

прикладі, рішення якого відомо. Показано, що урахування перегородок приводить до істотної зміни раціональних геометричних параметрів резонатора.

Ключові слова: *плазмотрон, фокусуєча система, циліндричний резонатор, електромагнітна хвиля, критична довжина хвилі*

Investigations were carried out and analytical expressions for determining of the parameters of the focusing system of microwave plasma torch and the geometric parameters of a cylindrical cavity taking into account dielec-

tric conductivity of partitions were obtained. Proposed analytical dependencies were checked on the test case, solution of which is known. It is shown that the inclusion of barriers leads to a significant change of Geometrical Parameters of the resonator.

Keywords: *plasma generator, focusing system, cylindrical cavity, electromagnetic wave, critical wavelength*

Рекомендовано до публікації докт. техн. наук І.К. Младецьким. Дата надходження рукопису 04.03.11

УДК 621.181.662

А. Кровяк, д-р техн. наук

Главный Институт Горного Дела, г. Катовице, Польша,
e-mail: akrowiak@gig.katowice.pl

МЕТОД СОЗДАНИЯ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ ВАРИАНТНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ РЕНТАБЕЛЬНОСТИ ИНВЕСТИЦИОННОГО ПРОЕКТА НА ПРИМЕРЕ ПОДЗЕМНОЙ ГАЗИФИКАЦИИ КАМЕННОГО УГЛЯ

A. Krowiak, Dr. Sci. (Tech.)

Central Mining Institute, Kratowice, Poland,
e-mail: akrowiak@gig.katowice.pl

METHOD OF CREATION OF DIGITAL MODEL OF VARIANT CALCULATIONS OF INVESTMENT PROJECT PROFITABILITY ON EXAMPLE OF HARD COAL UNDERGROUND GASIFICATION

Представлена цифровая модель, исходя из определения группы функций, позволяющих определить основные экономические показатели проекта на основании произвольно выбранных комбинаций исходных данных. Для построения модели были использованы функции линейной и нелинейной регрессии, выстраиваемые на основании выбранных пакетов данных.

Ключевые слова: *экономика, цифровые модели, анализ регрессии, инвестиционный проект, подземная газификация угля*

Введение. В данной статье представлен метод создания цифровой модели для расчета рентабельности проекта на примере процесса подземной газификации угля. Исходя из того, что темой данной статьи является построение модели, в ней мы не будем подробно описывать непосредственно технический и технологический проект процесса подземной газификации угля. В качестве исключения можно сказать, что указанный процесс будет осуществляться скважинным методом с поверхности земли, с дальнейшим приведением ссылок для заинтересованных читателей на предметную литературу [1].

Под цифровой моделью понимается определение группы функций, позволяющих определить основные экономические показатели проекта на основании произвольно выбранных комбинаций исходных данных. Для построения модели были использованы функции линейной и нелинейной регрессии, выстраиваемые на основании выбранных пакетов данных [2]. Для выполнения текущих расчетов был использован программный пакет СТАТИСТИКА, в. 9.0 (STATISTICA v.9.0) [3].

Терминология и понятия. Результатом применения модели является определение значений экономических показателей, пояснения которых приведены ниже:

NPV (Net Present Value) – *чистая текущая приведенная стоимость (чистый дисконтированный доход, ЧДД)* – является суммой приведённых к сегодняшнему дню дисконтированных значений потока платежей за отдельные периоды, охваченные анализом. Данное соотношение рассчитывается в злотых, с точностью до заданного временного отрезка, в пределах периода от начала до окончания реализации проекта. Отрицательное значение указанного показателя для данной дисконтной ставки R_d свидетельствует о нерентабельности проекта. Чем большим является его положительное значение, тем более рентабельным считается проект. Данный показатель определяет рентабельность всего проекта для заданной дисконтной ставки R_d .

NPVR – соотношение между *чистой текущей приведенной стоимостью (чистого дисконтированного дохода) / ЧДД/* и суммой дисконтированных инвестиционных затрат, связанных с началом реализации проекта. Рассчитывается в единицах (зл. / зл). Отображает соотношение между полученной прибылью и денежными затратами для реализации всего

проекта. Значения ЧДД определяются для заданных значений дисконтной ставки R_d . Отрицательные значения свидетельствуют о нерентабельности проекта для данной дисконтной ставки R_d .

IRR (Intrernal Return Rate) – внутренняя ставка окупаемости (BCO) для данного инвестиционного проекта. Рассчитывается для всего проекта в целом отрезке времени, охваченным анализом. Отрицательное значение, с учетом принятых исходных данных, свидетельствует о нерентабельности проекта.

Коэффициент рентабельности (КР), постоянный – определяется на основании отношения полученной прибыли к суммарным инвестиционным затратам и проектным издержкам. Для его расчета используются фактические значения указанных показателей, определяемые в отдельных периодах, охваченных анализом. Значение, составляющее менее 1, свидетельствует о том, что, при принятых исходных данных, проект является нерентабельным.

Коэффициент рентабельности (КР), дисконтированный – определяется на основании соотношения дисконтированной прибыли, суммарных дисконтированных инвестиционных затрат и проектных издержек.

R_d – дисконтная ставка. Определяет ожидания потенциального инвестора касательно доходности от капитала, инвестируемого в данный проект. В расчет принимаются следующие дисконтные ставки: $R_d = 0,05$; $R_d = 0,08$; $R_d = 0,10$ и $R_d = 0,12$. Принимается, что проект является рентабельным в случае, ес-

ли фактическая дисконтная ставка рентабельности проекта превышает принятую ставку R_d .

Метод создания цифровой модели. Цифровая модель является вариантным анализом для определения пределов рентабельности в зависимости от изменяющихся исходных данных. В ней определены функции, описывающие итоговые экономические показатели в зависимости от изменяющихся исходных данных. Для анализируемого примера были приняты следующие исходные переменные данные: x – теплотворная способность газа; y – средний расход потребляемого газа в час; v – единичная цена продажи 1 ГДж энергии, содержащейся в газе; q – сумма всех инвестиционных затрат (зл).

Исходными значениями являются: ЧДД, СЧДД, BCO, КР (постоянный), КР (дисконтированный).

