

УДК 338.27

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РИСКА НЕИСПОЛНЕНИЯ
ОБЯЗАТЕЛЬСТВ КОМПАНИЙ НА БИРЖЕВОМ РЫНКЕ,
ВКЛЮЧАЮЩАЯ ЛОГИЧЕСКИЕ ПЕРЕМЕННЫЕ****Болдырев Максим Андреевич,**

к.э.н., доцент,

АНО ВО Университет «МИР», Самара,

Кафедра экономики и кадастра

boldyrev673@mail.ru

Аннотация

Разработана logit-модель оценки риска неуплаты средств по облигациям компаниями России, включающая логические переменные. Использована методика создания математических моделей оценки риска неисполнения обязательств компаний по ценным бумагам, предусматривающая отбор переменных модели с помощью метода статистических гипотез, корреляционного анализа, а также метода однофакторных регрессий. Проведен анализ достоверности разработанной logit-модели, примененной к оценке риска неисполнения финансовых обязательств компании России по облигациям. Разработанная математическая модель применена к оценке риска неисполнения финансовых обязательств на биржевом рынке компании, ООО «Оптима», производящей стеклотару.

Ключевые слова: облигация, риск неисполнения финансовых обязательств, математическая модель.

**MATHEMATICAL MODEL OF DEFAULT RISK OF COMPANIES IN THE
SECURITIES MARKET, INCLUDING LOGICAL VARIABLES****Maxim A. Boldyrev**

Cand.Econ.Sci., Docent,

University «MIR», Samara, Russia,

Department of economics and cadastre

boldyrev673@mail.ru

ABSTRACT

A logit-model assessing the risk of non-payment on bonds by Russian companies including logical variables has been developed. Methodology was used to create mathematical models for assessing the risk of default by securities companies, which provides for the selection of model variables using the method of statistical hypotheses, correlation analysis, and the method of one-factor regressions. The analysis of the reliability of the developed logit-model applied to assessment the risk of non-fulfillment of financial obligations of a Russian company on bonds was

carried out. The developed mathematical model is applied to assess the risk of non-fulfillment of financial obligations in the exchange market of the company Optima ltd, which produces glass containers.

Keywords: bond, default risk, mathematical model.

Введение

Эмиссия облигаций является одним из источников заемных средств компаний, коммерческих банков. Инвесторы, приобретающие корпоративные облигации, прогнозируют цену облигаций в будущих периодах, а также проводят анализ риска неисполнения финансовых обязательств компанией-эмитентом.

В [1] приведена разработанная нами методика создания logit- и probit-моделей оценки риска неисполнения корпоративных обязательств по облигациям. С помощью данной методики разработаны logit-модель и probit-модель оценки риска неисполнения обязательств компаний России по облигациям.

Мы считаем, что возможно улучшить прогностические свойства разработанных математических моделей при использовании в них логических переменных. Такие переменные принимают одно из двух значений - "1" или "0" - в зависимости от значений факторов финансовой устойчивости компании. Использование логических переменных может улучшить прогностические свойства моделей, так как объясняемая переменная logit- и probit-моделей также является логической ("1" - компания не исполнила финансовые обязательства по облигациям, "0" - компания исполнила финансовые обязательства).

Цель исследования

Целью настоящего исследования является разработка с помощью методики, приведенной нами в [1], logit- модели оценки риска неисполнения финансовых обязательств компаний России по облигациям, включающей логические переменные.

Материалы и методы исследования

При разработке математической модели использована выборка 114 компаний России, разместивших облигации на Московской бирже [2], из которых 57 компаний не исполнили финансовые обязательства по ценным бумагам в году, следующем за отчетным (нестабильные компании). Другие 57 компаний выборки исполнили финансовые обязательства по ценным бумагам (стабильные компании). Учитываются 28 факторов финансовой устойчивости [1], значения которых приведены в бухгалтерской отчетности компаний. Проведен анализ бухгалтерской отчетности компаний за 2006 - 2020 г.г.

При разработке logit-модели оценки риска неисполнения обязательств компаний России на биржевом рынке используется методика создания logit-моделей оценки риска неисполнения финансовых обязательств компаний по ценным бумагам, приведенная в [1]. Данная методика предусматривает отбор переменных модели с помощью метода статистических гипотез, корреляционного анализа, а также метода однофакторных регрессий.

