

графья / В. И. Косилов, С. И. Мироненко, Е. А. Никонова, Д. А. Андриенко, Т. С. Кубатбеков. – Оренбург : ОГАУ, 2016. – 315 с.

7. Сравнительная характеристика мясной продуктивности бычков разных пород / И. Ф. Горлов, А. В. Ранделин, М. И. Сложенкина, А. А. Мосолов, Д. А. Ранделин, М. Е. Спивак, О. П. Шахбазова, Р. Г. Раджабов, Н. В. Иванова, Д. А. Мосолова // Молочное и мясное скотоводство. – 2019. – № 2. – С. 18-22.

8. Повышение эффективности производства говядины в молочном и мясном скотоводстве / В. И. Левахин, В. Д. Баширов, Р. С. Саетов, Р. Г. Исхаков, Ю. И. Левахин. – Казань, 2002. – 330 с.

9. Борисенко, Е. Я. Разведение сельскохозяйственных животных / Е. Я. Борисенко. – Москва : Колос, 1967. – 463 с.

10. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных : справ. пособие / под ред. А. И. Калашникова [и др.]. – Москва, 2003. – 455 с.

11. Меркурьева, Е. К. Генетика с основами биометрии / Е. К. Меркурьева, Г. Н. Шангин-Березовский. – Москва : Колос, 1983 – 400 с. – (Учебники и учеб. пособия для высш. с.-х. учеб. Заведений).

Поступила 15.03.2020 г.

УДК 631.223.6:004.9-047.74

С.В. СОЛЯНИК, В.В. СОЛЯНИК

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ МЕТОДОЛОГИЯ ПРЕДПРОЕКТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ОБОРОТА СТАДА И ИМИТАЦИОННОГО РАСЧЕТА ДВИЖЕНИЯ ПОГОЛОВЬЯ ФУНКЦИОНИРУЮЩЕГО СВИНОВОДЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

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

В статье представлена информация о впервые разработанном программном продукте, позволяющем не только осуществлять предпроектные расчёты по обороту стада при проектировании и строительстве свиноводческих объектов (ферм, комплексов), но и моделировать течение производственных процессов на основе оптимальных технологических решений организации движения поголовья, минимизировать материально-финансовые затраты при использовании секторов для подсосных свиноматок с поросятами. Данная технология даёт возможность повысить объёмы производства, создать необходимые условия содержания для всех половозрастных групп свиней, а также минимизировать экологические последствия от функционирования свиноводческого объекта на конкретной административной территории.

Ключевые слова: зоотехния, зоогигиена, компьютерное моделирование, свиноводство

**COMPUTER METHODOLOGY FOR PRE-PROJECT SIMULATION OF HERD
TURNOVER AND SIMULATION CALCULATION OF HERD AT FUNCTIONING
PIG BREEDING ENTERPRISE**

*Research and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus
for Animal Breeding, Zhodino, Republic of Belarus*

The paper provides information about the first time developed software product that allows not only to carry out pre-project calculations of herd turnover during the design and construction of pig breeding facilities (farms and complexes), but also to simulate production processes flow based on optimal technological solutions for livestock movement arrangement, and minimize material and financial costs when using sectors for suckling sows with piglets. This technology makes it possible to increase production volumes, create the required conditions for maintenance of all age and sex groups of pigs, and also minimize environmental consequences of pig farm operation in a specific administrative territory.

Keywords: zootechnics, zoohygiene, computer simulation, pig breeding

Введение. На рубеже XX и XXI веков в сельском хозяйстве началась очередная инновационная революция, основа которой – цифровая трансформация сельского хозяйства, в которой выделяют два тренда: точное земледелие (Precision Agriculture) и точное животноводство (Precision Livestock Farming (PLF)) [1, с. 117].

Точное животноводство (PLF) – новое направление в животноводстве, основанное на внедрении цифровых технологий, позволяющих вести индивидуальный уход за животными на основе новейших технологий измерения биологического состояния животных. Скот обычно идентифицируется с помощью радиометок RFID. Современные технологии отбора данных о каждой единице скота и программное обеспечение позволяют реализовать индивидуальный уход за животными. Подход реализуется с помощью сенсоров и датчиков, измеряющих кислотность желудка, состояние копыт, готовность к оплодотворению, течение беременности и др. Это позволяет реализовывать индивидуальные методы лечения и кормления. Всё это благотворно для животных и снижает затраты на лекарства и витамины. Существуют точное молочное скотоводство, точное свиноводство и точное птицеводство. В то же время точное животноводство включает также мониторинг состояния здоровья стада, мониторинг качества продукции и роботизации процесса доения. В понятие точное животноводство включают также автоматическое регулирование микроклимата и контроль за вредными газами [1, с. 124].