Построение цифровой модели осуществляется в несколько этапов, описанных ниже.

ЭТАП 1: Построение базовой модели. Базовая модель является связанной между собой функциями системой таблиц, выполненной в соответствии со стандартами ЮНИДО [4]. В данной статье показана итоговая таблица указанной модели (Таблица 1). Результаты, приведенные в таблице 1, определены на основании заданных значений исходных данных: все инвестиционные затраты – 76 065 565 (зл); единичная цена газа – 20 (зл / ГДж); расход газа – 80 000 ($m^3_H / час$); теплотворная способность газа – 4,5 (ГДж / 1000 m^3).

Таблица 1

Значения ЧДД, СЧДД, BCO, КР (постоянного), КР (дисконтированного) для базовой версии

| Показатели | год-1 | год-2 | год-3 | год-16 |
|--|-----------------|--------------------|-------------------|------------------|
| Поступления | 0 | 0 | 70 080 000 | 0 |
| Операционные издержки + подоходный налог | 0 | 20 000 000 | 32 042 379 | 5 501 708 |
| Суммарные инвестиционные затраты | 710 000 | 75 335 565 | 20 000 | -15 057 113 |
| Денежные потоки (1)-(2)-(3) | -710 000 | -95 335 565 | 38 017 621 | 9 555 405 |
| Коэффициент дисконтирования для $R_d = 0,05$ | 1,0000 | 0,9524 | 0,9070 | 0,4810 |
| Дисконтированные денежные потоки | -710 000 | -90 795 776 | 34 483 103 | 4 596 313 |
| Дисконтированные инвестиционные затраты | 710 000 | 71 748 157 | 18 141 | -7 242 729 |
| ЧДД | -710 000 | -91 505 776 | -57 022 673 | 265 274 703 |
| СЧДД | -1,0000 | -1,2629 | -0,7868 | 4,0665 |
| КР (дисконтированный) | 0,0000 | 0,0000 | 0,5271 | 1,7335 |
| Коэффициент дисконтирования для $R_d = 0,08$ | 1,0000 | 0,9259 | 0,8573 | 0,3152 |
| Дисконтированные денежные потоки | -710 000 | -88 273 671 | 32 593 982 | 3 012 262 |
| Дисконтированные инвестиционные затраты | 710 000 | 69 755 153 | 17 147 | -4 746 630 |
| ЧДД | -710 000 | -88 983 671 | -56 389 689 | 201 066 972 |
| СЧДД | -1,0000 | -1,2628 | -0,8001 | 3,0587 |
| КР (дисконтированный) | 0,0000 | 0,0000 | 0,5159 | 1,6449 |
| Коэффициент дисконтирования для $R_d = 0,1$ | 1,0000 | 0,9091 | 0,8264 | 0,2394 |
| Дисконтированные денежные потоки | -710 000 | -86 668 695 | 31 419 522 | 2 287 488 |
| Дисконтированные инвестиционные затраты | 710 000 | 68 486 877 | 16 529 | -3 604 553 |
| ЧДД | -710 000 | -87 378 695 | -55 959 174 | 167 633 794 |
| СЧДД | -1,0000 | -1,2628 | -0,8085 | 2,5550 |
| КР (дисконтированный) | 0,0000 | 0,0000 | 0,5086 | 1,5884 |
| Коэффициент дисконтирования для $R_d = 0,12$ | 1,0000 | 0,8929 | 0,7972 | 0,1827 |
| Дисконтированные денежные потоки | -710 000 | -85 121 040 | 30 307 415 | 1 745 737 |
| Дисконтированные инвестиционные затраты | 710 000 | 67 263 897 | 15 944 | -2 750 878 |
| ЧДД | -710 000 | -85 831 040 | -55 523 625 | 139 924 040 |
| СЧДД | -1,0000 | -1,2627 | -0,8166 | 2,1448 |
| КР (дисконтированный) | 0,0000 | 0,0000 | 0,5015 | 1,5340 |
| КР (постоянный) | 0,0000 | 0,0000 | 0,5470 | 1,8901 |
| BCO, % | | | | 39,45% |

ЭТАП 2: Сравнительные таблицы. Отдельные значения, отображенные в сравнительных таблицах, были получены путем задания в базовой версии различных комбинаций исходных переменных и переноса итоговых значений из таблицы 1 для последнего года функционирования проекта. Отдельные поля в сравнительных таблицах отмечены светлым и темным фоном. Светлый фон обозначает, что проект является рентабельным при заданных исходных параметрах. Темный фон свидетельствует о нерентабельности проекта. Таблица 2 является примером сравнительной таблицы для параметров ЧДД, СЧДД, ВСО, КР (постоянный), КР (дисконтированный).

В рассчитанном примере, в сравнительной таблице, определен диапазон изменяемости значения теплотворной способности в пределах от 5,0 до 3,6 (ГДж/1000 м³_н), с шагом 0,2 (ГДж/1000 м³_н) и диапазон изменяемости расхода газа в пределах от 80 000 до 50 000 (м³_н/ час), с шагом 5 000 (м³_н/час). Также были рассчитаны итоговые экономические показатели для дисконтной ставки: $R_d = 0,05$; $R_d = 0,08$; $R_d = 0,10$ и $R_d = 0,12$.

В рамках построения цифровой модели, необходимо подготовить большое количество таких сравнительных таблиц (много версий), задавая различные варианты исходных переменных.

