiej pozycji w odpowiednim portfelu. Gdy pierwszy portfel (lewa strona równania) ma mniejszą wartość niż drugi portfel (prawa strona równania), to inwestor powinien zająć długą pozycję w portfelu pierwszym i krótką pozycję w portfelu drugim, będzie to strategia *long box*. W takiej sytuacji część środków uzyskanych z pożyczki zostanie wykorzystana do zakupu opcji, pozostała część stanowi zysk arbitrażowy będący w dyspozycji inwestora w momencie zajmowania pozycji. Odwrotna nierówność, czyli gdy pierwszy portfel ma większą wartość niż drugi, powinna skutkować zajęciem krótkiej pozycji w pierwszym portfelu i długiej pozycji w drugim portfelu, czyli inwestor zastosuje strategię *short box*. W tym przypadku inwestor wykorzysta część środków uzyskanych z premii za sprzedane opcje do zakupu aktywów wolnych od ryzyka, zaś pozostała część to zysk arbitrażowy.

W tabeli 1 zawarto podsumowanie powyższych rozważań, podając warunki, w jakich opłacalne jest zastosowanie strategii, sposób jej konstrukcji oraz wielkość możliwego do osiągnięcia zysku (bez uwzględniania kosztów transakcyjnych).

Tabela 1. Strategie arbitrażowe *long box* i *short box*

Strategia <i>long box</i>	Sytuacja na rynku	Występowanie nierówności: $c_{K_1} - p_{K_1} - c_{K_2} + p_{K_2} < (K_2 - K_1) \cdot e^{-rT}$
	Budowa strategii	– zaciągnięcie pożyczki w kwocie równej zdyskontowanej różnicy kursów wykonania opcji – zakup opcji kupna z kursem wykonania K_1 – wystawienie opcji sprzedaży z kursem wykonania K_1 – wystawienie opcji kupna z kursem wykonania K_2 – zakup opcji sprzedaży z kursem wykonania K_2
	Możliwa wielkość zysku	$(K_2 - K_1) \cdot e^{-rT} - (c_{K_1} - p_{K_1} - c_{K_2} + p_{K_2})$
Strategia <i>short box</i>	Sytuacja na rynku	Występowanie nierówności: $c_{K_1} - p_{K_1} - c_{K_2} + p_{K_2} > (K_2 - K_1) \cdot e^{-rT}$
	Budowa strategii	– wystawienie opcji kupna z kursem wykonania K_1 – zakup opcji sprzedaży z kursem wykonania K_1 – zakup opcji kupna z kursem wykonania K_2 – wystawienie opcji sprzedaży z kursem wykonania K_2 – lokata środków równych zdyskontowanej różnicy kursów wykonania opcji w aktywa wolne od ryzyka
	Możliwa wielkość zysku	$(c_{K_1} - p_{K_1} - c_{K_2} + p_{K_2}) - (K_2 - K_1) \cdot e^{-rT}$

Źródło: Opracowanie własne.

3. Dane i metody badań

Przedmiotem badań były opcje na indeks WIG20 notowane na GPW w Warszawie. Są to opcje typu europejskiego, czyli mogą być wykonane tylko i wyłącznie w dniu wygaśnięcia opcji, który przypada na trzeci piątek miesiąca. Wykorzystanie opcji typu europejskiego sprawia, że strategia jest wolna od ryzyka wcześniejszego wykonania opcji, na które są narażeni inwestorzy stosujący opcje typu amerykańskiego (mogą być one wykonane na żądanie posiadacza opcji w dowolnym dniu przed wygaśnięciem opcji). Obecnie opcje wygasają w każdym z 12 miesięcy roku⁸.

Badania przeprowadzono w okresie od 18 sierpnia 2014 r. do 15 września 2017 r. Wybór takiego zakresu czasowego był związany z jednej strony ze zmianami standardów opcji od dnia 18.08.2014 (wprowadzono wówczas tzw. opcje

⁸ Przed wrześniem 2014 r. kolejne serie opcji wygasły co trzy miesiące według marcowego cyklu kwartalnego (marzec, czerwiec, wrzesień, grudzień).

miesięczne, zmiany te zostały omówione szerzej przez K. Królik-Kołtunik [2017]), z drugiej zaś z chęcią uwzględnienia najnowszych danych. W tym czasie zostały wyodrębnione „miesięczne” okresy badawcze rozpoczynające się w poniedziałek po wygaśnięciu poprzedniej serii opcji i kończące się w trzeci piątek miesiąca, czyli w dniu wygaśnięcia danej serii opcji. Analizie poddano opcje z najbliższym terminem wygaśnięcia, na których skupia się największe zainteresowanie inwestorów. Do badań wybrano serie opcji, na których w miesięcznych okresach badawczych na przynajmniej 3/4 sesji zostały zawarte transakcje. Ze szczegółowej analizy odrzucono serie opcji, którymi inwestorzy w ogóle nie handlowali lub liczba dni bez żadnej transakcji przekraczała 25%. Jednym z celów badań było określenie wysokości możliwych zysków ze strategii na podstawie cen transakcyjnych.

