

цины» : научно-практический журнал. – Витебск, 2010. – Т. 46, вып. 1, ч. 2. – С. 136–139. 4. Красочко, П. А. Становление микробиоценоза кишечника цыплят-бройлеров под действием иммуностимуляторов, пробиотиков и пребиотиков / П. А. Красочко, Е. А. Капитонова, А. А. Гласкович // Эпизоотология. Иммунология. Фармакология. Санитария. – 2008. – № 3. – С. 6–14. 5. Медведский, В. А. Фермерское животноводство : учебное пособие для студентов учреждений высшего образования по специальности «Зоотехния» / В. А. Медведский, Е. А. Капитонова. – Минск : ИВЦ Минфина, 2012. – 304 с. 6. Определение микробиоценоза кишечного тракта животных в норме и при дисбактериозах : рекомендации / В. Н. Алешкевич, И. А. Субботина, П. А. Красочко, Ю. В. Ломако, М. М. Бешара, С. А. Сыса, А. А. Гласкович, Е. А. Капитонова, П. П. Красочко ; Витебская государственная академия ветеринарной медицины, Кафедра микробиологии и вирусологии. – Витебск : ВГАВМ, 2017. – 39 с. 7. A feed additive based on lactobacilli with activity against campylobacter for meat-breeding chickens parent flock / A. B. Balykina, E. A. Kapitonova, I. N. Nikonov, Yuri Kuznetsov, S. N. Shlykov // International Transaction Journal of Engineering, Management and Applied Sciences and Technologies. – 2020. – Vol. 11, № 16. – P. 11A–16E. DOI: 10.14456/ITJEMAST.2020.314. 8. Evaluation lactic acid bacteria autostrains with anti-campylobacter jejuni activity on broiler chickens productivity / Y. E. Kuznetsov, I. N. Nikonov, E. A. Kapitonova, N. V. Kuznetsova, R. S. Omarov // International Transaction Journal of Engineering, Management and Applied Sciences and Technologies. – 2020. – T. 11, № 15. – С. 11A–15S. DOI:10.14456 / ITJEMAST.2020.307. 9. Obtaining Organic Poultry Breeding Products in Prevention of Micotoxicosis / E. A. Kapitonova [et. al.] // OnLine Journal of Biological Sciences. – 2021. – Vol. 21, № 3. – P. 213–220. DOI: 10.3844/ojbsci.2021.213.220. 10. Results of using tripoli on zoohygienic indicators in the raising a parent herd of meat breed chickens / I. I. Kochish, E. A. Kapitonova, I. N. Nikonov, S. N. Shlykov, R. S. Omarov // International Transaction Journal of Engineering, Management and Applied Sciences and Technologies. – 2020. – Vol. 11, № 15. – С. 11A–15 U. DOI: 10.14456/ITJEMAST.2020.309.

**References.** 1. Veterinarnaya tekhnologiya zashchity vyrashchivaniya remontnogo molodnyaka pticy v OAO «Vitebskaya brojler'naya pticefabrika» / P. M. Kuz'menko, M. A. Glaskovich, E. A. Kapitonova, A. M. Lodyga, N. V. Babahina, B. N. Sobolev // Uchenye zapiski uchrezhdeniya obrazovaniya «Vitebskaya ordena «Znak Pocheta» gosudarstvennaya akademiya veterinarnoy mediciny» : nauchno-prakticheskij zhurnal. – Vitebsk, 2011. – Т. 47, вып. 1. – С. 399–403. 2. Kapitonova, E. A. Profilaktika zabolevanij ptic putem vvedeniya v racion cyplyat-brojlerov biologicheskii aktivnyh veshchestv / E. A. Kapitonova // Trudy Vserossijskogo NII eksperimental'noj veterinarii im. YA. R. Kovalenko. – 2009. – Т. 75. – С. 329–331. 3. Kapitonova, E. A. Produktivnost' cyplyat-brojlerov pri vvedenii v racion adsorbenta mikotoksinov / E. A. Kapitonova, V. A. Medvedskij // Uchenye zapiski uchrezhdeniya obrazovaniya «Vitebskaya gosudarstvennaya akademiya veterinarnoy mediciny» : nauchno-prakticheskij zhurnal. – Vitebsk, 2010. – Т. 46, вып. 1, ч. 2. – С. 136–139. 4. Krasochko, P. A. Stanovlenie mikrobiocenoza kischechnika cyplyat-brojlerov pod dejstviem immunostimulyatorov, probiotikov i prebiotikov / P. A. Krasochko, E. A. Kapitonova, A. A. Glaskovich // Epizootologiya. Immunobiologiya. Farmakologiya. Sanitariya. – 2008. – № 3. – С. 6–14. 5. Medvedskij, V. A. Fermerское животноводство : uchebnoe posobie dlya studentov uchrezhdenij vysshego obrazovaniya po special'nosti «Zootekhnika» / V. A. Medvedskij, E. A. Kapitonova. – Минск : IVC Minfina, 2012. – 304 с. 6. Opredelenie mikrobiocenoza kischechnogo trakta zhivotnyh v norme i pri disbakteriozah : rekomendacii / V. N. Aleshkevich, I. A. Subbotina, P. A. Krasochko, YU. V. Lomako, M. M. Beshara, S. A. Sysa, A. A. Glaskovich, E. A. Kapitonova, P. P. Krasochko ; Vitebskaya gosudarstvennaya akademiya veterinarnoy mediciny, Kafedra mikrobiologii i virusologii. – Vitebsk : VGAVM, 2017. – 39 s. 7. A feed additive based on lactobacilli with activity against campylobacter for meat-breeding chickens parent flock / A. B. Balykina, E. A. Kapitonova, I. N. Nikonov, Yuri Kuznetsov, S. N. Shlykov // International Transaction Journal of Engineering, Management and Applied Sciences and Technologies. – 2020. – Vol. 11, № 16. – P. 11A–16E. DOI: 10.14456/ITJEMAST.2020.314. 8. Evaluation lactic acid bacteria autostrains with anti-campylobacter jejuni activity on broiler chickens productivity / Y. E. Kuznetsov, I. N. Nikonov, E. A. Kapitonova, N. V. Kuznetsova, R. S. Omarov // International Transaction Journal of Engineering, Management and Applied Sciences and Technologies. – 2020. – T. 11, № 15. – С. 11A–15S. DOI:10.14456 / ITJEMAST.2020.307. 9. Obtaining Organic Poultry Breeding Products in Prevention of Micotoxicosis / E. A. Kapitonova [et. al.] // OnLine Journal of Biological Sciences. – 2021. – Vol. 21, № 3. – P. 213–220. DOI: 10.3844/ojbsci.2021.213.220. 10. Results of using tripoli on zoohygienic indicators in the raising a parent herd of meat breed chickens / I. I. Kochish, E. A. Kapitonova, I. N. Nikonov, S. N. Shlykov, R. S. Omarov // International Transaction Journal of Engineering, Management and Applied Sciences and Technologies. – 2020. – Vol. 11, № 15. – С. 11A–15 U. DOI: 10.14456/ITJEMAST.2020.309.