Анализ достоверности математической модели, примененной к оценке исследуемого риска, проводится с помощью метода статистических гипотез. Финансовая устойчивость компаний исследуемой выборки оценивается с помощью исследуемой модели. Формулируется гипотеза H1: значения интегрального индикатора модели, характеризующие финансовую устойчивость стабильных и "нестабильных" компаний выборки, принадлежат различным генеральным совокупностям, т.е. математическая модель может использоваться при оценке исследуемого риска. Вероятность выполнения

гипотезы H_1 оценивается с помощью известных статистических критериев - критерия Стьюдента, критерия Манна-Уитни, критерия Крускала, критерия Уилкоксона. [3].

При оценке эффективности моделирования исследуемого риска рассчитывается коэффициент эффективности моделирования k_3 :

$$k_3 = \frac{L}{N}, \quad (1)$$

где L - количество предприятий выборки, для которых однозначно и правильно произведен прогноз исполнения (неисполнения) финансовых обязательств по ценным бумагам,

N - общее количество предприятий выборки.

Результаты и их обсуждение

В результате применения предлагаемой методики создания математических моделей оценки риска неисполнения обязательств компаний по ценным бумагам [1], нами разработана следующая logit-модель оценки риска неисполнения обязательств компаний России по облигациям R , включающая логические переменные:

$$R = 1 - \frac{e^Z}{1+e^Z}, \quad (2)$$

$$Z = -1,14 + 0,04 \frac{СК_i + ДО_i - ВА_i}{СК_i} + 0,38 \frac{В_i - В_{i-1}}{В_{i-1}} - 0,31 \frac{Проц_i - Проц_{i-1}}{Проц_{i-1}} + \frac{ЧП_i + ЧП_{i-1}}{КО_{i-1} + КО_{i-1}}$$

где $k_{лп} = \begin{cases} 1, \text{ ЕСЛИ } ЧП_i > ЧП_{i-1}, \\ 0, \text{ в других случаях;} \end{cases}$

$k_{клп} = \begin{cases} 1, \text{ ЕСЛИ } (СК_i > ЗК_i) \text{ OR } (В_i > ЗК_i), \\ 0, \text{ в других случаях.} \end{cases}$

Здесь $СК_i$ - собственный капитал компании,

$ДО_i$ - долгосрочные обязательства компании,

$ВА_i$ - внеоборотные активы компании,

$В_i$ - выручка компании в отчетном году,

$В_{i-1}$ - выручка компании в году, предшествующем отчетному,

$Проц_i$ - величина процентов к уплате в отчетном году,

$Проц_{i-1}$ - величина процентов к уплате в году, предшествующем отчетному

$ЧП_i$ - величина чистой прибыли компании в отчетном году,

$ЧП_{i-1}$ - величина чистой прибыли компании в году, предшествующем отчетному,

$КО_i$ - краткосрочные обязательства компании в отчетном году,

$КО_{i-1}$ - краткосрочные обязательства компании в году, предшествующем отчетному,

$ЗК_i$ - заемный капитал компании в отчетном году.

Вероятность мультиколлинеарности переменных модели [4] $\beta = 0,24 = 24\%$. Если $R > 0,5$, то компания характеризуется значительным риском неисполнения финансовых обязательств по облигациям. Горизонт прогнозирования модели - 1 год.

Согласно всем используемым статистическим критериям (критерий Стьюдента, критерий Манна-Уитни, критерий Крускала, критерий Уилкоксона) вероятность применимости разработанной модели к оценке исследуемого риска превышает 99%.

Согласно полученным данным, разработанная logit-модель (2) характеризуется коэффициентом эффективности $k_3 = 0,85$, т.е. с помощью разработанной модели можно достоверно прогнозировать риск неисполнения обязательств по облигациям 85% компаний выборки.

В разработанной logit-модели (2) используются индикаторы финансовой устойчивости, характеризующие работу компании в отчетном году и в году, предшествующем отчетному. Риск неисполнения финансовых обязательств компаний

России по облигациям, оцененный с помощью logit-модели (2), снижается при увеличении значения коэффициента чистого оборотного капитала

$$k_{\text{ч.о.к.}} = \frac{СК_i + ДО_i - ВА_i}{СК_i}, \quad (3)$$

значения коэффициента динамики выручки от продаж продукции

$$\Delta\%B = \frac{B_i - B_{i-1}}{B_{i-1}}, \quad (4)$$

а также значения агрегированного коэффициента рентабельности краткосрочных обязательств за 2 года работы компании

$$R_{\text{ЧП}}^{\text{КО}} = \frac{\text{ЧП}_i + \text{ЧП}_{i-1}}{\text{КО}_i + \text{КО}_{i-1}}. \quad (5)$$

Коэффициент чистого оборотного капитала $k_{\text{ч.о.к.}}$ характеризует долю оборотных активов компании ОА, финансируемых за счет собственного капитала компании СК. Если оборотные активы компании ОА финансируются за счет собственного капитала, то компании не нужно использовать заемные средства при ведении хозяйственной деятельности.