Таблица 2

Пример сравнительной таблицы для параметров ЧДД, СЧДД, ВСО, КР (постоянного), КР (дисконтированного)

| Теплотворная способность газа [ГДж/1000 м ³ _н] | Расход газа [м ³ _н /час] | | | | | | |
|---|--|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | 80 000 | 75 000 | 70 000 | 65 000 | 60 000 | 55 000 | 50 000 |
| ЧДД | | | | | | | |
| R_d = 0,05 | | | | | | | |
| 5,00 | 265 274 703 | 234 015 168 | 202 755 633 | 171 496 098 | 140 236 563 | 108 977 028 | 77 717 493 |
| 4,80 | 244 961 397 | 214 971 443 | 184 981 490 | 154 991 537 | 125 001 583 | 95 011 630 | 65 021 677 |
| 3,60 | 123 081 558 | 100 709 095 | 78 336 632 | 55 964 168 | 33 591 705 | 11 219 241 | -11 153 222 |
| R_d = 0,12 | | | | | | | |
| 5,00 | 139 924 040 | 119 884 028 | 99 844 016 | 79 804 004 | 59 763 992 | 39 723 980 | 19 683 968 |
| 3,60 | 48 766 179 | 34 423 534 | 20 080 888 | 5 738 242 | -8 604 404 | -22 947 049 | -37 289 695 |
| СЧДД | | | | | | | |
| R_d = 0,05 | | | | | | | |
| 5,00 | 4,067 | 3,587 | 3,108 | 2,629 | 2,150 | 1,671 | 1,191 |
| 3,60 | 1,887 | 1,544 | 1,201 | 0,858 | 0,515 | 0,172 | -0,171 |
| R_d = 0,12 | | | | | | | |
| 5,00 | 2,145 | 1,838 | 1,530 | 1,223 | 0,916 | 0,609 | 0,302 |
| 3,60 | 0,748 | 0,528 | 0,308 | 0,088 | -0,132 | -0,352 | -0,572 |
| ВСО | | | | | | | |
| 5,00 | 39,45% | 35,73% | 31,98% | 28,18% | 24,30% | 20,33% | 16,22% |
| 3,60 | 22,13% | 19,25% | 16,30% | 13,25% | 10,08% | 6,75% | 3,20% |
| КР (постоянный) | | | | | | | |
| 5,00 | 1,890 | 1,815 | 1,737 | 1,654 | 1,567 | 1,476 | 1,379 |
| 3,60 | 1,513 | 1,447 | 1,378 | 1,306 | 1,231 | 1,153 | 1,071 |
| КР (дисконтированный) | | | | | | | |
| R_d = 0,05 | | | | | | | |
| 5,00 | 1,734 | 1,661 | 1,586 | 1,508 | 1,427 | 1,343 | 1,257 |
| 3,60 | 1,375 | 1,313 | 1,247 | 1,179 | 1,108 | 1,034 | 0,957 |
| R_d = 0,12 | | | | | | | |
| 5,00 | 1,534 | 1,466 | 1,396 | 1,324 | 1,249 | 1,172 | 1,092 |
| 3,60 | 1,203 | 1,146 | 1,086 | 1,024 | 0,960 | 0,893 | 0,824 |

ЭТАП 3: Функция нулевых значений ЧДД для переменной y – расход газа. Пример определения параметров указанных функций приведен в таблице 3.

На основании пакета данных, в отдельных колонках таблицы 2 были определены линейные функции с зависимостью: $ЧДД(x) = a_1 * x + b$. В случае присваивания данным функциям значения 0, мы получаем линейное уравнение, позволяющее определить про-

межуточные значения переменной x , приводящие в результате к итоговому значению ЧДД = 0. С учетом множества данных промежуточных значений, мы построили нелинейную функцию регрессии с зависимостью: $x = a_1 * y^2 + a_2 * y + b$, позволяющую определить значения x (теплотворная способность газа) на основании произвольных значений y (расход газа) для нулевых значений ЧДД.

Таблица 3

Параметры функции ЧДД в зависимости от изменения теплотворной способности газа

| Описание | Расход газа, м ³ /час | | | | | | |
|--|----------------------------------|--------------|-----------------------|--------------|-----------------------|--------------|-----------------------|
| | 80 000 | 75 000 | 70 000 | 65 000 | 60 000 | 55 000 | 50 000 |
| Непрерывная функция значения ЧДД(x) = a₁*x + b, где x – теплотворная способность газа | | | | | | | |
| R_d = 0,05 | | | | | | | |
| a ₁ = | 111 723 185 | 104 740 486 | 97 757 787 | 90 775 088 | 83 792 389 | 76 809 690 | 69 826 991 |
| b = | -242 557 956 | -242 077 950 | -241 597 944 | -241 117 938 | -240 637 931 | -240 157 925 | -239 677 919 |
| R_d = 0,08 | | | | | | | |
| a ₁ = | 91 392 942 | 85 680 883 | 79 968 824 | 74 256 765 | 68 544 706 | 62 832 647 | 57 120 588 |
| b = | -214 355 492 | -213 962 832 | -213 570 172 | -213 177 513 | -212 784 853 | -212 392 194 | -211 999 534 |
| R_d = 0,10 | | | | | | | |
| a ₁ = | 80 644 119 | 75 603 862 | 70 563 604 | 65 523 347 | 60 483 089 | 55 442 832 | 50 402 574 |
| b = | -198 930 382 | -198 583 904 | -198 237 425 | -197 890 947 | -197 544 468 | -197 197 990 | -196 851 511 |
| R_d = 0,12 | | | | | | | |
| a ₁ = | 71 624 033 | 67 147 531 | 62 671 029 | 58 194 527 | 53 718 025 | 49 241 523 | 44 765 020 |
| b = | -185 639 747 | -185 332 022 | -185 024 298 | -184 716 573 | -184 408 848 | -184 101 124 | -183 793 399 |
| Промежуточные значения x для ЧДД = 0, где x – теплотворная способность газа | | | | | | | |
| dla R _d = 0,05 x = | 2,1711 | 2,3112 | 2,4714 | 2,6562 | 2,8718 | 3,1267 | 3,4325 |
| dla R _d = 0,08 x = | 2,3454 | 2,4972 | 2,6707 | 2,8708 | 3,1043 | 3,3803 | 3,7114 |
| dla R _d = 0,10 x = | 2,4668 | 2,6266 | 2,8093 | 3,0202 | 3,2661 | 3,5568 | 3,9056 |
| dla R _d = 0,12 x = | 2,5919 | 2,7601 | 2,9523 | 3,1741 | 3,4329 | 3,7387 | 4,1057 |
| Непрерывная функция значения x для ЧДД=0 x = a₁*y² + a₂*y+b, где y - расход газа | | | | | | | |
| | R _d = 0,05 | | R _d = 0,08 | | R _d = 0,10 | | R _d = 0,12 |
| a ₁ = | 6,49070E-10 | | 7,02900E-10 | | 7,40400E-10 | | 7,78990E-10 |
| a ₂ = | -1,25918E-04 | | -1,36362E-04 | | -1,43629E-04 | | -1,51122E-04 |
| b = | 8,09760E+00 | | 8,76349E+00 | | 9,22690E+00 | | 9,70464E+00 |

ЭТАП 4: Функция нулевых значений ЧДД для переменной x – теплотворная способность газа. Пример определения параметров указанных функций приведен в таблице 4.