Поступила в редакцию 04.01.2022.

DOI 10.52368/2078-0109-58-1-63-71  
УДК 636.4:519.2:681.3

## ЦИФРОВОЙ ДВОЙНИК ПРОИЗВОДСТВЕННО-ФИНАНСОВОГО МОНИТОРИНГА ФАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЛОЩАДЕЙ СТАНКОВ В ЦЕХЕ ВОСПРОИЗВОДСТВА СВИНОВОДЧЕСКИХ ЗДАНИЙ

Соляник С.В. ORCID ID 0000-0002-2901-978X, Соляник В.В. ORCID ID 0000-0003-3602-3418

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству»,  
г. Жодино, Республика Беларусь

Разработан цифровой двойник производственно-финансового мониторинга фактического использования площадей станков в цехе воспроизводства свиноводческих зданий. Основу цифрового двойника составляют фактические финансовые затраты на проектирование, строительство и эксплуатацию свиноводче-

ского объекта (фермы, комплекса), документированная денежная выручка от реализации произведенной продукции (товарных (племенных) свиней в живом весе). **Ключевые слова:** свиноводство, финансирование, бизнес-план, окупаемость, компьютерное моделирование.

## DIGITAL TWIN FOR INDUSTRIAL AND FINANCIAL MONITORING OF THE ACTUAL USE OF MACHINE TOOL AREAS IN THE REPRODUCTION WORKSHOP OF PIG-BREEDING FACILITIES

Solyanik S.V., Solyanik V.V.

RUE “Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Animal Husbandry”, Zhodino, Republic of Belarus

*A digital twin of production and financial monitoring of the actual use of machine tool areas in the reproduction workshop of pig-breeding premises has been developed. The digital twin is based on the actual financial costs for the design, construction and operation of a pig-breeding facility (farm, complex), documented cash proceeds from the sale of manufactured products (commercial (breeding) pigs in live weight). **Keywords:** pig breeding, financing, business plan, payback, computer modelling.*

**Введение.** По общему правилу, стоимость единицы станочной площади в свиноводстве колеблется от 500 до 1500 у.е./станкоместо (или м<sup>2</sup>) и более. Для окупаемости понесенных единовременных затрат производство свинины должно быть исключительно прибыльным. Важно также минимизировать эксплуатационные затраты в процессе работы свиноводческого объекта (ферма, комплекс) [1]. В конце прошлого века, при установлении технологических параметров на среднем уровне работы товарных свинокомплексов, стоимость свиноместа не превышала 700 у.е.

В настоящее время, при проектировании и строительстве свинокомплексов частными компаниями, которые не участвуют в эксплуатации объекта свиноводства, минимальная стоимость свиноместа превышает 1000 у.е. К слову, по сметам, разрабатываемым Министерством архитектуры и строительства Республики Беларусь, средняя стоимость свиноместа не должна превышать 2,44 тыс. у.е. Величина стоимости свиноместа влияет как на сроки окупаемости свинокомплекса, так и на получение объемов чистой прибыли, которую можно использовать на повышение заработной платы работников предприятия, а также наличие оборотных средств для долговременной планомерной работы [2].

В нашей стране выделяемые кредитные ресурсы на строительство племенных свиноводческих комплексов не окупаются из прибыли от реализации племенных свиней, при этом как основной, так и просроченный долг по кредитам зачастую уплачивается из средств республиканского бюджета [3]. Следовательно, фактическая стоимость свиноместа возрастает почти в два раза, то есть если на стадии проектирования и строительства свиноместо стоило 1200-1700 у.е., то при эксплуатации – 2,4-3,4 тыс. у.е. по курсу Национального банка Республики Беларусь.

В последнее время проведение зоотехнических и зоогиgienических научных исследований в области свиноводства осуществляется преимущественно в племенных хозяйствах, так как там налажен первичный зоотехнический и племенной учет, что позволяет работать с достоверными производственными данными [4, 5].

При строительстве и реконструкции свиноводческих объектов в нашей стране используются Республиканские нормы технологического проектирования (РНТП-1-2004) [6], которые разрабатывались до широкого распространения на постсоветском пространстве свиней мясного направления продуктивности. В РНТП-1-2004 года указана площадь пола в станке на голову при содержании ремонтного молодняка свиней 1,0 м<sup>2</sup>/гол. В российских и украинских нормах этот показатель составляет 0,8 м<sup>2</sup>/гол. В Республике Польша для ремонтной свинки норма площади пола определена в 1,4 м<sup>2</sup>. Если в станке находится до 5 ремонтных свинок, то площадь пола увеличивается на 10%, а если свыше 39 голов, то площадь пола уменьшается на 10%. Таким образом, принятые в соседних с Беларусью странах требования к площади при содержании ремонтных свинок не одинаковы и значительно отличаются друг от друга, что требует проведения дополнительных исследований по этому вопросу [5, с. 92].

**Цель работы** – провести финансовый мониторинг фактического использования производственных площадей в свиноводческих зданиях.