Przy konstrukcji strategii wykorzystano ceny zamknięcia z danego dnia, przyjmując, że inwestor mógł kupić lub sprzedać opcje podczas fazy dogrywki po cenie ustalonej podczas fixingu za zamknięcie sesji⁹. Takie założenie wpłynęło na pominięcie kosztów transakcyjnych w postaci spreadu, czyli różnicy między oferowaną ceną kupna i sprzedaży¹⁰. Pominięto także koszty transakcyjne związane z prowizjami od zakupu i sprzedaży, a także konieczność uiszczenia depozytu zabezpieczającego wynikającego z wystawienia opcji, którego poziom byłby i tak niewielki z uwagi na skorelowanie zajętych pozycji.

Budując strategię, wykorzystano minimalną ilość opcji potrzebną do zajęcia właściwej pozycji, czyli po jednej opcji każdego rodzaju. Wielkość zysku była obliczana dla strategii zbudowanej z czterech opcji. Wykorzystanie większej ilości opcji (o ile pozwala na to płynność instrumentu) zwiększyłoby proporcjonalnie wielkość zysku. Należy jednak pamiętać, aby ilość opcji każdego rodzaju była taka sama. W badaniach przyjęto, że strategia jest tworzona każdego dnia notowań zgodnie z opisem zawartym w tabeli 1 z wyjątkiem ostatniego dnia (dnia wygaśnięcia opcji). Pozycje były utrzymywane do momentu wygaśnięcia opcji. Stopa wolna od ryzyka została przyjęta na poziomie rentowności 7-dniowych bonów pieniężnych NBP, czyli stopy referencyjnej.

⁹ W systemie notowań ciągłych faza dogrywki trwa od 17.00 do 17.05, w tym czasie możliwe jest wyłącznie składanie zleceń i zawieranie transakcji po cenie ustalonej na fixingu.

¹⁰ Takie założenie jest konsekwencją danych udostępnianych przez GPW. Jest ono często stosowane w badaniach giełdowego rynku instrumentów pochodnych w Polsce, por. np. G. Golec [2002] lub E. Widz [2008]. Można je także spotkać w badaniach zagranicznych rynków opcji [Ackert i Tian, 2001], jednak większość badań dotyczących zagranicznych rynków opcji uwzględnia spread pomiędzy cenami kupna i sprzedaży.

4. Wyniki badań empirycznych

Przyjęte założenia pozwoliły wyodrębnić 37 „miesięcznych” okresów badawczych. We wszystkich badanych okresach było notowanych 1685 par opcji. Pojęcie „para opcji” jest stosowane do dwóch serii opcji – jednej kupna i jednej sprzedaży – z takim samym kursem wykonania i z tym samym terminem wygaśnięcia. Jednak tylko 160 par spełniało warunek płynności (przynajmniej na 75% sesji w miesięcznym okresie odnotowano transakcje kupna-sprzedaży), co stanowi odsetek na poziomie około 9,5% wszystkich par notowanych w całym badanym okresie. Serii opcji, które spełniały warunek płynności, było więcej niż 320, chociaż zdarzały się przypadki, gdy seria opcji kupna cechowała się wystarczającą płynnością, jednak odpowiadająca jej seria opcji sprzedaży (z tym samym kursem wykonania i terminem wygaśnięcia) nie miała wystarczającej, przyjętej w założeniach płynności¹¹. Konstrukcja strategii *box* wymaga użycia dwóch par opcji z tym samym terminem wygaśnięcia i dwoma różnymi kursami wykonania, czyli potrzebne były cztery serie opcji, które miały wystarczającą płynność. Jeśli przynajmniej na jednej spośród czterech serii obroty były zbyt małe, taka kombinacja opcji nie była brana pod uwagę w badaniach.