На основании пакета данных, в отдельных колонках таблицы 2 были определены линейные функции с зависимостью: ЧДД(x) = a₁* y + b. В случае присваивания данным функциям значения 0, мы получаем линейное

уравнение, позволяющее определить промежуточные значения переменной y, приводящие в результате к итоговому значению ЧДД = 0. С учетом множества данных промежуточных значений, мы выстроили нелинейную функцию регрессии с зависимостью: x = a₁*x² + a₂*x + b, позволяющую определить значения y (расход газа) на основании произвольных значений x (теплотворная способность газа) для нулевых значений ЧДД.

Таблица 4

Параметры функции ЧДД в зависимости от изменения расхода газа

| Описание | Теплотворная способность газа, ГДж/1000 м ³ н | | | | | | | |
|--|--|-------------|-----------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------------------|-------------|
| | 5,00 | 4,80 | 4,60 | 4,40 | 4,20 | 4,00 | 3,80 | 3,60 |
| Непрерывная функция значения ЧДД(y) = a₁*y + b, где y - расхода газа | | | | | | | | |
| R_d = 0,05 | | | | | | | | |
| a ₁ = | 6 887 | 6 607 | 6 328 | 6 049 | 5 769 | 5 490 | 5 211 | 4 932 |
| b = | -234 877857 | -234 877857 | -234 877857 | -234 87757 | -234 877857 | -234 877857 | -234 877857 | -234 877857 |
| R_d = 0,08 | | | | | | | | |
| a ₁ = | 5 634 | 5 405 | 5 177 | 4 948 | 4 720 | 4 491 | 4 263 | 4 034 |
| b = | -208 072938 | -208 072938 | -208 072938 | -208 072938 | -208 072938 | -208 072938 | -208 072938 | -208 072938 |
| R_d = 0,10 | | | | | | | | |
| a ₁ = | 4 971 | 4 769 | 4 568 | 4 366 | 4 165 | 3 963 | 3 761 | 3 560 |
| b = | -193 386727 | -193 386727 | -193 386727 | -193 386727 | -193 386727 | -193 386727 | -193 386727 | -193 386727 |
| R_d = 0,12 | | | | | | | | |
| a ₁ = | 4 415 | 4 236 | 4 057 | 3 878 | 3 699 | 3 520 | 3 341 | 3 162 |
| b = | -180 716152 | -180 716152 | -180 716152 | -180 716152 | -180 716152 | -180 716152 | -180 716152 | -180 716152 |
| Промежуточные значения y для ЧДД = 0, где y - расхода газа | | | | | | | | |
| dla R _d = 0,05 y = | 34 106 | 35 548 | 37 117 | 38 831 | 40 711 | 42 782 | 45 075 | 47 628 |
| dla R _d = 0,08 y = | 36 935 | 38 496 | 40 195 | 42 051 | 44 087 | 46 330 | 48 813 | 51 578 |
| dla R _d = 0,10 y = | 38 903 | 40 548 | 42 337 | 44 292 | 46 437 | 48 799 | 51 415 | 54 327 |
| dla R _d = 0,12 y = | 40 933 | 42 663 | 44 546 | 46 603 | 48 859 | 51 345 | 54 097 | 57 161 |
| Непрерывная функция значения y для ЧДД = 0 y = a₁*x² + a₂*x+b, где x – теплотворная способность газа | | | | | | | | |
| | R _d = 0,05 | | R _d = 0,08 | | R _d = 0,10 | | R _d = 0,12 | |
| a ₁ = | 2,285300E+03 | | 2,474900E+03 | | 2,606800E+03 | | 2,742800E+03 | |
| a ₂ = | -2,924680E+04 | | -3,167250E+04 | | -3,336080E+04 | | -3,510080E+04 | |
| b = | 1,232499E+05 | | 1,334722E+05 | | 1,405859E+05 | | 1,479197E+05 | |

ЭТАП 5: Функция нулевых значений ВСО для переменной y – расход газа. Пример определения параметров указанных функций приведен в таблице 5.

На основании пакета данных, в отдельных колонках таблицы 2 были определены линейные функции с зависимостью: $ВСО(x) = a_1 * x^2 + a_2 * x + b$. В случае присвоения данным функциям значения 0, мы получаем линейное уравнение, позволяющее определить

промежуточные значения переменной x , приводящие в результате к итоговому значению $ВСО = 0$. С учетом множества данных промежуточных значений, мы выстроили нелинейную функцию регрессии с зависимостью: $x = a_1 * y^2 + a_2 * y + b$, позволяющую определить значения x (теплотворная способность газа) на основании произвольных значений y (расход газа) для нулевых значений ВСО.

Таблица 5

Параметры функции ВСО в зависимости от изменения теплотворной способности газа

| Описание | Расход газа, $m^3/час$ | | | | | | |
|---|------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | 80 000 | 75 000 | 70 000 | 65 000 | 60 000 | 55 000 | 50 000 |
| Непрерывная функция значения ВСО(x) = $a_1 * x^2 + a_2 * x + b$, где x – теплотворная способность газа | | | | | | | |
| $a_1 =$ | -4,07300E-03 | -4,07300E-03 | -4,07300E-03 | -4,07300E-03 | -4,07300E-03 | -4,07300E-03 | -4,07300E-03 |
| $a_2 =$ | 1,67989E-01 | 1,61859E-01 | 1,55728E-01 | 1,49598E-01 | 1,43467E-01 | 1,37337E-01 | 1,31207E-01 |
| $b =$ | -2,84790E-01 | -2,93562E-01 | -3,03195E-01 | -3,13689E-01 | -3,25044E-01 | -3,37261E-01 | -3,50339E-01 |
| Промежуточные значения x для ВСО = 0, где x – теплотворная способность газа | | | | | | | |
| $x =$ | 1,771 | 1,905 | 2,058 | 2,233 | 2,434 | 2,667 | 2,938 |
| Непрерывная функция значения x для ВСО = 0 $x = a_1 * y^2 + a_2 * y + b$, где y – расход газа | | | | | | | |
| $a_1 =$ | 5,440000E-10 | | | | | | |
| $a_2 =$ | -1,092930E-04 | | | | | | |
| $b =$ | 7,037510E+00 | | | | | | |

ЭТАП 6: Функция нулевых значений ВСО для переменной x – теплотворная способность газа. Пример определения параметров указанных функций приведен в таблице 6.