**Материалы и методы исследований.** В качестве исходной информации для достижения целей работы взяты данные из научных публикаций о многоплодии и сохранности поросят-сосунов у свиноматок белорусских и зарубежных пород [4] и об оптимизации плотности размещения ремонтного молодняка мясного направления продуктивности [5], которые выполнены учеными-зоотехниками в племхозьях нашей страны.

Разработана блок-программа расчета структуры многоплодия свиноматок пород отечественной и зарубежной селекции (таблица 1); расчета удельного веса свиноматок с разной сохранностью сосунов (таблица 2); моделирования эффективности увеличения станочной площади для содержания ремонтных свинок (таблица 3).

Таблица 1 – Блок-программа расчета структуры многоплодия свиноматок пород отечественной и зарубежной селекции, %

	<b>А</b>	<b>В</b>
1	Многоплодие свиноматок, гол.	РСУП СГЦ «Западный»
2		Белорусская крупная белая порода свиней (БКБ)
3	6	=ЕСЛИ(A3<=11;(-1,45432+0,183137*A3)/(1-0,187145*A3+0,00889451*A3^2); ЕСЛИ(A3>11;(1,97249-0,119278*A3)/(1-0,167787*A3+0,00718228*A3^2)))
4	7	=ЕСЛИ(A4<=11;(-1,45432+0,183137*A4)/(1-0,187145*A4+0,00889451*A4^2); ЕСЛИ(A4>11;(1,97249-0,119278*A4)/(1-0,167787*A4+0,00718228*A4^2)))
5	8	=ЕСЛИ(A5<=11;(-1,45432+0,183137*A5)/(1-0,187145*A5+0,00889451*A5^2); ЕСЛИ(A5>11;(1,97249-0,119278*A5)/(1-0,167787*A5+0,00718228*A5^2)))
6	9	=ЕСЛИ(A6<=11;(-1,45432+0,183137*A6)/(1-0,187145*A6+0,00889451*A6^2); ЕСЛИ(A6>11;(1,97249-0,119278*A6)/(1-0,167787*A6+0,00718228*A6^2)))
7	10	=ЕСЛИ(A7<=11;(-1,45432+0,183137*A7)/(1-0,187145*A7+0,00889451*A7^2); ЕСЛИ(A7>11;(1,97249-0,119278*A7)/(1-0,167787*A7+0,00718228*A7^2)))
8	11	=ЕСЛИ(A8<=11;(-1,45432+0,183137*A8)/(1-0,187145*A8+0,00889451*A8^2); ЕСЛИ(A8>11;(1,97249-0,119278*A8)/(1-0,167787*A8+0,00718228*A8^2)))
9	12	=ЕСЛИ(A9<=11;(-1,45432+0,183137*A9)/(1-0,187145*A9+0,00889451*A9^2); ЕСЛИ(A9>11;(1,97249-0,119278*A9)/(1-0,167787*A9+0,00718228*A9^2)))
10	13	=ЕСЛИ(A10<=11;(-1,45432+0,183137*A10)/(1-0,187145*A10+0,00889451*A10^2); ЕСЛИ(A10>11;(1,97249-0,119278*A10)/(1-0,167787*A10+0,00718228*A10^2)))
11	14	=ЕСЛИ(A11<=11;(-1,45432+0,183137*A11)/(1-0,187145*A11+0,00889451*A11^2); ЕСЛИ(A11>11;(1,97249-0,119278*A11)/(1-0,167787*A11+0,00718228*A11^2)))
12	15	=ЕСЛИ(A12<=11;(-1,45432+0,183137*A12)/(1-0,187145*A12+0,00889451*A12^2); ЕСЛИ(A12>11;(1,97249-0,119278*A12)/(1-0,167787*A12+0,00718228*A12^2)))
13	16	=ЕСЛИ(A13<=11;(-1,45432+0,183137*A13)/(1-0,187145*A13+0,00889451*A13^2); ЕСЛИ(A13>11;(1,97249-0,119278*A13)/(1-0,167787*A13+0,00718228*A13^2)))
14	17	=ЕСЛИ(A14<=11;(-1,45432+0,183137*A14)/(1-0,187145*A14+0,00889451*A14^2); ЕСЛИ(A14>11;(1,97249-0,119278*A14)/(1-0,167787*A14+0,00718228*A14^2)))
1	Многоплодие свиноматок, гол.	КСУП СГЦ «Заднепровский»
2		Белорусская крупная белая порода свиней (БКБ)
3	6	=ЕСЛИ(A3<=11;(1,40788-0,0862973*A3)/(1-0,168263*A3+0,00727348*A3^2); ЕСЛИ(A3>11;59,6381-3,54286*A3))
4	7	=ЕСЛИ(A4<=11;(1,40788-0,0862973*A4)/(1-0,168263*A4+0,00727348*A4^2); ЕСЛИ(A4>11;59,6381-3,54286*A4))
5	8	=ЕСЛИ(A5<=11;(1,40788-0,0862973*A5)/(1-0,168263*A5+0,00727348*A5^2); ЕСЛИ(A5>11;59,6381-3,54286*A5))
6	9	=ЕСЛИ(A6<=11;(1,40788-0,0862973*A6)/(1-0,168263*A6+0,00727348*A6^2); ЕСЛИ(A6>11;59,6381-3,54286*A6))
7	10	=ЕСЛИ(A7<=11;(1,40788-0,0862973*A7)/(1-0,168263*A7+0,00727348*A7^2); ЕСЛИ(A7>11;59,6381-3,54286*A7))
8	11	=ЕСЛИ(A8<=11;(1,40788-0,0862973*A8)/(1-0,168263*A8+0,00727348*A8^2); ЕСЛИ(A8>11;59,6381-3,54286*A8))
9	12	=ЕСЛИ(A9<=11;(1,40788-0,0862973*A9)/(1-0,168263*A9+0,00727348*A9^2); ЕСЛИ(A9>11;59,6381-3,54286*A9))
10	13	=ЕСЛИ(A10<=11;(1,40788-0,0862973*A10)/(1-0,168263*A10+0,00727348*A10^2); ЕСЛИ(A10>11;59,6381-3,54286*A10))