В 2012 г. в ЕС был запущен проект точного животноводства (PLF), нацеленный на автоматизацию мониторинга и управления фермами. В проекте участвуют 10 свинокомплексов и 5 птицеферм. Умные фермы позволяют повысить производительность животных и качество про-

дукции. По оценке экспертов международной сети компаний PwC, предлагающих услуги в области консалтинга и аудита, автоматизированные системы откорма, дойки и мониторинга здоровья коров могут повысить надои на 30-40 % [2].

На наш взгляд, утверждение, что «точное животноводство (PLF) – это новое направление в животноводстве, основанное на внедрении цифровых технологий», является ошибочным. Дело в том, что «точное животноводство» и «цифровое животноводство» – два совершенно разных направления интенсификации как процесса обращения с животными, так и решения технологических проблем при производстве продуктов животноводства [3-5].

Точное животноводство, в отличие от цифрового, не может предложить пользователю – учёному-зоотехнику и зоотехнику-практику – ни новые технологии производства продукции животного происхождения, ни новые технологические решения в обращении с животными. Цифровое животноводство основывается на использовании в имитационных компьютерных моделях выявленные скрытые закономерностей в биологии, зоотехнии, гигиене и экологии животных, экономики и права различных зоологических видов [6-9].

«Анализ работы ряда промышленных комплексов сотрудниками Научно-практического центра Национальной академии наук Беларуси по животноводству свидетельствует, что из-за отсутствия племенных ферм на промышленных комплексах мощностью 24 тыс. голов продуктивность свиноматок при ротационном скрещивании постоянно снижается. Следовательно, для поддержания технологического ритма комплекса приходится содержать до 30-40 % лишних маток. В объёмах свинокомплекса мощностью 24 тыс. гол., что составляет 1620 гол. (1200 x 1,35), 420 гол. (1620-1200), содержится сверх технологии. С учётом того, что содержание 1 свиноматки обходится в среднем до 5-7 долларов в день, в год урон составляет $(5,7 \times 365) = 2080$ долларов. При этом прямой экономический урон за счёт содержания сверхнормативных маток составит по комплексу $(2080 \times 420) = 873\ 600$ долларов в год. Экономическая эффективность за год использования племенных свиноматок на комплексе мощностью 24 тыс. гол вместо помесных беспородных маток составляет 867 600 долларов США» [10, с. 71].

Цель данной статьи – представить компьютерную методологию предпроектного моделирования оборота стада и имитационного расчёта движения поголовья функционирующего свиноводческого предприятия.

Материал и методика исследований. При разработке бизнес-плана проектирования, строительства и эксплуатации свиноводческого комплекса в основу расчёта технологии производства свинины проек-

тантами и экономистами используются методические подходы четверть и полувековой давности. В частности, берутся алгоритмы расчёта из учебников по свиноводству или из РНТП-2-2004 [11].

Основной проблемой при использовании методических подходов времён Советского Союза была и остаётся работа с числами, которые нельзя заменить математическим аппроксимационными функциями от одной или двух переменных [12]. Этот недостаток не позволяет совместить моделирование течения производственных процессов с еженедельных неразрушающим контролем технологического процесса по конкретной секции или половозрастной группе животных.

Большинство табличных данных, полученных в научно-производственных исследованиях отечественными и зарубежными учёными, включающих продуктивность свиней, гематологические, биохимические, иммунологические и иные показатели, качественные характеристики свинины, зоотехнические, зооигиенические, технологические, теплотехнических, теплофизические, экологические и иные параметры, были заменены прямолинейными, криволинейными и нелинейными функциями от одной и/или двух переменных. Разработанные аппроксимационные кривые адекватно описывают табличные данные, т. е. отклонение не превышало статистическую погрешность [13].

Полвека назад циклограммы работы свинокомплекса любой производственной мощности рисовали на миллиметровой бумаге с шагом в одни сутки. И в настоящее время для реализации западноевропейских идей о точном животноводстве учёт всех процессов (и технологических, и биологических) также осуществляют с шагом в один день, точнее, по фактам на определённую календарную дату.

Сбор и хранение огромнейшего объёма биологической, технологической, технической, экономической, финансовой и иной информации, в конечном итоге, сводится к представлению в графическом виде основных тенденций, которые работники свинокомплекса и так знают, но на просмотр и анализ которой специалисты обязаны тратить значительную часть своего рабочего времени.