Tabela 2. Możliwości zbudowania strategii arbitrażowej *box* w poszczególnych okresach badawczych z uwzględnieniem kryterium płynności

Lp.	Okres	Notowane pary opcji		Liczba kombinacji par opcji	
		wszystkie	spełniające kryterium płynności	możliwych do utworzenia	spełniających kryterium płynności
1	2	3	4	5	6
1	18.08.2014-19.09.2014	43	5	903	10
2	22.09.2014-17.10.2014	39	6	741	15
3	20.10.2014-21.11.2014	39	3	741	3
4	24.11.2014-19.12.2014	42	5	861	10
5	22.12.2014-16.01.2015	40	5	780	10
6	19.01.2015-20.02.2015	39	3	741	3
7	23.02.2015-20.03.2015	43	4	903	6

¹¹ Zdarzały się również sytuacje odwrotne.

cd. tabeli 2

1	2	3	4	5	6
8	23.03.2015- 17.04.2015	43	2	903	1
9	20.04.2015- 15.05.2015	40	6	780	15
10	18.05.2015- 19.06.2015	41	7	820	21
11	22.06.2015- 17.07.2015	44	5	946	10
12	20.07.2015- 21.08.2015	46	5	1035	10
13	24.08.2015- 18.09.2015	50	5	1225	10
14	21.09.2015- 16.10.2015	43	6	903	15
15	19.10.2015- 20.11.2015	42	2	861	1
16	23.11.2015- 18.12.2015	62	7	1891	21
17	21.12.2015- 15.01.2016	48	2	1128	1
18	18.01.2016- 19.02.2016	46	3	1035	3
19	22.02.2016- 18.03.2016	65	6	2080	15
20	21.03.2016- 15.04.2016	44	5	946	10
21	18.04.2016- 20.05.2016	39	4	741	6
22	23.05.2016- 17.06.2016	57	5	1596	10
23	20.06.2016- 15.07.2016	43	5	903	10
24	18.07.2016- 19.08.2016	39	5	741	10
25	22.08.2016- 16.09.2016	53	4	1378	6
26	19.09.2016- 21.10.2016	38	3	703	3
27	24.10.2016- 18.11.2016	35	3	595	3
28	22.11.2016- 16.12.2016	42	7	861	21
29	19.12.2016- 20.01.2017	44	1	946	0

cd. tabeli 2

1	2	3	4	5	6
30	23.01.2017- 17.02.2017	51	4	1275	6
31	20.02.2017- 17.03.2017	56	4	1540	6
32	20.03.2017- 21.04.2017	44	2	946	1
33	24.04.2017- 19.05.2017	41	5	820	10
34	22.05.2017- 16.06.2017	61	4	1830	6
35	19.06.2017- 21.07.2017	39	3	741	3
36	24.07.2017- 18.08.2017	38	4	703	6
37	21.08.2017- 15.09.2017	66	5	2145	10

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych GPW [www 1].

160 par opcji pozwoliło na stworzenie 307 kombinacji par we wszystkich 37 okresach badawczych. Szczegółowe dane dla poszczególnych okresów znajdują się w tabeli 2. Gdyby wszystkie serie opcji miały wystarczającą płynność (3370 serii opcji – 1685 par opcji), możliwe byłoby utworzenie aż 38 687 kombinacji par. Przyjęte w założeniach kryterium płynności pozwoliło na stworzenie jedynie 307 kombinacji, czyli zaledwie 0,79% wszystkich kombinacji, w jakie można byłoby połączyć notowane w tym okresie opcje. Jedną z przyczyn takiego stanu rzeczy są preferencje inwestorów, którzy skupiają swoje zainteresowanie na opcjach z najbliższym terminem wygaśnięcia mających kurs wykonania zbliżony do aktualnej wartości instrumentu bazowego (indeks WIG20)¹². Dodatkowo można zaobserwować, że inwestorzy preferują opcje tanie (czyli *out-of-the-money*) nad opcje drogie (czyli *in-the-money*). Skutkiem tego, jeśli np. na opcji kupna są duże obroty (bo jest *out-of-the-money*), to na opcji sprzedaży z tym samym kursem wykonania i terminem wygaśnięcia obroty będą znikome (bo opcja jest *in-the-money*). Wobec powyższego taka para opcji nie mogła zostać wzięta pod uwagę w badaniach.