Коэффициент динамики выручки от продаж продукции $\Delta\%B$ характеризует соотношение объема выручки компании в отчетном году B_i и объема выручки в году, предшествующем отчетному, B_{i-1} . Увеличение объема выручки компании B определяет увеличение уровня финансовой устойчивости.

Агрегированный коэффициент рентабельности краткосрочных обязательств за 2 года работы компании $R_{\text{ЧП}}^{\text{КО}}$ характеризует прибыльность компании. Увеличение рентабельности компании определяет увеличение финансовой устойчивости.

Также вероятность риска неисполнения обязательств компаний России по облигациям определяется логическим индикатором динамики чистой прибыли $k_{\text{лп}}$ и комплексным логическим индикатором обеспеченности заемных средств выручкой от продаж $k_{\text{клп}}$.

Значение логического индикатора динамики чистой прибыли $k_{\text{лп}}$ рассчитывается по формуле

$$k_{\text{лп}} = \begin{cases} 1, & \text{ЕСЛИ } \text{ЧП}_i > \text{ЧП}_{i-1}, \\ 0, & \text{в других случаях.} \end{cases} \quad (6)$$

Таким образом, риск неисполнения обязательств компаний России на биржевом рынке снижается, если чистая прибыль компании в отчетном году ЧП_i превышает чистую прибыль компании в предыдущем периоде ЧП_{i-1} .

Значение комплексного логического индикатора обеспеченности заемных средств выручкой от продаж $k_{\text{клп}}$ рассчитывается по формуле

$$k_{\text{клп}} = \begin{cases} 1, & \text{ЕСЛИ } (СК_i > ЗК_i) \text{ OR } (B_i > ЗК_i), \\ 0, & \text{в других случаях.} \end{cases} \quad (7)$$

Таким образом, риск неисполнения финансовых обязательств компаний России по облигациям снижается, если собственный капитал отчетного года $СК_i$ превышает заемный капитал отчетного года $ЗК_i$ или выручка компании отчетного B_i превышает заемный капитал компании отчетного $ЗК_i$. Превышение заемного капитала $ЗК_i$ над собственным капиталом $СК_i$ является индикатором финансовой неустойчивости компании. Однако превышение заемного капитала $ЗК_i$ над собственным капиталом $СК_i$ не приводит к значительному снижению финансовой устойчивости компании, если заемные средства компании $ЗК_i$ финансируются за счет выручки компании B_i .

Риск неисполнения финансовых обязательств компаний России по облигациям увеличивается при увеличении значения индикатора динамики процентов к уплате

$$\Delta\% \text{Проц} = \frac{\text{Проц}_i - \text{Проц}_{i-1}}{\text{Проц}_{i-1}}. \quad (8)$$

Таким образом, увеличение суммы процентов к уплате Проц является индикатором снижения финансовой устойчивости компании.

Отметим, что коэффициент динамики выручки от продаж $\Delta\%B$, коэффициент динамики процентов к уплате $\Delta\%Проц$, агрегированный коэффициент рентабельности краткосрочных обязательств за 2 года работы компании $R_{ЧП}^{КО}$ используются также при оценке исследуемого риска с помощью logit-модели, разработанной нами в 2018 году [1].

Разработанная logit-модель (1) применяется к оценке финансовой устойчивости компании ООО «ИТК Оптима» [5], не исполнившей финансовые обязательства по облигациям в 2022 г. Основным видом деятельности компании является производство стеклотары. Компания не уплатила проценты по облигациям 2.08.2022 г. (код ценных бумаг ISIN RU000A102AK9). Горизонтом прогнозирования разработанной logit-модели (1) является 1 год, поэтому проводится анализ финансовой устойчивости компании на 31.12.2021 г.

Факторы финансовой устойчивости, характеризующие работу компании на 31.12.2021 г. и 31.12.20220 г., приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Факторы финансовой устойчивости, характеризующие работу компании на 31.12.2021 г. и 31.12.20220 г.