Продолжение таблицы 1

	А	В
11	14	=ЕСЛИ(А11<=11;(1,40788-0,0862973*А11)/(1-0,168263*А11+0,00727348*А11^2); ЕСЛИ(А11>11;59,6381-3,54286*А11))
12	15	=ЕСЛИ(А12<=11;(1,40788-0,0862973*А12)/(1-0,168263*А12+0,00727348*А12^2); ЕСЛИ(А12>11;59,6381-3,54286*А12))
13	16	=ЕСЛИ(А13<=11;(1,40788-0,0862973*А13)/(1-0,168263*А13+0,00727348*А13^2); ЕСЛИ(А13>11;59,6381-3,54286*А13))
14	17	=ЕСЛИ(А14<=11;(1,40788-0,0862973*А14)/(1-0,168263*А14+0,00727348*А14^2); ЕСЛИ(А14>11;59,6381-3,54286*А14))
1	Многоплодие свиноматок, гол.	КСУП СГЦ «Заднепровский»
2		Белорусская мясная порода свиней (БМ)
3	6	=ЕСЛИ(А3<=11;(-0,45055+0,0650886*А3)/(1-0,195446*А3+0,00965772*А3^2); ЕСЛИ(А3>11;272,699-13,3572*А3-13881,5/А3^2))
4	7	=ЕСЛИ(А4<=11;(-0,45055+0,0650886*А4)/(1-0,195446*А4+0,00965772*А4^2); ЕСЛИ(А4>11;272,699-13,3572*А4-13881,5/А4^2))
5	8	=ЕСЛИ(А5<=11;(-0,45055+0,0650886*А5)/(1-0,195446*А5+0,00965772*А5^2); ЕСЛИ(А5>11;272,699-13,3572*А5-13881,5/А5^2))
6	9	=ЕСЛИ(А6<=11;(-0,45055+0,0650886*А6)/(1-0,195446*А6+0,00965772*А6^2); ЕСЛИ(А6>11;272,699-13,3572*А6-13881,5/А6^2))
7	10	=ЕСЛИ(А7<=11;(-0,45055+0,0650886*А7)/(1-0,195446*А7+0,00965772*А7^2); ЕСЛИ(А7>11;272,699-13,3572*А7-13881,5/А7^2))
8	11	=ЕСЛИ(А8<=11;(-0,45055+0,0650886*А8)/(1-0,195446*А8+0,00965772*А8^2); ЕСЛИ(А8>11;272,699-13,3572*А8-13881,5/А8^2))
9	12	=ЕСЛИ(А9<=11;(-0,45055+0,0650886*А9)/(1-0,195446*А9+0,00965772*А9^2); ЕСЛИ(А9>11;272,699-13,3572*А9-13881,5/А9^2))
10	13	=ЕСЛИ(А10<=11;(-0,45055+0,0650886*А10)/(1-0,195446*А10+0,00965772*А10^2); ЕСЛИ(А10>11;272,699-13,3572*А10-13881,5/А10^2))
11	14	=ЕСЛИ(А11<=11;(-0,45055+0,0650886*А11)/(1-0,195446*А11+0,00965772*А11^2); ЕСЛИ(А11>11;272,699-13,3572*А11-13881,5/А11^2))
12	15	=ЕСЛИ(А12<=11;(-0,45055+0,0650886*А12)/(1-0,195446*А12+0,00965772*А12^2); ЕСЛИ(А12>11;272,699-13,3572*А12-13881,5/А12^2))
13	16	=ЕСЛИ(А13<=11;(-0,45055+0,0650886*А13)/(1-0,195446*А13+0,00965772*А13^2); ЕСЛИ(А13>11;272,699-13,3572*А13-13881,5/А13^2))
14	17	=ЕСЛИ(А14<=11;(-0,45055+0,0650886*А14)/(1-0,195446*А14+0,00965772*А14^2); ЕСЛИ(А14>11;272,699-13,3572*А14-13881,5/А14^2))
1	Многоплодие свиноматок, гол.	Свинокомплекс «Рассошное» ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита»
2		Порода Йоркшир
3	6	=ЕСЛИ(А3<=11;1/(-0,376126+0,21777*А3-0,0163146*А3^2); ЕСЛИ(А3>11;48,7781-2,66286*А3))
4	7	=ЕСЛИ(А4<=11;1/(-0,376126+0,21777*А4-0,0163146*А4^2); ЕСЛИ(А4>11;48,7781-2,66286*А4))
5	8	=ЕСЛИ(А5<=11;1/(-0,376126+0,21777*А5-0,0163146*А5^2); ЕСЛИ(А5>11;48,7781-2,66286*А5))
6	9	=ЕСЛИ(А6<=11;1/(-0,376126+0,21777*А6-0,0163146*А6^2); ЕСЛИ(А6>11;48,7781-2,66286*А6))
7	10	=ЕСЛИ(А7<=11;1/(-0,376126+0,21777*А7-0,0163146*А7^2); ЕСЛИ(А7>11;48,7781-2,66286*А7))