Как поверхность земного шара, «взятая» с глобуса, превращается в географическую карту мира, так технологическая «бочка»-циклограмма, которую вершит номер недели в календарном году, реализуется в табличном процессоре MS Excel в цифровую циклограмму, на которой отмечается движение поголовья конкретной половозрастной группы свиней на свинокомплексе (рисунок 1).

Условная «привязка» номера секции на «бочке»-циклограмме происходит по номеру, указанному в ячейке, образуемой пересечением меридиан и параллелей, ограничивающих грань первой недели календарного года. Количество недель размещения животных в конкретной

секции, как и продолжительность её использования, совпадает с числом недель, отмеченных на соответствующей параллели, после предварительного моделирования технологического процесса.

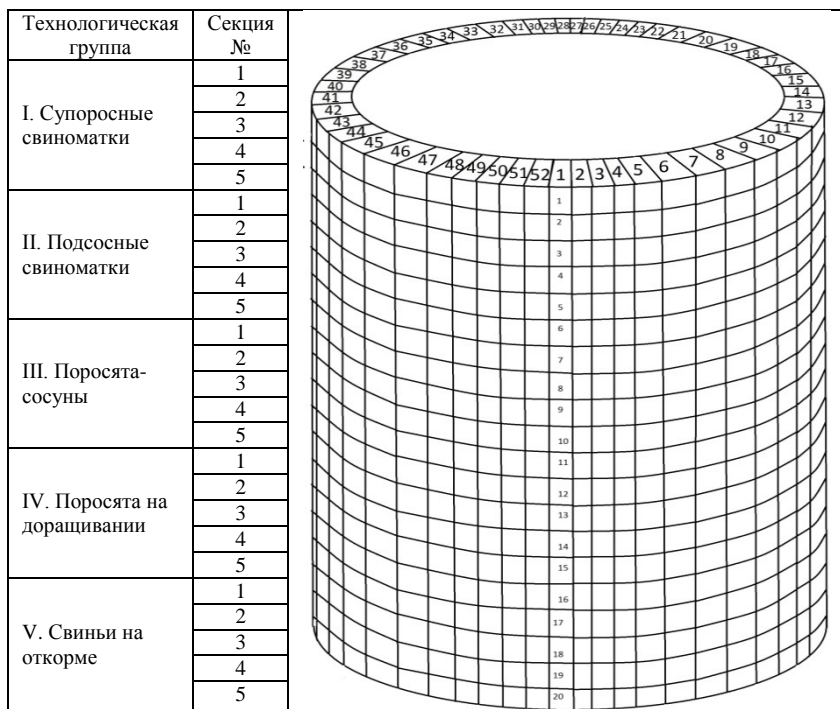


Рисунок 1 – Технологическая «бочка»-циклограмма свиного комплекса (Solyanik barrel-cyclogram)

На основе предварительных исследований [4, 7, 8] в MS Excel разработана компьютерная программа, позволяющая моделировать производственные процессы свиного комплекса как на предпроектной стадии, так и при эксплуатации объекта (таблица 1).

Таблица 1 – Блок-программа для предпроектного моделирования технологии товарного свиного комплекса

| | A | B |
|---|---|--------|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | A. Проектно-технологические требования: | Проект |
| 2 | 1. Строительно-проектные условия: | |
| 3 | <i>Общие параметры</i> | |
| 4 | Фазность производства (2, 3) | 3 |

Продолжение таблицы 1

| 1 | 2 | 3 |
|----|---|-----|
| 5 | Количество станков для опороса на свиномом- плексе, шт. | 150 |
| 6 | Количество поросят под свиноматкой в подсос- ный период, гол. | 12 |
| 7 | <i>Структура распределения поросят по направле- ниям использования, гол./станок для опороса</i> | |
| 8 | Количество реализованного молодняка с откорма | 11 |
| 9 | Ремонтные свинки для воспроизводства | 1 |
| 10 | Пало поросят от рождения до реализации | 0 |
| 11 | <i>Продолжительность производственного периода:</i> | |
| 12 | супоросный период (15-17), недель | 16 |
| 13 | подсосный период (4-8), недель | 5 |
| 14 | период дорашивание (5-12) недель | 8 |
| 15 | период откорма (10-18), недель | 14 |
| 16 | период выращивания ремонтных свинок от снятия с дорашивания и до осеменения (24-30), недель | 23 |
| 17 | <i>Станочная площадь свиноместа, м²</i> | |
| 18 | для супоросных маток | 1,4 |
| 19 | для подсосных свиноматок | 5 |
| 20 | для поросят на дорашивании | 0,4 |
| 21 | для молодняка на откорме | 0,8 |
| 22 | для ремонтного молодняка | 1 |
| 23 | <i>Распределение площади свинарников</i> | |
| 24 | Площадь под станки и станочное оборудование, % | 50 |
| 25 | Ширина здания, м | 18 |
| 26 | Длина здания, м | 60 |
| 27 | <i>Живая масса на конец периода:</i> | |
| 28 | павших поросят, кг | 20 |
| 29 | поросята-отъемыши, кг | 7 |
| 30 | поросята на дорашивании, кг | 30 |
| 31 | молодняк свиней при снятии с откорма, кг | 110 |
| 32 | ремонтный молодняк, кг | 130 |
| 33 | выбракованных прохолостевших ремонтных сви- нок, кг | 140 |
| 34 | свиноматок выбракованных сразу после опороса (выравнивание гнезд), кг | 190 |
| 35 | свиноматок после отъема поросят, кг | 160 |
| 36 | 2. Производственно-технологические условия | |
| 37 | <i>Для расчета оборота станков для опороса</i> | |
| 38 | Фактическое количество осемененных ремонтных свинок за неделю, гол. | 52 |
| 39 | Фактическое количество опоросившихся свино- маток за неделю, гол. | 40 |
| 40 | Всего получено за неделю новорожденных поро- сят, гол | 380 |