Przyjęte założenia w dość znaczący sposób ograniczyły liczbę przypadków (6010 obserwacji), gdy możliwe było zbudowanie strategii *box*. Biorąc pod uwagę cały okres badawczy, szanse na stworzenie strategii *long box* i *short box*

¹² Opcje, które są uważane za opcje głęboko *in-the-money* lub głęboko *out-of-the-money*, cechują się praktycznie zerowymi obrotami.

były w zasadzie takie same, odpowiednio 3001 i 3009 przypadków (49,93% i 50,07%). Większe różnice widać przy analizie poszczególnych kombinacji par oraz w wynikach zbiorczych dla poszczególnych okresów (tabela 3). Biorąc pod uwagę poszczególne okresy badawcze, strategia *long box* najczęściej była zyskowna w okresie od 24.10.2016 do 18.11.2016 – 66,67% wszystkich obserwacji w tym czasie. Natomiast strategię *short box* można było najczęściej realizować z zyskiem w okresie od 18.08.2014 do 19.09.2014 – 61,67% obserwacji. Przy analizie poszczególnych kombinacji par te różnice są jeszcze bardziej widoczne. Strategia *long box* najczęściej (83,33% obserwacji) okazywała się zyskowna dla par opcji z kursami wykonania 2475 i 2525 oraz 2475 i 2575, wygasających 15 maja 2015 r. Strategia *short box* przynosiła zyski najczęściej (78,26% obserwacji) dla par opcji z kursami wykonania 2425 i 2450, które wygasły 21 listopada 2014 r.

Tabela 3. Możliwości dokonania zyskowego arbitrażu w oparciu o strategię *box*

Lp.	Okres	Liczba przypadków (łącznie)	Strategia <i>long box</i>		Strategia <i>short box</i>	
			liczba przypadków	odsetek (%)	liczba przypadków	odsetek (%)
1	2	3	4	5	6	7
1	18.08.2014-19.09.2014	240	92	38,33	148	61,67
2	22.09.2014-17.10.2014	285	143	50,18	142	49,82
3	20.10.2014-21.11.2014	69	27	39,13	42	60,87
4	24.11.2014-19.12.2014	190	92	48,42	98	51,58
5	22.12.2014-16.01.2015	130	76	58,46	54	41,54
6	19.01.2015-20.02.2015	72	40	55,56	32	44,44
7	23.02.2015-20.03.2015	114	60	52,63	54	47,37
8	23.03.2015-17.04.2015	17	9	52,94	8	47,06
9	20.04.2015-15.05.2015	270	151	55,93	119	44,07
10	18.05.2015-19.06.2015	483	251	51,97	232	48,03
11	22.06.2015-17.07.2015	190	82	43,16	108	56,84
12	20.07.2015-21.08.2015	240	123	51,25	117	48,75
13	24.08.2015-18.09.2015	190	91	47,89	99	52,11

cd. tabeli 3

1	2	3	4	5	6	7
14	21.09.2015- 16.10.2015	285	131	45,96	154	54,04
15	19.10.2015- 20.11.2015	23	12	52,17	11	47,83
16	23.11.2015- 18.12.2015	399	177	44,36	222	55,64
17	21.12.2015- 15.01.2016	14	6	42,86	8	57,14
18	18.01.2016- 19.02.2016	72	37	51,39	35	48,61
19	22.02.2016- 18.03.2016	285	140	49,12	145	50,88
20	21.03.2016- 15.04.2016	170	99	58,24	71	41,76
21	18.04.2016- 20.05.2016	138	69	50,00	69	50,00
22	23.05.2016- 17.06.2016	180	94	52,22	86	47,78
23	20.06.2016- 15.07.2016	190	109	57,37	81	42,63
24	18.07.2016- 19.08.2016	230	137	59,57	93	40,43
25	22.08.2016- 16.09.2016	114	53	46,49	61	53,51
26	19.09.2016- 21.10.2016	72	39	54,17	33	45,83
27	24.10.2016- 18.11.2016	51	34	66,67	17	33,33
28	22.11.2016- 16.12.2016	399	184	46,12	215	53,88
29	19.12.2016- 20.01.2017	0	0	0	0	0
30	23.01.2017- 17.02.2017	114	60	52,63	54	47,37
31	20.02.2017- 17.03.2017	114	55	48,25	59	51,75
32	20.03.2017- 21.04.2017	22	12	54,55	10	45,45
33	24.04.2017- 19.05.2017	170	74	43,53	96	56,47
34	22.05.2017- 16.06.2017	108	44	40,74	64	59,26
35	19.06.2017- 21.07.2017	72	47	65,28	25	34,72
36	24.07.2017- 18.08.2017	108	68	62,96	40	37,04
37	21.08.2017- 15.09.2017	190	83	43,68	107	56,32

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych GPW [www 1].