Продолжение таблицы 1

	<b>A</b>	<b>B</b>
8	11	=ЕСЛИ(A8<=11;1/(-0,376126+0,21777*A8-0,0163146*A8^2); ЕСЛИ(A8>11;48,7781-2,66286*A8))
9	12	=ЕСЛИ(A9<=11;1/(-0,376126+0,21777*A9-0,0163146*A9^2); ЕСЛИ(A9>11;48,7781-2,66286*A9))
10	13	=ЕСЛИ(A10<=11;1/(-0,376126+0,21777*A10-0,0163146*A10^2); ЕСЛИ(A10>11;48,7781-2,66286*A10))
11	14	=ЕСЛИ(A11<=11;1/(-0,376126+0,21777*A11-0,0163146*A11^2); ЕСЛИ(A11>11;48,7781-2,66286*A11))
12	15	=ЕСЛИ(A12<=11;1/(-0,376126+0,21777*A12-0,0163146*A12^2); ЕСЛИ(A12>11;48,7781-2,66286*A12))
13	16	=ЕСЛИ(A13<=11;1/(-0,376126+0,21777*A13- 0,0163146*A13^2);ЕСЛИ(A13>11;48,7781-2,66286*A13))
14	17	=ЕСЛИ(A14<=11;1/(-0,376126+0,21777*A14-0,0163146*A14^2); ЕСЛИ(A14>11;48,7781-2,66286*A14))
1	Многоплодие свиноматок, гол.	Свинокомплекс «Рассошное» ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита»
2		Порода Ландрас
3	6	=ЕСЛИ(A3<=11;1/(-1,39222+0,415244*A3-0,0258718*A3^2); ЕСЛИ(A3>11;313,462*A3^(-0,0955434*A3)))
4	7	=ЕСЛИ(A4<=11;1/(-1,39222+0,415244*A4-0,0258718*A4^2); ЕСЛИ(A4>11;313,462*A4^(-0,0955434*A4)))
5	8	=ЕСЛИ(A5<=11;1/(-1,39222+0,415244*A5-0,0258718*A5^2); ЕСЛИ(A5>11;313,462*A5^(-0,0955434*A5)))
6	9	=ЕСЛИ(A6<=11;1/(-1,39222+0,415244*A6-0,0258718*A6^2); ЕСЛИ(A6>11;313,462*A6^(-0,0955434*A6)))
7	10	=ЕСЛИ(A7<=11;1/(-1,39222+0,415244*A7-0,0258718*A7^2); ЕСЛИ(A7>11;313,462*A7^(-0,0955434*A7)))
8	11	=ЕСЛИ(A8<=11;1/(-1,39222+0,415244*A8-0,0258718*A8^2); ЕСЛИ(A8>11;313,462*A8^(-0,0955434*A8)))
9	12	=ЕСЛИ(A9<=11;1/(-1,39222+0,415244*A9-0,0258718*A9^2); ЕСЛИ(A9>11;313,462*A9^(-0,0955434*A9)))
10	13	=ЕСЛИ(A10<=11;1/(-1,39222+0,415244*A10-0,0258718*A10^2); ЕСЛИ(A10>11;313,462*A10^(-0,0955434*A10)))
11	14	=ЕСЛИ(A11<=11;1/(-1,39222+0,415244*A11-0,0258718*A11^2); ЕСЛИ(A11>11;313,462*A11^(-0,0955434*A11)))
12	15	=ЕСЛИ(A12<=11;1/(-1,39222+0,415244*A12-0,0258718*A12^2); ЕСЛИ(A12>11;313,462*A12^(-0,0955434*A12)))
13	16	=ЕСЛИ(A13<=11;1/(-1,39222+0,415244*A13-0,0258718*A13^2); ЕСЛИ(A13>11;313,462*A13^(-0,0955434*A13)))
14	17	=ЕСЛИ(A14<=11;1/(-1,39222+0,415244*A14-0,0258718*A14^2); ЕСЛИ(A14>11;313,462*A14^(-0,0955434*A14)))

Таблица 2 – Блок-программа расчета удельного веса свиноматок с разной сохранностью сосунов, %

	<b>A</b>	<b>B</b>
1	Сохранность поросят, %	РСУП СГЦ «Западный»
2		БКБ
3	50	=1,377E-64*(0,654779^A3)*(A3^41,8726)
4	60	=1,377E-64*(0,654779^A4)*(A4^41,8726)
5	70	=1,377E-64*(0,654779^A5)*(A5^41,8726)
6	80	=1,377E-64*(0,654779^A6)*(A6^41,8726)
7	90	=1,377E-64*(0,654779^A7)*(A7^41,8726)
8	100	=1,377E-64*(0,654779^A8)*(A8^41,8726)

Продолжение таблицы 2

	<b>A</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
1	Сохранность поросят, %	КСУП СГЦ «Заднепровский»	
2		БКБ	БМ
3	50	$=-123,672+1,40428*A3+148011/A3^2$	$=-42,9191+0,721645*A3$
4	60	$=-123,672+1,40428*A4+148011/A4^2$	$=-42,9191+0,721645*A4$
5	70	$=-123,672+1,40428*A5+148011/A5^2$	$=-42,9191+0,721645*A5$
6	80	$=-123,672+1,40428*A6+148011/A6^2$	$=-42,9191+0,721645*A6$
7	90	$=-123,672+1,40428*A7+148011/A7^2$	$=-42,9191+0,721645*A7$
8	100	$=-123,672+1,40428*A8+148011/A8^2$	$=-42,9191+0,721645*A8$
	<b>A</b>	<b>E</b>	<b>F</b>
1	Сохранность поросят, %	Свинокомплекс «Рассошное» ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита»	
2		Йоркшир	Ландрас
3	50	$=0,000013513*A3^3,15494$	$=-109,39+1,22426*A3+152698/A3^2$
4	60	$=0,000013513*A4^3,15494$	$=-109,39+1,22426*A4+152698/A4^2$
5	70	$=0,000013513*A5^3,15494$	$=-109,39+1,22426*A5+152698/A5^2$
6	80	$=0,000013513*A6^3,15494$	$=-109,39+1,22426*A6+152698/A6^2$
7	90	$=0,000013513*A7^3,15494$	$=-109,39+1,22426*A7+152698/A7^2$
8	100	$=0,000013513*A8^3,15494$	$=-109,39+1,22426*A8+152698/A8^2$

Таблица 3 – Блок-программа моделирования эффективности увеличения станочной площади для содержания ремонтных свинок