На основании пакета данных, в отдельных колонках таблицы 2 были определены линейные функции с зависимостью: $ВСО(x) = a_1 * y^2 + a_2 * y + b$. В случае присваивания данным функциям значения 0, мы получаем линейное уравнение, позво-

ляющее определить промежуточные значения переменной y , приводящие в результате к итоговому значению $ВСО = 0$. С учетом множества данных промежуточных значений, мы выстроили нелинейную функцию регрессии с зависимостью: $y = a_1 * x^2 + a_2 * x + b$, позволяющую определить значения y (расход газа) на основании произвольных значений x (теплотворная способность газа) для нулевых значений ВСО.

Таблица 6

Параметры функции ВСО в зависимости от изменения расхода газа

| Описание | Теплотворная способность газа, $ГДж/1000 m^3_N$ | | | | | | | |
|---|---|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | 5,00 | 4,80 | 4,60 | 4,40 | 4,20 | 4,00 | 3,80 | 3,60 |
| Непрерывная функция значения ВСО (y) = $a_1 * y + b$, где y – расход газа | | | | | | | | |
| $a_1 =$ | -1,72200E-11 | -1,72200E-11 | -1,72200E-11 | -1,72200E-11 | -1,72200E-11 | -1,72200E-11 | -1,72200E-11 | -1,72200E-11 |
| $a_2 =$ | 1,05543E-05 | 1,03091E-05 | 1,00639E-05 | 9,81870E-06 | 9,57350E-06 | 9,32830E-06 | 9,08030E-06 | 8,83780E-06 |
| $b =$ | -2,80786E-01 | -2,86784E-01 | -2,93108E-01 | -2,99757E-01 | -3,06732E-01 | -3,14033E-01 | -3,21660E-01 | -3,29613E-01 |
| Промежуточные значения y для ВСО = 0, где y – расход газа | | | | | | | | |
| $y =$ | 27 871 | 29 247 | 30 742 | 32 366 | 34 136 | 36 066 | 38 190 | 40 490 |
| Непрерывная функция значения y для ВСО = 0 $y = a_1 * x^2 + a_2 * x + b$, где x – теплотворная способность газа | | | | | | | | |
| $a_1 =$ | 1,939800E+03 | | | | | | | |
| $a_2 =$ | -2,565770E+04 | | | | | | | |
| $b =$ | 1,076920E+05 | | | | | | | |

ЭТАП 7: Непрерывные функции ЧДД, СЧДД, ВСО, КР (постоянного), КР (дисконтированного) в зависимости от переменных x – теплотворная способность газа и y – расход газа. Пример определения параметров указанных функций в таблице 7.

Поочередно, для показателей ЧДД, СЧДД, ВСО, КР (постоянного), КР (дисконтированного), на основании пакетов данных для всех комбинаций x и y в таблице 2 для принятого значения R_d , были опре-

делены нелинейные функции с зависимостью $F(x,y) = a_1 * x^2 + a_2 * x + a_3 * y^2 + a_4 * y + a_5 * x * y + b$. Данные функции позволяют рассчитать значения ЧДД, СЧДД, ВСО, КР (постоянного), КР (дисконтированного) для произвольной комбинации переменных x и y с учетом того, что остальные значения исходных данных должны соответствовать принятым параметрам, заданным в отдельных версиях.

Параметры функции ЧДД, СЧДД, ВСО, КР (постоянного), КР (дисконтированного) в зависимости от тепло-творной способности и расхода газа

| Непрерывная функция значения ЧДД(x,y) = $a_1 \cdot x^2 + a_2 \cdot x + a_3 \cdot y^2 + a_4 \cdot y + a_5 \cdot x \cdot y + b$, где: x – теплотворная способность газа; y – расход газа | | | | | |
|---|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | $R_d = 0,05$ | $R_d = 0,08$ | $R_d = 0,10$ | $R_d = 0,12$ | |
| $a_1 =$ | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| $a_2 =$ | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| $a_3 =$ | -9,6001200E+01 | -7,8531900E+01 | -6,9295700E+01 | -6,2000000E+01 | |
| $a_4 =$ | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| $a_5 =$ | 1,2695816E+03 | 1,0385562E+03 | 9,1641040E+02 | 8,1390950E+02 | |
| $b =$ | -2,3487786E+08 | -2,0807294E+08 | -1,9338673E+08 | -1,8071615E+08 | |
| Непрерывная функция значения СЧДД (x,y) = $a_1 \cdot x^2 + a_2 \cdot x + a_3 \cdot y^2 + a_4 \cdot y + a_5 \cdot x \cdot y + b$, где: x – теплотворная способность газа; y – расход газа | | | | | |
| | $R_d = 0,05$ | $R_d = 0,08$ | $R_d = 0,10$ | $R_d = 0,12$ | |
| $a_1 =$ | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| $a_2 =$ | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| $a_3 =$ | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| $a_4 =$ | -1,472000E-06 | -1,195000E-06 | -1,056000E-06 | -9,430000E-07 | |
| $a_5 =$ | 1,946200E-05 | 1,579900E-05 | 1,396800E-05 | 1,247600E-05 | |
| $b =$ | -3,600570E+00 | -3,165300E+00 | -2,947570E+00 | -2,770060E+00 | |
| Непрерывная функция значения ВСО(x,y) = $a_1 \cdot x^2 + a_2 \cdot x + a_3 \cdot y^2 + a_4 \cdot y + a_5 \cdot x \cdot y + b$, где: x – теплотворная способность газа; y – расход газа | | | | | |
| $a_1 =$ | -4,712000E-03 | $a_2 =$ | 8,0681000E-02 | $a_3 =$ | -2,031000E-11 |
| $a_4 =$ | 5,181000E-06 | $a_5 =$ | 1,0314000E-06 | $b =$ | -5,8955800E-01 |
| Непрерывная функция значения КР (постоянного)(x,y) = $a_1 \cdot x^2 + a_2 \cdot x + a_3 \cdot y^2 + a_4 \cdot y + a_5 \cdot x \cdot y + b$, где: x – теплотворная способность газа; y – расход газа | | | | | |
| $a_1 =$ | -1,627000E-02 | $a_2 =$ | 2,7966900E-01 | $a_3 =$ | -7,472000E-11 |
| $a_4 =$ | 1,8574600E-05 | $a_5 =$ | 1,6460000E-06 | $b =$ | -7,6529400E-01 |
| Непрерывная функция значения КР (дисконтированного)(x,y) = $a_1 \cdot x^2 + a_2 \cdot x + a_3 \cdot y^2 + a_4 \cdot y + a_5 \cdot x \cdot y + b$, где: x – теплотворная способность газа; y – расход газа | | | | | |
| | $R_d = 0,05$ | $R_d = 0,08$ | $R_d = 0,10$ | $R_d = 0,12$ | |
| $a_1 =$ | -1,646790E-02 | -1,503894E-02 | -1,414672E-02 | -1,330435E-02 | |
| $a_2 =$ | 2,854946E-01 | 2,608677E-01 | 2,454753E-01 | 2,309325E-01 | |
| $a_3 =$ | -5,625021E-11 | -5,151293E-11 | -4,854045E-11 | -4,572409E-11 | |
| $a_4 =$ | 1,620636E-05 | 1,483762E-05 | 1,397908E-05 | 1,316586E-05 | |
| $a_5 =$ | 1,402827E-06 | 1,453765E-06 | 1,480683E-06 | 1,502329E-06 | |
| $b =$ | -7,796374E-01 | -7,220225E-01 | -6,849741E-01 | -6,492681E-01 | |