Wielkość zysków możliwych od osiągnięcia (bez uwzględniania kosztów transakcyjnych) została przedstawiona w tabeli 4. Obliczone zyski wahały się od 1 grosza do ponad 1000 zł przy wykorzystaniu najmniejszej możliwej liczby opcji (czyli czterech – po jednej z każdej serii). Średni zysk ukształtował się na poziomie 75,06 zł przy odchyleniu standardowym 91,72, co wskazuje na bardzo wysoką zmienność zysków (współczynnik zmienności przekraczał 120%). Strategia *short box* dawała nieco lepsze wyniki niż strategia *long box*, średnio 78,72 zł przy odchyleniu standardowym 96,78 w porównaniu do strategii *long box*, dla której średni zysk wyniósł 71,39 zł przy odchyleniu standardowym 86,21. Pozytywne miary, takie jak mediana czy kwartyle, wskazują na zawyżenie średniej przez rzadko pojawiające się wysokie wyniki. Mediana możliwych do osiągnięcia zysków była na poziomie 44,24 zł (43,93 zł dla strategii *long box*, 44,53 zł dla strategii *short box*). Jedynie jedna czwarta wyników przekraczała 95,73 zł (odpowiednio 94,26 zł i 97,22 zł dla strategii *long box* i *short box*).

Tabela 4. Charakterystyka wielkości osiągniętych zysków
(bez uwzględniania kosztów transakcyjnych) w oparciu o strategię *box*

Miara	Strategia <i>box</i> (łącznie)	Strategia <i>long box</i>	Strategia <i>short box</i>
Minimum	0,01	0,01	0,01
Maksimum	1067,64	1067,64	1012,26
Średnia	75,06	71,39	78,72
Odchylenie standardowe	91,72	86,21	96,78
Współczynnik zmienności	122,20	120,77	122,95
Mediana	44,24	43,93	44,53
Pierwszy kwartył	17,95	18,40	17,75
Trzeci kwartył	95,73	94,26	97,22
Odchylenie kwartyłowe	38,89	37,93	39,74

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych GPW [www 1].

Tabela 5. Wielkość zysku (bez uwzględniania kosztów transakcyjnych)
możliwego do osiągnięcia w oparciu o strategię *box*

Wielkość zysku (zł)	Strategia <i>box</i> (łącznie)		Strategia <i>long box</i>		Strategia <i>short box</i>	
	liczba obserwacji	odsetek obserwacji (%)	liczba obserwacji	odsetek obserwacji (%)	liczba obserwacji	odsetek obserwacji (%)
1	2	3	4	5	6	7
0-20	1641	27,30	808	26,92	833	27,68
20-40	1175	19,55	600	19,99	575	19,11
40-60	791	13,16	424	14,13	367	12,20
60-80	564	9,38	280	9,33	284	9,44
80-100	409	6,81	191	6,36	218	7,24

cd. tabeli 5

1	2	3	4	5	6	7
100-120	303	5,04	171	5,70	130	4,32
120-140	241	4,01	129	4,30	113	3,76
140-160	167	2,78	94	3,13	73	2,43
160-180	112	1,86	56	1,87	56	1,86
180-200	94	1,56	43	1,43	51	1,69
>200	513	8,54	205	6,83	309	10,27
Suma	6010	100,00	3001	100,00	3009	100,00

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych GPW [www 1].

Dane zawarte w tabeli 5 ukazują częstotliwość występowania określonych poziomów zysku. Rozkład ten wygląda podobnie dla strategii *long box* i *short box*. Największa różnica jest widoczna dla zysków przekraczających 200 zł. Wysokie zyski częściej pojawiały się przy strategii *short box* – 309 przypadków w stosunku do 205.

Uwzględnienie kosztów transakcyjnych wpłynęłoby na obniżenie potencjalnych zysków, a także ograniczyłoby możliwości przeprowadzenia zyskowego arbitrażu w oparciu o strategię *box*. Większość domów maklerskich pobiera prowizję od kupna lub sprzedaży opcji w wysokości 2% wartości transakcji, dodatkowo określając minimalną i maksymalną wysokość prowizji na poziomie odpowiednio 2 i 9 złotych. Prowadzi to do wniosku, że prowizja za zajęcie pozycji w tej strategii (wykorzystującej cztery opcje) będzie się wahała od 8 do 36 zł. Pamiętając, że mediana wynosiła około 44 zł, można stwierdzić, że uwzględnienie kosztów transakcyjnych ograniczyłoby możliwość przeprowadzenia arbitrażu w mniej niż połowie badanych przypadków. W 740 przypadkach (12,31% obserwacji) zysk nie przekraczał 8 zł, więc uwzględnienie kosztów transakcyjnych zlikwidowałoby możliwość przeprowadzenia arbitrażu. Przypadków, gdy zysk był większy niż 36 zł, było 3370 (56,08%) – w tych sytuacjach możliwe byłoby dokonanie transakcji arbitrażowej, lecz zysk zostałby zmniejszony. W pozostałych sytuacjach (1900 przypadków – 31,61%) możliwości ograniczenia arbitrażu zależałyby od faktycznych, a nie tylko szacunkowych kosztów.