Продолжение таблицы 1

| 1 | 2 | 3 |
|----|--|---|
| 41 | Б. Проектно-технологические расчетные параметры: | |
| 42 | <u>1. Движение поголовья свиного комплекса</u> | |
| 43 | Общее количество опоросов на свином комплексе за год | =B5*B51 |
| 44 | Общее количество свиней переданных на убой, гол. | =B43*B6 |
| 45 | Количество секций станков для содержания подсосных маток с поросятами | =ЦЕЛОЕ(B5/B46) |
| 46 | Количество станков в секции для опороса, используемых за один ритм, шт. | =ЦЕЛОЕ(ЕСЛИ(B4=3; B5/B13; ЕСЛИ(B4=2; B5/(B13+B14)))) |
| 47 | Опоросов на свиноматку в год | =52/(B12+B13) |
| 48 | Условное количество основных свиноматок на свином комплексе, гол. | =B43/B47 |
| 49 | <u>Оборот стада, согласно технологического проекта свиного комплекса, раз/год</u> | |
| 50 | супоросный период | =52/B12 |
| 51 | подсосный период | =ЕСЛИ(B4=3;52/B13; ЕСЛИ(B4=2;52/(B13+B14))) |
| 52 | период дорашивание | =ЕСЛИ(B4=3;52/B14; ЕСЛИ(B4=2;"")) |
| 53 | период откорма | =52/B15 |
| 54 | период выращивания ремонтных свинок от снятия с дорашивания и до осеменения | =52/B16 |
| 55 | период от рождения до реализации откормочного молодняка свиней | =52/(B13+B14+B15) |
| 56 | период для ремонтного молодняка свиней | =52/(B13+B14+B16) |
| 57 | средневзвешенный период от рождения до реализации откорма свиней и осеменения ремонтных свинок | =((B55*B8)+(B9*B56))/(B8+B9) |
| 58 | <u>Количество свиномест, шт.</u> | |
| 59 | для супоросных свиноматок | =B43/B50 |
| 60 | для подсосных свиноматок (и для дорашивания при 2-фазной технологии) | =ЕСЛИ(B4=3; B43/(52/B13); ЕСЛИ(B4=2; B43/(52/(B13+B14)))) |
| 61 | для порослят-сосунов (и для порослят-отъемышей при 2-фазной технологии) | =ЕСЛИ(B4=3; B43/(52/B13)*B6; ЕСЛИ(B4=2; (B43/(52/B13)*B6+(B43/(52/B14)*B6)))) |
| 62 | для порослят на дорашивании (при 3-фазной технологии) | =ЕСЛИ(B4=3; B43/B52*B6; ЕСЛИ(B4=2;"")) |
| 63 | для молодняка на откорме | =B43/B53*(B6-B9-B10) |
| 64 | для ремонтного молодняка | =B43/B54*B9 |