ЭТАП 8: Непрерывные функции ЧДД, СЧДД, ВСО, КР (постоянного), КР (дисконтированного) в зависимости от переменных x – теплотворная способность газа, y – расход газа и v – единичная цена газа. Пример определения параметров указанных функций приведен в таблице 8.

Поочередно, для показателей ЧДД, СЧДД, ВСО, КР (постоянного), КР (дисконтированного), на основании пакетов данных для всех комбинаций x и y в таблице 2 для принятого значения R_d , и соответственно для разных версий, учитывающих различные единичные цены на газ, были определены нелинейные функции с зависимостью: $F(x, y, v) = a_1 \cdot x^2 + a_2 \cdot x + a_3 \cdot y^2 + a_4 \cdot y + a_5 \cdot v^2 + a_6 \cdot v + a_7 \cdot x \cdot v + a_8 \cdot x \cdot y + a_9 \cdot y \cdot v + b$. Данные функции позволяют рассчитать значения ЧДД, СЧДД, ВСО, КР (постоянного), КР (дисконтированного) для произвольной комбинации переменных x , y и v – с учетом того, что остальные значения исходных данных должны соответствовать принятым параметрам, заданным в отдельных версиях.

ЭТАП 9: Непрерывные функции ЧДД, СЧДД, ВСО, КР (постоянного), КР (дисконтированного) в зависимости от переменных x – теплотворная способность газа, y – расход газа, v – единичная цена газа и q – суммы всех инвестиционных затрат. Пример определения параметров указанных функций приведен в таблице 9.

Поочередно, для показателей ЧДД, СЧДД, ВСО, КР (постоянного), КР (дисконтированного), на основании пакетов данных для всех комбинаций x и y в таблице 2, и данных во всех версиях по комбинациям x , y , v и q , были определены нелинейные функции с зависимостью: $F(x, y, v, q) = a_1 \cdot x^2 + a_2 \cdot x + a_3 \cdot y^2 + a_4 \cdot y + a_5 \cdot v^2 + a_6 \cdot v + a_7 \cdot q^2 + a_8 \cdot q + a_9 \cdot x \cdot v + a_{10} \cdot x \cdot y + a_{11} \cdot x \cdot q + a_{12} \cdot y \cdot v + a_{13} \cdot y \cdot q + a_{14} \cdot v \cdot q + b$. Данные функции позволяют рассчитать значения ЧДД и ВСО для произвольной комбинации переменных x , y , v и q с учетом того, что остальные значения исходных данных должны соответствовать принятым параметрам, заданным в отдельных версиях.

Параметры функции ЧДД, СЧДД, ВСО, КР (постоянного), КР (дисконтированного) в зависимости от теплотворной способности, расхода и единичной цены газа