Фактор финансовой устойчивости компании, тыс. руб.	31.12.2021 г.	31.12.2020 г.
Активы, А	251129	233662
Внеоборотные активы, ВА	68953	81253
Дебиторская задолженность, ДЗ	110312	79787
Оборотные активы, ОА	182176	152409
Собственный капитал, СК	30836	57813
Долгосрочные обязательства, ДЗ	117530	108546
Краткосрочные обязательства, КО	102764	67302

Факторы финансовой устойчивости, характеризующие работу компании в 2021 г. и 2020 г., приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Факторы финансовой устойчивости, характеризующие работу компании в 2021 г. и 2020 г.

Фактор финансовой устойчивости компании, тыс. руб.	2021 г.	2020 г.
Выручка, В	149642	194728
Себестоимость продукции, С	112119	137492
Проценты к уплате, Проц	4298	9652
Коммерческие расходы, КР	35459	29897
Чистая прибыль, ЧП	1322	6284

Величина активов А компании на 31.12.2021 г. превышает величину активов компании на 31.12.2020 г. Однако увеличение активов А определяется увеличением краткосрочных обязательств КО за исследуемый период на 35462 тыс. руб., до 102764 тыс. руб.; собственный капитал СК компании уменьшился на 26977 тыс. руб. Выручка В компании в 2021 году уменьшилась на 45086 тыс. руб. в сравнении с 2020 г., до 149642 тыс. руб. Коммерческие расходы КР увеличились на 5562 тыс. руб. Деятельность компании в 2021 году прибыльна, однако чистая прибыль компании ЧП в 2021 г. уменьшилась на 4962 тыс. руб., до 1322 тыс. руб.

Результатом применения разработанной logit-модели (1) является оценка риска неисполнения обязательств компании в 2022 г. $R = 0,71 = 71\%$. Таким образом, ООО «ИТК «Оптима» характеризуется значительным риском неисполнения финансовых обязательств по облигациям в 2022 г. Как отмечалось ранее, компания действительно не исполнила финансовые обязательства по облигациям в 2022 г.

Заключение

Таким образом, разработана logit-модель оценки риска неисполнения финансовых обязательств по облигациям, включающая переменные, характеризующие финансовую устойчивость компании в отчетном году и году, предшествующем отчетному; переменные, характеризующие динамику уровня финансовой устойчивости компании, а также логические переменные. Согласно полученным данным, с помощью разработанной модели можно достоверно прогнозировать риск неисполнения обязательств по облигациям 85% анализируемых компаний.

Список литературы:

1. Дуплякин, В.М. Статистическая оценка риска неисполнения обязательств компаний по облигациям на примере ПАО «Соломенский лесозавод» / В.М. Дуплякин, М.А. Болдырев // Прикладная математика и вопросы управления. – 2019. – №3. – С. 161 – 179.
2. Официальный сайт ПАО «Московская биржа» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://moex.com/> (дата обращения: 11.07.2022 г.).
3. Рублева, Г.В. Математическая статистика: статистические критерии проверки гипотез. Учебно-методическое пособие для студентов очной формы обучения технических и инженерных специальностей / Г.В. Рублева. – Тюмень: Издательство Тюменского государственного университета, 2014. – 50 с.
4. Калинина, В.Н. Теория вероятностей и математическая статистика. Компьютерно-ориентированный курс: учеб. пособие для вузов / В.Н. Калинина. – М.: Дрофа, 2008. – 471 с.
5. Официальный сайт ООО «ИТК «Оптима» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://optima-ies.com/> (дата обращения: 11.07.2022 г.).

References:

1. Duplyakin, V.M. Statistical assessment of the risk of default on bonds on the example of PJSC "Solomensky Lesozavod" / V.M. Duplyakin, M.A. Boldyrev // Applied mathematics and control sciences. – 2019. – №3. – P.p. 161 – 179.
2. Official website of PJSC "Moscow Exchange" [Electronic resource]. – Access mode: <http://moex.com/> (date of access: 07.11.2022).

3. Rubleva, G.V. Mathematical statistics: statistical criteria for testing hypotheses. Tutorial for full-time students of technical and engineering specialties/ G.V. Rublev. - Tyumen: Tyumen State University Publishing House, 2014. - 50 p.
4. Kalinina, V.N. Theory of Probability and Mathematical Statistics. Computer-oriented course: tutorial for universities / V.N. Kalinina. - M.: Drofa, 2008. - 471 p.
5. Official website of PJSC "Optima" [Electronic resource]. - Access mode: <http://optima-iec.com/> (date of access: 07.11.2022).