Z pewnością na ograniczenie możliwości arbitrażu wpłynęłoby też uwzględnienie spreadu pomiędzy cenami kupna i sprzedaży opcji jako dodatkowego kosztu transakcyjnego. Niestety brak odpowiednich danych powoduje trudności w przeprowadzaniu takich badań.

Podsumowanie

Przeprowadzone badania pozwalają stwierdzić, że w analizowanym okresie możliwe było dokonanie zyskowych transakcji arbitrażowych w oparciu o strategię *box*. Analiza całościowych wyników ukazuje, że możliwości przeprowadzenia strategii *long box* pojawiały się równie często, jak *short box*. Jednak porównując poszczególne kombinacje par opcji z różnymi terminami wygaśnięcia, widać zdecydowanie większe zróżnicowanie. Wysokość zysków osiąganych z inwestycji była bardzo zróżnicowana, wahała się od 1 grosza do nawet 1067,64 zł. Przy przyjętych założeniach średni zysk (bez uwzględniania kosztów transakcyjnych) wyniósł 75,06 zł przy odchyleniu standardowym 91,72. W 3/5 przypadków zysk nie przekraczał 60 zł, w mniej niż 1/5 przekraczał 100 zł, a jedynie w około 8,5% przypadków był większy niż 200 zł. Próba oszacowania, jak bardzo koszty transakcyjne wpłynęłyby na ograniczenie możliwości przeprowadzenia arbitrażu, ukazuje, że w ponad połowie przypadków nadal byłoby możliwe przeprowadzenie zyskowego arbitrażu. W co najmniej 12,31% przypadków arbitraż nie byłby możliwy.

Największym problemem polskiego rynku opcji okazuje się być niewielka płynność. Spośród 3370 serii opcji (1685 par opcji) notowanych w całym okresie badawczym można byłoby teoretycznie utworzyć 38 687 kombinacji par. Jednak jedynie 160 par opcji spełniało określony w założeniach warunek dotyczący kryterium płynności, wskutek czego w 37 miesięcznych okresach badawczych można było utworzyć jedynie 307 kombinacji par opcji. Wiele serii opcji zostało pominiętych w badaniach ze względu na brak obrotów. Inwestorzy nie handlują zupełnie opcjami określanymi jako głęboko *in-the-money* lub *out-of-the-money*, czyli takimi, których kurs wykonania jest daleki od bieżącej wartości instrumentu bazowego. Inną grupą opcji, która nie została uwzględniona w badaniach, są opcje, które spełniały przyjęte kryterium płynności, jednak nie miały „swojej pary” (opcji kupna lub sprzedaży), tzn. opcji z tym samym terminem wygaśnięcia i tym samym kursem wykonania o wystarczających obrotach. Na przykład w okresie od 19.12.2016 do 20.01.2017 na 44 pary opcji tylko jedna para (kupna i sprzedaży) z kursem 1950 miała wystarczające obroty. Niemożliwe było więc stworzenie strategii *box*, gdyż do tego są potrzebne cztery opcje z tym samym terminem wygaśnięcia i dwoma różnymi kursami wykonania.

Ocena niskiej płynności rynku w kontekście analizowanej strategii *box* jest niejednoznaczna. Z jednej strony niska płynność utrudnia zawieranie transakcji, zwłaszcza inwestorom dysponującym większym kapitałem, oraz przyczynia się

do niewłaściwej wyceny, umożliwiając zawieranie zyskowych transakcji arbitrażowych. Z drugiej zaś większa płynność ułatwiłaby zawieranie transakcji, poprawiłaby się też zapewne wycena opcji, co z kolei ograniczyłoby możliwości dokonywania zyskowego arbitrażu.

Nie jest łatwo wprost porównać uzyskane wyniki z badaniami obejmującymi lata 2003-2010 [Królik-Kołtunik, 2012] z uwagi na dość istotną zmianę standardów opcji wprowadzoną w życie 18 sierpnia 2014 r. Pojawiły się wtedy opcje z trzymiesięcznymi terminami wygaśnięcia, opcje wygasają obecnie w każdym kolejnym miesiącu roku, przy okazji zwiększono też „gęstość” kursów wykonania opcji (dla opcji z najbliższym terminem wygaśnięcia co 25 punktów). Inwestorzy skupiają swoje zainteresowanie na opcjach z najbliższym terminem wygaśnięcia, trudno więc było znaleźć serie opcji, które charakteryzowałyby się wystarczającymi obrotami przez 3 miesiące przed terminem wygaśnięcia. Dlatego w tych badaniach analizowano okresy miesięczne, podczas gdy w latach 2003-2010 badane były okresy trzymiesięczne. Przyjęto też nieco wyższy poziom kryterium płynności – 3/4 sesji z obrotami, w porównaniu do 65% w badaniach wcześniejszych. Zwiększenie ilości kursów wykonania opcji zwiększyło liczbę serii w obrocie, a także liczbę możliwych kombinacji par opcji.