| Непрерывная функция значения ЧДД (x,y,v) = a ₁ *x ² + a ₂ *x + a ₃ *y ² + a ₄ *y + a ₅ *v ² + a ₆ *v + a ₇ *x*y + a ₈ *x*v + a ₉ *y*v + b, | | | | | | | |
|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------|------------------|------------------|
| где: x – теплотворная способность газа; y – расход газа, v – единичная цена газа | | | | | | | |
| | R _d = 0,05 | R _d = 0,08 | R _d = 0,10 | R _d = 0,12 | | | |
| a ₁ = | 0 | 0 | 0 | 0 | | | |
| a ₂ = | -7,83966660E+07 | -6,41308240E+07 | -5,65883460E+07 | -5,02589090E+07 | | | |
| a ₃ = | 0 | 0 | 0 | 0 | | | |
| a ₄ = | -5,28224230E+03 | -4,32103380E+03 | -3,81283240E+03 | -3,38636510E+03 | | | |
| a ₅ = | 0 | 0 | 0 | 0 | | | |
| a ₆ = | -1,77424020E+07 | -1,45138190E+07 | -1,28068400E+07 | -1,13743820E+07 | | | |
| a ₇ = | 1,20610260E+03 | 9,86628300E+02 | 8,70589900E+02 | 7,73214000E+02 | | | |
| a ₈ = | 4,12614000E+06 | 3,37530700E+06 | 2,97833400E+06 | 2,64520600E+06 | | | |
| a ₉ = | 2,72960100E+02 | 2,23289600E+02 | 1,97028200E+02 | 1,74990500E+02 | | | |
| b = | 1,02227791E+08 | 6,76896500E+07 | 4,99431970E+07 | 3,53971320E+07 | | | |
| Непрерывная функция значения СЧДД (x,y,v) = a ₁ *x ² + a ₂ *x + a ₃ *y ² + a ₄ *y + a ₅ *v ² + a ₆ *v + a ₇ *x*y + a ₈ *x*v + a ₉ *y*v + b, | | | | | | | |
| где: x – теплотворная способность газа; y – расход газа, v – единичная цена газа | | | | | | | |
| | R _d = 0,05 | R _d = 0,08 | R _d = 0,10 | R _d = 0,12 | | | |
| a ₁ = | 0 | 0 | 0 | 0 | | | |
| a ₂ = | -1,20178412E+00 | -9,75586667E-01 | -8,62510806E-01 | -7,70381798E-01 | | | |
| a ₃ = | 0 | 0 | 0 | 0 | | | |
| a ₄ = | -8,09741760E-05 | -6,57334725E-05 | -5,81146014E-05 | -5,19070959E-05 | | | |
| a ₅ = | 0 | 0 | 0 | 0 | | | |
| a ₆ = | -2,71969678E-01 | -2,20790667E-01 | -1,95199814E-01 | -1,74349565E-01 | | | |
| a ₇ = | 1,84889863E-05 | 1,50090256E-05 | 1,32693970E-05 | 1,18520277E-05 | | | |
| a ₈ = | 6,32517956E-02 | 5,13466667E-02 | 4,53953056E-02 | 4,05464104E-02 | | | |
| a ₉ = | 4,18434266E-06 | 3,39677949E-06 | 3,00307406E-06 | 2,68230100E-06 | | | |
| b = | 1,56698539E+00 | 1,02972536E+00 | 7,61225854E-01 | 5,42576971E-01 | | | |
| Непрерывная функция значения ВСО (x,y,v) = a ₁ *x ² + a ₂ *x + a ₃ *y ² + a ₄ *y + a ₅ *v ² + a ₆ *v + a ₇ *x*y + a ₈ *x*v + a ₉ *y*v + b, | | | | | | | |
| где: x – теплотворная способность газа; y – расход газа, v – единичная цена газа | | | | | | | |
| a ₁ = | -5,123024335E-03 | a ₂ = | 2,69237784E-02 | a ₃ = | -2,214779754E-11 | a ₄ = | 1,624760191E-06 |
| a ₅ = | -2,6446321293E-04 | a ₆ = | 5,987809565E-03 | a ₇ = | 9,3013238839E-07 | a ₈ = | 3,2179889122E-03 |
| a ₉ = | 2,1292882350E-07 | b = | -6,50743739432E-01 | | | | |
| Непрерывная функция значения КР (дисконтированного)(x,y,v) = a ₁ *x ² + a ₂ *x + a ₃ *y ² + a ₄ *y + a ₅ *v ² + a ₆ *v + a ₇ *x*y + a ₈ *x*v + a ₉ *y*v + b, | | | | | | | |
| где: x – теплотворная способность газа; y – расход газа, v – единичная цена газа | | | | | | | |
| | R _d = 0,05 | R _d = 0,08 | R _d = 0,10 | R _d = 0,12 | | | |
| a ₁ = | -1,550446721E-02 | -1,412771424E-02 | -1,327092015E-02 | -1,246398601E-02 | | | |
| a ₂ = | 1,524026848E-01 | 1,270507837E-01 | 1,116544719E-01 | 9,744345207E-02 | | | |
| a ₃ = | -5,316911977E-11 | -4,858255925E-11 | -4,571448540E-11 | -4,300395209E-11 | | | |
| a ₄ = | 8,012373655E-06 | 6,559580357E-06 | 5,676503686E-06 | 4,861119347E-06 | | | |
| a ₅ = | 0 | 0 | 0 | 0 | | | |
| a ₆ = | -2,471994019E-04 | -3,071783488E-03 | -4,728480665E-03 | -6,212756279E-03 | | | |
| a ₇ = | 1,433811642E-06 | 1,476946818E-06 | 1,498923387E-06 | 1,515870514E-06 | | | |
| a ₈ = | 6,139618599E-03 | 6,223674701E-03 | 6,255168639E-03 | 6,269082695E-03 | | | |
| a ₉ = | 3,830104473E-07 | 3,898703751E-07 | 3,928386775E-07 | 3,946447562E-07 | | | |
| b = | -7,357121071E-01 | -6,253625466E-01 | -5,576396446E-01 | -4,946456625E-01 | | | |
| Непрерывная функция значения КР (постоянного) (x,y,v) = a ₁ *x ² + a ₂ *x + a ₃ *y ² + a ₄ *y + a ₅ *v ² + a ₆ *v + a ₇ *x*y + a ₈ *x*v + a ₉ *y*v + b, | | | | | | | |
| где: x – теплотворная способность газа; y – расход газа, v – единичная цена газа | | | | | | | |
| a ₁ = | -1,5276480358E-02 | a ₂ = | 1,5465960218E-01 | a ₃ = | -7,0437341878E-11 | a ₄ = | 1,0220017961E-05 |
| a ₅ = | -7,8363820578E-04 | a ₆ = | 3,49357721741E-02 | a ₇ = | 1,67248319065E-06 | a ₈ = | 5,6762632552E-03 |
| a ₉ = | 3,81934850843E-07 | b = | -1,0990803873E+00 | | | | |

Заключение. Представленный метод создания цифровой модели производственного процесса подходит для применения во всех типах бизнес-планов. Особенно такая модель является полезной при анализировании инвестиционных проектов, характеризующихся присутствием большой доли неточности исходных данных.

Приведенные в статье функции являются характерными исключительно для данного проекта. Для других инвестиционных проектов такие функции должны быть построены на основании приведенной методики. Схожесть функций, используемых в циф-

ровой модели, позволяет составлять сравнительные таблицы для произвольных комбинаций исходных данных (разумеется, в рамках технического и экономического обоснования).