	<b>A</b>	<b>B</b>
1	Площадь на 1 голову (0,8...1,2), м <sup>2</sup> /гол.	0,8
2	Возраст постановки свинок на выращивание, мес.	3,5
3	Возраст снятия свинок с выращивания, мес.	7
4	Затраты кормов, кг/дн.	2,15
5	Стоимость корма, руб./кг	0,69
6	Стоимость дополнительного прироста, руб./кг	3
7	Количество животных в станке, гол.	10
8	Продолжительность выращивания свинок, дн.	$=B3*30-(B2-0,5)*30$
9	Длина туловища (в 3,5 месяца), см	$=15,8+17,1429*B2$
10	Длина туловища (в 7 месяцев), см	$=15,8+17,1429*B3$
11	Ширина груди (в 3,5 месяца), см	$=8+2,857*B2$
12	Ширина груди (в 7 месяцев), см	$=8+2,857*B3$
13	Отдых, %	$=45,2+45*B1-17,5*B1^2$
14	Движение, %	$=53,1-52,75*B1+21,25*B1^2$
15	Прием корма и воды, %	$=1,7+7,75*B1-3,75*B1^2$
16	Время наблюдения, %	$=\text{СУММ}(B13:B15)$
17	Масса свинок при постановке на опыт, кг	$=41-10,5*B1+5*B1^2$
18	Масса животных при снятии с опыта, кг	$=89,3+31,25*B1-11,25*B1^2$
19	Валовой прирост, кг	$=48,3+41,75*B1-16,25*B1^2$
20	Среднесуточный прирост, г	$=400+352,5*B1-137,5*B1^2$
21	Скормлено кормов, кг/гол.	$=B8*B4$
22	Затраты кормов на 1 голову за период выращивания, кг	$=B21*B5$
23	Стоимость содержания ремонтной свинки, руб.	$=B22+B22*30/70$
24	Многоплодие первоопоросок, гол.	$=-0,5+19,75*B1-8,75*B1^2$
25	в т.ч. живых, гол.	$=-9,2+35,75*B1-16,25*B1^2$
26	Оборот станков для содержания ремонтных свинок	$=362/B8$
27	Дополнительно получено привеса на станок за год, кг	$=B19-71,3$
28	Стоимость свиноместа, руб.	$=-180+1125*B1-187,5*B1^2$
29	Стоимость дополнительно полученной продукции, руб./год.	$=B7*B6*B26*B27$
30	Срок окупаемости, лет	$=A7*(B28-\$C\$29)/B29$

Чтобы воспользоваться блок-программами, их необходимо скопировать в соответствующие диапазоны ячеек отдельных листов электронной таблицы MS Excel.

**Результаты исследований.** Графическое представление данных по белорусским свиноводческим племенным хозяйствам показало, что только для свиней крупной белой породы, которые разводятся на свинокомплексе РСУП СГЦ «Западный», характерна «колоколообразная» форма (нормальное распределение Гаусса) по многоплодию (рисунки 1, 2).

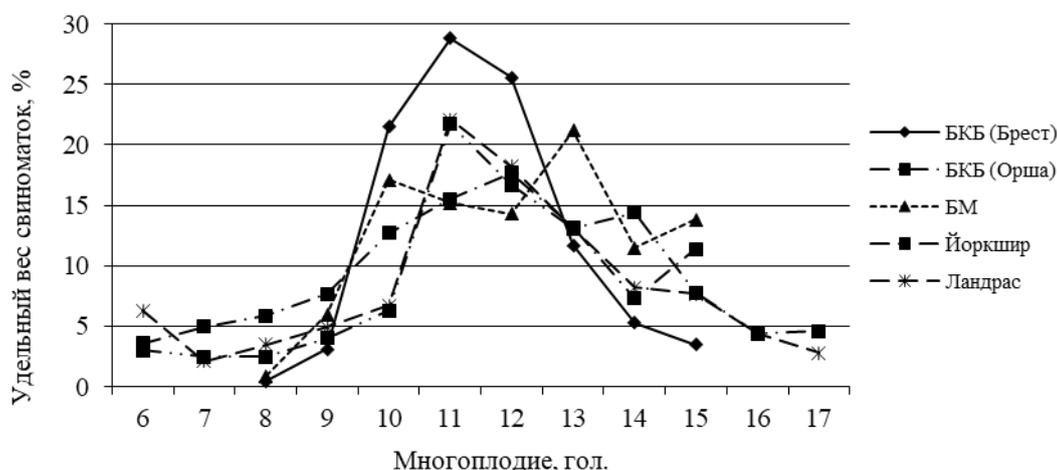


Рисунок 1 – Удельный вес свиноматок по многоплодию

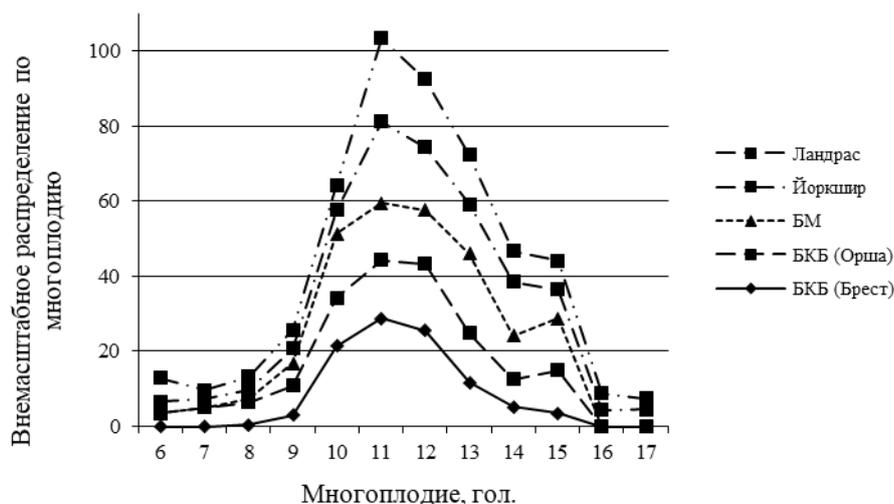


Рисунок 2 – График распределения по многоплодию с накоплением

Свиноматок, содержащихся на других свинокомплексах, по многоплодию нельзя отнести к нормальному распределению, что указывает на значительные отличия в итогах селекционной работы на этих животноводческих объектах. В то же время для всех племенных хозяйств характерно высокое многоплодие свиноматок: РСУП СГЦ «Западный»: белорусская крупная белая – 11,5 гол.; КСУП СГЦ «Заднепровский»: белорусская крупная белая – 11,3 гол.; белорусская мясная – 12,1 гол.; свинокомплекс «Рассошное» ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита»: йоркшир – 12,3 гол., ландрас – 11,7 гол.