Pomimo powyższych różnic w obu badaniach stwierdzono możliwości przeprowadzenia zyskowego arbitrażu. Rozkład pomiędzy strategiami *long box* i *short box* w dalszym ciągu jest równomierny. W latach 2003-2010 było to 48,49% w stosunku do 50,89%, obecnie to 49,93% w stosunku do 50,07%, różnice są więc niewielkie dla wszystkich analizowanych przypadków. Dla poszczególnych kombinacji par opcji różnice te są większe (podobnie jak wcześniej). W poprzednich badaniach uwzględnienie kosztów transakcyjnych zmniejszyło szanse na arbitraż w 19,10% przypadków. Obecnie wielkość ta jest szacowana między 12,31% a 43,93% przypadków.

Wielkość zysków w porównaniu do wcześniejszych badań jest niższa. Obecnie najwyższy odnotowany zysk wyniósł ponad 1067 zł, w latach 2003-2010 przekroczył 1660 zł. Niższe są również średnie zyski – obecnie to 75,06 zł przy odchyleniu standardowym 91,72 w porównaniu do 158,17 zł przy odchyleniu standardowym 175,49 w poprzednim okresie. Współczynnik zmienności jest obecnie nieco większy – ponad 122% w stosunku do blisko 111% w poprzednim okresie. Oprócz średniej spadła również mediana z 98,65 zł do 44,24 zł. Ogólnie duże zyski nie pojawiają się tak często, jak wcześniej. Poprzednio w blisko połowie przypadków zysk przekraczał 100 zł (49,81% przypadków), obecnie to niespełna 1/5 przypadków (23,79%). Można więc wnioskować, że wycena opcji uległa poprawie.

Literatura

- Ackert L.F., Tian Y.S. (2000), *Evidence on the Efficiency of Index Options Markets*, "Economic Review", Vol. 85, No. 1, s. 40-52.
- Ackert L.F., Tian Y.S. (2001), *Efficiency in Index Options Markets and Trading in Stock Baskets*, "Journal of Banking and Finance", Vol. 25, No. 9, s. 1607-1634.
- Anczok W. (2002), *Istota i schemat funkcjonowania inwestycji arbitrażowych*, „Rynek Terminowy”, nr 4, s. 7-10.
- Arrow K.J. (1964), *The Role of Securities in the Optimal Allocation of Risk Bearing*, "Review of Economic Studies", Vol. 31, No. 2, s. 91-96.
- Australian Securities Exchange (2007), *Options Strategies. 26 Proven Option Strategies for Clever Investors*.
- Bharadwaj A., Wiggins J.B. (2001), *Box Spread and Put-call Parity Tests for the S&P 500 Index LEAPS Market*, "Journal of Derivatives", Vol. 8, No. 4, s. 62-71.
- Baxter M., Rennie A. (1998), *Financial Calculus. An Introduction to Derivative Pricing*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Benzion U., Danan S., Yagil J. (2005), *Box Spread Strategies and Arbitrage Opportunities*, "Journal of Derivatives", Vol. 12, No. 3, s. 47-62.
- Billingsley R.S., Chance D.M. (1985), *Options Market Efficiency and the Box Spread Strategy*, "Financial Review", Vol. 20, No. 4, s. 287-301.
- Black F., Scholes M. (1973), *The Pricing of Options and Corporate Liabilities*, "The Journal of Political Economy", Vol. 81, No. 3, s. 637-654.
- Blomeyer E.C., Boyd J.C. (1995), *Efficiency Tests of Options on Treasury Bond Futures Contracts at the Chicago Board of Trade*, "International Review of Financial Analysis", Vol. 4, No. 2, s. 169-181.
- Chance D.M. (1987), *Parity Tests of Index Options*, "Advances in Futures and Options Research", Vol. 2, s. 47-64.
- Fierla A. (2004), *Opcje na akcje*, Difin, Warszawa.
- Francis J.C. (2000), *Inwestycje. Analiza i zarządzanie*, WIG-Press, Warszawa.
- Fung J.W., Mok H.K., Wong K.K. (2004), *Pricing Efficiency in a Thin Market with Competitive Market Makers: Box Spread Strategies in the Hang Seng Index Options Market*, "Financial Review", Vol. 39, No. 3, s. 435-454.
- Girish G.P., Rastogi N. (2013), *Efficiency of S&P CNX Nifty Index Option of the National Stock Exchange (NSE), India, Using Box Spread Arbitrage Strategy*, "Gadjah Mada International Journal of Business", Vol. 15, No. 3, s. 269-285.
- Golec G. (2002), *Opcje na polskim rynku finansowym. Wycena. Strategie*, Wydawnictwo Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej, Lublin.
- Gould J.P., Galai D. (1974), *Transaction Costs and the Relationship between Put and Call Prices*, "Journal of Financial Economics", Vol. 1, No. 2, s. 105-129.