Данная модель была разработана в рамках проекта № 585 / Н-УКРАИНА / 2009/0 „Описание условий строительства и определения технологических параметров и принципа эксплуатации генератора для подземной газификации угля в поверхностных пластах“, реализованного в рамках двустороннего научного сотрудничества Польши и Украины.

Таблиця 9

Параметри функції ЧДД і ВСО в залежності від теплотворної здатності, расхода, єдиної ціни газу і сумми всіх інвестиційних затрат

| Неперервна функція значення ЧДД $(x,y,v,q) = a_1 \cdot x^2 + a_2 \cdot x + a_3 \cdot y^2 + a_4 \cdot y + a_5 \cdot v^2 + a_6 \cdot v + a_7 \cdot q^2 + a_8 \cdot q + a_9 \cdot x \cdot y + a_{10} \cdot x \cdot v + a_{11} \cdot x \cdot q + a_{12} \cdot y \cdot v + a_{13} \cdot y \cdot q + a_{14} \cdot v \cdot q + b$, де: x – теплотворна здатність газу; y – расход газу, v – єдинична ціна газу, q – сума всіх інвестиційних затрат | | | | | | | | | |
|---|-------------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|------------|-------------------|------------|------------------|
| | $R_d = 0,05$ | $R_d = 0,08$ | $R_d = 0,10$ | $R_d = 0,12$ | | | | | |
| $a_1 =$ | -1,08709663E-06 | 3,37726971E-06 | -4,26224612E-06 | 1,3906302E-06 | | | | | |
| $a_2 =$ | -8,19333579E+07 | -6,70239622E+07 | -5,91412037E+07 | -5,2526228E+07 | | | | | |
| $a_3 =$ | 5,60355153E-14 | 2,10811674E-14 | 7,10350824E-15 | 1,4656511E-14 | | | | | |
| $a_4 =$ | -5,51620800E+03 | -4,51242479E+03 | -3,98171380E+03 | -3,5363569E+03 | | | | | |
| $a_5 =$ | -4,42111364E-02 | -7,77254456E-02 | 9,19713246E-02 | -5,6414822E-02 | | | | | |
| $a_6 =$ | -1,77424004E+07 | -1,45138167E+07 | -1,28068425E+07 | -1,1374381E+07 | | | | | |
| $a_7 =$ | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | |
| $a_8 =$ | -8,56177136E-01 | -8,62876862E-01 | -8,61213332E-01 | -8,5631736E-01 | | | | | |
| $a_9 =$ | 1,26051321E+03 | 1,03113790E+03 | 9,09864653E+02 | 8,0809583E+02 | | | | | |
| $a_{10} =$ | 4,12614034E+06 | 3,37530748E+06 | 2,97833397E+06 | 2,6452057E+06 | | | | | |
| $a_{11} =$ | -4,43471493E-09 | -9,64760280E-09 | 9,59013526E-09 | -7,1695052E-09 | | | | | |
| $a_{12} =$ | 2,72960053E+02 | 2,23289572E+02 | 1,97028247E+02 | 1,7499053E+02 | | | | | |
| $a_{13} =$ | -2,16572835E-13 | -7,10615194E-09 | 7,52119333E-13 | -6,3504477E-13 | | | | | |
| $a_{14} =$ | -1,91758089E-08 | -3,37174406E-08 | 3,98945808E-08 | -2,4469944E-08 | | | | | |
| $b =$ | 1,82561167E+08 | 1,45765292E+08 | 1,26429155E+08 | 1,1028287E+08 | | | | | |
| Неперервна функція значення ВСО $(x,y,v,q) = a_1 \cdot x^2 + a_2 \cdot x + a_3 \cdot y^2 + a_4 \cdot y + a_5 \cdot v^2 + a_6 \cdot v + a_7 \cdot q^2 + a_8 \cdot q + a_9 \cdot x \cdot y + a_{10} \cdot x \cdot v + a_{11} \cdot x \cdot q + a_{12} \cdot y \cdot v + a_{13} \cdot y \cdot q + a_{14} \cdot v \cdot q + b$, де: x – теплотворна здатність газу; y – расход газу, v – єдинична ціна газу, q – сума всіх інвестиційних затрат | | | | | | | | | |
| $a_1 =$ | -4,2216738434E-03 | $a_2 =$ | 5,340350029E-02 | $a_3 =$ | -1,66735247E-11 | $a_4 =$ | 3,20606552128E-06 | $a_5 =$ | -2,527527826E-04 |
| $a_6 =$ | 1,7765463663E-02 | $a_7 =$ | 0 | $a_8 =$ | 7,280621346E-09 | $a_9 =$ | 1,1592102782E-06 | $a_{10} =$ | 3,6006054268E-03 |
| $a_{11} =$ | -7,4134876556E-10 | $a_{12} =$ | 2,323424132E-07 | $a_{13} =$ | -4,79435593E-14 | $a_{14} =$ | -1,9890452136E-10 | $b =$ | -1,042058517E+00 |

Список литературы / References

1. Stańczyk K. Czyste technologie użytkowania węgla / Stańczyk K. // Wydawnictwo GIG – Katowice, 2008 P. 176 – 180
2. Larose D.T. Metody i modele eksploracji danych / Larose D.T. // PWN – Warszawa, 2008
3. Dokumentacja programu STATISTICA v.9.0, 2011
4. Stabryła A. Zarządzanie projektami ekonomicznymi i organizacyjnymi / Stabryła A. // Wydawnictwo Naukowe PWN – Warszawa, 2006

Представлено цифрову модель, виходячи з визначення групи функцій, що дозволяють визначити основні економічні показники проекту на підставі довільно вибраних комбінацій початкових даних. Для побудови моделі було використано функції лінійної і нелінійної регресії, що вибудовуються на підставі вибраних пакетів даних.

Ключові слова: економіка, цифрові моделі, аналіз регресії, інвестиційний проект, підземна газифікація вугілля

The numerical model is supposed to be the means for determination of the functions group enabling the calculation of the Project basic economic indices, on the basis of the optionally chosen combination of the initial data. The functions of the linear and non-linear regression being built based on the chosen series of data have been used for the model generation.

Keywords: economics, numerical models, analysis of the regression, investment project, coal underground gasification

Рекомендовано до публікації канд. техн. наук Р.О. Дичковським. Дата надходження рукопису 04.03.11