Отсутствие «колоколообразного» распределения свиноматок по многоплодию затрудняет формирование выравненных гнезд до 12-14 голов под свиноматкой.

Крупная белая порода имеет нормальное распределение и наиболее подходит к формированию выравненных гнезд в товарных свинокомплексах. Увеличение многоплодия свиней зарубежной селекции приводит к разбалансированию товарного свиноводства. Это первая «бомба замедленного действия» для постсоветского свиноводства. Вторая «бомба» использования многоплодных зарубежных пород – снижение воспроизводительной способности и естественной резистентности, а также удорожание кормления и содержания свиней, так как они более требовательны к этим зоотехниче-

ским факторам. Третья итоговая «бомба» – увеличение себестоимости производства товарной свинины, что делает ее не конкурентоспособной на рынке.

По общему правилу, для создания стада с удельным весом свиноматок по многоплодию, соответствующему закону нормального распределения, необходимо вести отбор свинок для дальнейшего разведения из средних гнезд плюс одна сигма, но не более. В практическом свиноводстве отбор целесообразно вести из гнезд свиноматок, имеющих многоплодие 11-12 голов. Осеменение ремонтных свинок происходит в 7,5-8,5 месяцев при живой массе 125-135 кг. Ремонтных свинок выращивают, а не откармливают. Поэтому приросты для ремонтного молодняка во время выращивания более 550 г считаются нецелесообразными, так как быстрый рост не коррелирует с физиологической зрелостью будущих свиноматок.

Исследователи утверждают, что многоплодие свиноматок в племенном хозяйстве, где они проводили свои эксперименты, составляет 9-10,7 голов [5, с. 95]. Вызывают большие сомнения, что свиньи пород Йоркшир и Ландрас зарубежной селекции, завезенные из Франции в 2009 г., или из Дании – в 2016 г., имеют многоплодие на уровне товарных свинокомплексов 90-х годов прошлого века, то есть 9-10,7 поросят.

В исследовании приводится информация о том, что: «среднесуточный прирост в станках 0,8 м<sup>2</sup>/гол. – 594 г; 1 м<sup>2</sup>/гол. – 615 г; 1,2 м<sup>2</sup>/гол. – 625 г [5, с. 94]; «стоимость скотоместа в станке площадью 0,8 м<sup>2</sup>/гол. составляла около 600 руб. Станки с площадью пола на голову 1 и 1,2 м<sup>2</sup>/гол. стоили на 157,5 и 300 руб. дороже соответственно» [5, с. 95]. То есть если перевести в доллары США (по курсу Нацбанка в 2019 г.), то получается, что стоимость скотоместа составляет 300 долларов США для станка площадью 0,8 м<sup>2</sup>/гол.; 1 м<sup>2</sup>/гол. – 378,75; 1,2 м<sup>2</sup>/гол. – 450 долларов США. Откуда исследователь взял указанную им стоимость скотоместа? Ведь фактически стоимость скотоместа в несколько раз больше, а если кредиты покрываются из республиканского бюджета, то стоимость вообще на порядок выше.

Как утверждает исследователь, «полученные результаты свидетельствуют о том, что содержание животных в станках с площадью пола 1-1,2 м<sup>2</sup>/гол. позволило интенсифицировать процесс выращивания ремонтного молодняка. Срок окупаемости затрат на устройство станков площадью 1 и 1,2 м<sup>2</sup>/гол составляет 7 и 9,5 лет соответственно» [5, с. 95]. Получается, что срок окупаемости дополнительной площади скотомест на 0,5-3 года меньше нормативного срока эксплуатации производственных помещений. Однако как это увязано с реальной стоимостью скотоместа в долларовом эквиваленте? Тем более, что согласно РНТП-1-2004 на ремонтных свинок проектируют станочную площадь в 1 м<sup>2</sup>/гол., так в чем новизна проведенных исследований?

«Интенсификация процесса» выращивания ремонтного молодняка свиней при увеличении затрат (станочной площади на голову) и отрицательной рентабельности племенного свиноводства никогда не окупится, особенно если реконструкция идет за счет реальных банковских кредитов, которые нужно возвращать из прибыли, согласно установленному графику.

В настоящее время средняя стоимость скотоместа на строящихся товарных свинокомплексах составляет 900-1200 у.е. и более. Поэтому окупить величину даже в 600 у.е. / скотоместо невозможно в принципе. Ведь чистая прибыль в год со скотоместа не превышает 30 у.е. Окупаемость 20 лет, при сроке эксплуатации металлических изделий в агрессивной среде свинокомплекса не более 10-15 лет.

На наш взгляд, для того, чтобы реально оценить финансовую эффективность результатов научно-исследовательских работ в области зоотехнии и зоогигиены, во-первых, нужно иметь документированное подтверждение стоимости скотоместа исходя из бизнес-плана, из банковской информации или из принятых нормативных правовых актов на выделение финансов различными фондами или бюджетами. Во-вторых, прежде чем рассуждать о финансовой окупаемости результатов НИР, важно иметь банковское подтверждение, что конкретное предприятие не является должником по кредитам, выделенным на проектирование и строительство животноводческого объекта (ферма, комплекс). В-третьих, нельзя проводить научно-производственные эксперименты с экономической оценкой эффективности их результатов, если животноводческий объект не выполняет график погашения заемных средств, согласно бизнес-плану их проектирования и строительства.