- Hemler M.L., Miller Jr. T.W. (1997), *Box Spread Arbitrage Profits Following the 1987 Market Crash: Real or Illusory?* "Journal of Financial & Quantitative Analysis", Vol. 32, No. 1, s. 71-90.
- Królik-Kołodziej K. (2010), *Zastosowanie strategii arbitrażowej box na przykładzie opcji indeksowych notowanych na Giełdzie Papierów Wartościowych w Warszawie* [w:] M. Kalinowski, M. Pronobis (red.), *Innowacje na rynkach finansowych*, CeDeWu, Warszawa, s. 167-180.
- Królik-Kołodziej K. (2012), *Efektywność strategii inwestycyjnych na rynku opcji indeksowych na Giełdzie Papierów Wartościowych w Warszawie*, Lublin, niepublikowana rozprawa doktorska.
- Królik-Kołodziej K. (2017), *Wpływ zmian standardów opcji na rynek opcji indeksowych na Giełdzie Papierów Wartościowych w Warszawie*, „Zarządzanie Finansami i Rachunkowość”, vol. 5, nr 1, s. 15-27.
- Kuziak K. (2001), *Koncepcja arbitrażu w ustalaniu ceny instrumentów pochodnych*, „Rynek Terminowy”, nr 3, s. 122-128.
- Marchand P.H., Lindley J.T., Followill R.A. (1994), *Further Evidence on Parity Relationships in Options on S&P 500 Index Futures*, "Journal of Futures Markets", Vol. 14, No. 6, s. 757-771.
- Merton R.C. (1973), *Theory of Rational Option Pricing*, "Bell Journal of Economics and Management Science", Vol. 4, s. 141-183.
- Modigliani F., Miller M.H. (1958), *The Cost of Capital, Corporation Finance and the Theory of Investment*, "American Economic Review", Vol. 48, No. 3, s. 261-297.
- Ofek E., Richardson M., Whitelaw R.F. (2003), *Limited Arbitrage and Short Sales Restrictions: Evidence from the Options Markets*, NBER Working Papers No. 9423, National Bureau of Economic Research, Inc.
- Ronn A.G., Ronn E.I. (1989), *The Box Spread Arbitrage Conditions: Theory, Tests, and Investment Strategies*, "Review of Financial Studies", Vol. 2, No. 1, s. 91-108.
- Ross S.A. (1976), *The Arbitrage Theory of Capital Asset Pricing*, "Journal of Economic Theory", Vol. 13, No. 3, s. 341-360.
- Stoll H.R. (1969), *The Relationship between Put and Call Options Prices*, "The Journal of Finance", Vol. 24, No. 5, s. 801-824.
- Vipul (2009), *Box-spread Arbitrage Efficiency of Nifty Index Options: The Indian Evidence*, "Journal of Futures Markets", Vol. 29, No. 6, s. 544-562.
- Widz E. (2008), *Strategie giełdowe na rynku finansowych kontraktów futures w Polsce*, Wydawnictwo Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej, Lublin.
- [www 1] <http://infostrefa.com/infostrefa/pl/index/> (dostęp: 30.10.2017).

ARBITRAGE BASED ON BOX SPREAD STRATEGY ON WIG20 INDEX OPTIONS

Summary: The aim of this article was to determine the possibility of profitable arbitrage based on box spread strategy on options listed on the Warsaw Stock Exchange. The study covered European WIG20 index options in the period from 18 August 2014 to 15 September 2017. The results obtained indicate that there is a possibility of profitable arbitrage based on box spread strategy. Low market liquidity had the biggest impact on research results. For this reason, on the one hand, options that investors have not traded or traded very little were eliminated from the detailed analysis, and on the other hand, there is often an inappropriate valuation in a less liquid market, which allows for arbitrage.

Keywords: options, index options, arbitrage, arbitrage strategies, Warsaw Stock Exchange.