**Заключение.** Разработан цифровой двойник производственно-финансового мониторинга фактического использования площадей станков в цехе воспроизводства свиноводческих зданий. Основу цифрового двойника составляют фактические финансовые затраты на проектирование, строительство и эксплуатацию свиноводческого объекта (фермы, комплекса), документированная денежная выручка от реализации произведенной продукции (товарных (племенных) свиней в живом весе). Использование цифрового двойника позволило установить ошибочность в информации, представленной исследователями в опубликованных научных работах.

**Conclusion.** A digital twin for production and financial monitoring of the actual use of machine tool areas in the reproduction workshop of pig-breeding facilities has been developed. The digital twin is based on the actual financial costs for the design, construction and operation of a pig breeding facility (farm, complex), documented cash proceeds from the sale of manufactured products (commercial (breeding) pigs in live

weight). The use of the digital twin made it possible to detect inaccuracy in the information provided by researchers in published scientific papers.

**Список литературы.** 1. Соляник, С. В. Цифровизация расчета стоимости производственных площадей свиноводческого объекта / С. В. Соляник, В. В. Соляник // Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции. – Брянск : Изд-во Брянского ГАУ, 2019. – С. 224–227. 2. Соляник, С. В. Экспресс-метод проектирования математических многофакторных зоотехнических моделей / С. В. Соляник, В. В. Соляник // Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции. – Брянск : Изд-во Брянского ГАУ, 2019. – С. 220–224. 3. О создании в Национальной академии наук Беларуси пилотных инновационных объектов [Электронный ресурс] : постановление Совета Министров Республики Беларусь, 7 апреля 2021 г., № 204 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=C22100204&p1=1&p5=0>. – Дата доступа: 07.02.2022 09.04.2021, 5/48954. 4. Дойлидов, В. А. Многоплодие и сохранность поросят-сосунов у свиноматок белорусских и зарубежных пород / В. А. Дойлидов, В. В. Дойлидов // Сборник научных трудов XXVII Международной научно-практической конференции. – Брянск : Изд-во Брянского ГАУ, 2020. – С. 45–49. 5. Ходосовский, Д. Н. Оптимизация плотности размещения ремонтного молодняка мясного направления продуктивности / Д. Н. Ходосовский // Сборник научных трудов XXVII Международной научно-практической конференции. – Брянск : Изд-во Брянского ГАУ, 2020. – С. 91–97. 6. Республиканские нормы технологического проектирования новых, реконструкции и технического перевооружения животноводческих объектов : РНТП-1-2004 / Н. А. Попков [и др.]. – Минск, 2004. – 92 с.

**References.** 1. Solyanik, S. V. Cifrovizaciya rascheta stoimosti proizvodstvennyh ploshchadej svinovodcheskogo ob"ekta / S. V. Solyanik, V. V. Solyanik // Sbornik nauchnyh trudov Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. – Bryansk : Izd-vo Bryanskogo GAU, 2019. – S. 224–227. 2. Solyanik, S. V. Ekspress-metod proektirovaniya matematicheskikh mnogofaktornykh zootekhnicheskikh modelej / S. V. Solyanik, V. V. Solyanik // Sbornik nauchnyh trudov Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. – Bryansk : Izd-vo Bryanskogo GAU, 2019. – S. 220–224. 3. O sozdanii v Nacional'noj akademii nauk Belarusi pilotnyh innovacionnyh ob"ektov [Elektronnyj resurs] : postanovlenie Soveta Ministrov Respubliki Belarus', 7 aprelya 2021 g., № 204 // Nacional'nyj pravovoj Internet-portal Respubliki Belarus'. – Rezhim dostupa: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=C22100204&p1=1&p5=0>. – Data dostupa: 07.02.2022 09.04.2021, 5/48954. 4. Dojlidov, V. A. Mnogoploдие i sohrannost' porosyat-sosunov u svinomatok belorusskikh i zarubezhnykh porod / V. A. Dojlidov, V. V. Dojlidov // Sbornik nauchnyh trudov XXVII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konfe-rencii. – Bryansk : Izd-vo Bryanskogo GAU, 2020. – S. 45–49. 5. Hodosovskij, D. N. Optimizaciya plotnosti raz-meshcheniya remontnogo molodnyaka myasnogo napravleniya produktivnosti / D. N. Hodosovskij // Sbornik nauchnyh trudov XXVII Mezhdunarordnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. – Bryansk : Izd-vo Bryanskogo GAU, 2020. – S. 91–97. 6. Respublikanskije normy tekhnologicheskogo proektirovaniya novykh, rekonstrukcii i tekhnicheskogo perevoorzheniya zhivotnovodcheskikh ob"ektov : RNTP-1-2004 / N. A. Popkov [i dr.]. – Minsk, 2004. – 92 s.

Поступила в редакцию 10.01.2022.

DOI 10.52368/2078-0109-58-1-71-77

УДК 636:519.2:681.3

## ЦИФРОВОЙ ДВОЙНИК ТЕМПЕРАТУРНО-ВЛАЖНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МИКРОКЛИМАТА ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ЗДАНИЙ

**Соляник С.В. ORCID ID 0000-0002-2901-978X, Соляник В.В. ORCID ID 0000-0003-3602-3418**

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству»,  
г. Жодино, Республика Беларусь

*Разработан цифровой двойник температурно-влажностных характеристик микроклимата животноводческих зданий. Основу цифрового двойника составляют зоогиенические нормативы к воздушной среде животноводческих помещений, теплофизические свойства воздуха, требования к системам микроклимата и работы вентиляции. **Ключевые слова:** скотоводство, свиноводство, микроклимат, компьютерное моделирование.*

## DIGITAL TWIN FOR TEMPERATURE AND HUMIDITY CHARACTERISTICS OF MICROCLIMATE IN LIVESTOCK FACILITIES

**Solyanik S.V., Solyanik V.V.**

RUE “Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Animal Husbandry”,  
Zhodino, Republic of Belarus

*A digital twin for the temperature and humidity characteristics of the microclimate in livestock facilities has been developed. The digital twin is based on zoohygienic standards for the air environment in livestock premises, thermophysical properties of the air, requirements for microclimate systems and ventilation functioning. **Keywords:** cattle breeding, pig breeding, microclimate, computer modelling.*