Продолжение таблицы 1

| 1 | 2 | 3 |
|----|--|---|
| 65 | Общее количество свиномест | =ЕСЛИ(В4=3; В59+В60+В61+В62+В63+В 64; ЕСЛИ(В4=2; В59+В61+В63+В64+ ((В43/(52/(В13+В14))))- 2*(В43/(52/В13)))) |
| 66 | <u>Необходима станочная площадь для шлейфа по- головья свиней от группы подсосных маток, м²</u> | |
| 67 | для супоросных свиноматок | =В59*В18 |
| 68 | для подсосных свиноматок | =В60*В19 |
| 69 | для поросят на дорастивании | =ЕСЛИ(В4=3;В62*В20; ЕСЛИ(В4=2;"")) |
| 70 | для молодняка на откорме | =В21*В63 |
| 71 | для ремонтного молодняка | =В64*В22 |
| 72 | Общая станочная площадь свиногомплекса | =СУММ(В67:В71) |
| 73 | <u>Площадь зданий для половозрелых групп, м²</u> | |
| 74 | для супоросных свиноматок | =В67*100/В24 |
| 75 | для подсосных свиноматок | =В68*100/В24 |
| 76 | для поросят на дорастивании | =ЕСЛИ(В4=3;В69*100/В24; ЕСЛИ(В4=2;"")) |
| 77 | для молодняка на откорме | =В70*100/В24 |
| 78 | для ремонтного молодняка | =В71*100/В24 |
| 79 | Общая площадь зданий для содержания поголо- вья свиногомплекса | =В72*100/В24 |
| 80 | <u>Условное количество зданий, шт.</u> | |
| 81 | для супоросных свиноматок | =В74/(В25*В26) |
| 82 | для подсосных свиноматок | =В75/(В25*В26) |
| 83 | для поросят на дорастивании | =ЕСЛИ(В4=3; В76/(В25*В26); ЕСЛИ(В4=2;"")) |
| 84 | для молодняка на откорме | =В77/(В25*В26) |
| 85 | для ремонтного молодняка | =В78/(В25*В26) |
| 86 | Общее количество зданий для содержание пого- ловья свиногомплекса | =СУММ(В81:В85) |
| 87 | <u>2. Технологические параметры свиногомплекса, согласно архитектурно-строительного проекта</u> | |
| 88 | Общее количество свиноматок на свиногомплек- се, гол. | =В90+В91 |
| 89 | <u>Среднегодовое поголовье свиней, гол.</u> | |
| 90 | супоросных свиноматок | =В38*В12 |
| 91 | подсосных свиноматок | =В43/(52/В13) |
| 92 | поросят-сосунов | =В43/(52/В13)*В6 |
| 93 | поросят на дорастивании | =В43/(52/В14)*В6 |
| 94 | молодняка на откорме | =В43/(52/В15)*(В6-В9-В10) |
| 95 | ремонтного молодняка | =В43/(52/В16)*В9 |
| 96 | Общее количество свиней на свиногомплексе | =СУММ(В90:В95) |
| 97 | <u>Технологическая продолжительность</u> | |
| 98 | Период супоросности, сут. | =В12*7 |
| 99 | Возраст отъема поросят, сут. | =В13*7 |

Продолжение таблицы 1

| 1 | 2 | 3 |
|-----|---|---------------------------------------|
| 100 | Возраст поросят при передаче на откорм, сут. | $= (B13+B14)*7$ |
| 101 | Возраст снятия молодняка свиной с откорма, сут. | $= B100+B15*7$ |
| 102 | Возраст ремонтных свинок при первом осеменении, сут. | $= B100+B16*7$ |
| 103 | Возраст ремонтных свинок при первом осеменении, мес. | $= B102/30$ |
| 104 | <i>Среднесуточные приросты</i> | |
| 105 | за подсосный период, г | $= (B29-1,2)/(B13*7)*1000$ |
| 106 | за период дорастивания, г | $= (B30-B29)/(B14*7)*1000$ |
| 107 | за период откорма, г | $= (B31-B30)/(B15*7)*1000$ |
| 108 | за период выращивания и откорма, г | $= (B31-B29)/((B14+B15)*7)*1000$ |
| 109 | за период от рождения до реализации, г | $= (B31-1,2)/((B13+B14+B15)*7)*1000$ |
| 110 | ремонтного молодняка, г | $= (B32-B30)/(B16*7)*1000$ |
| 111 | Сохраность молодняка свиной, % | $= (B8+B9+B10)/B6*100$ |
| 112 | <i>3. Среднегодовые показатели свинокомплекса</i> | |
| 113 | <i>Количество кормодней, кормдн.</i> | |
| 114 | супоросных свиноматок | $= B90*365$ |
| 115 | подсосных свиноматок | $= B91*365$ |
| 116 | поросята-сосуны | $= B92*365$ |
| 117 | поросят на дорастивании | $= B93*365$ |
| 118 | молодняка на откорме | $= B94*365$ |
| 119 | ремонтного молодняка | $= B95*365$ |
| 120 | Итого количество кормодней, кормдн. | $= \text{СУММ}(B114:B119)$ |
| 121 | <i>Валовой прирост молодняка свиной за год, т</i> | |
| 122 | поросята-сосуны | $= B116*B105/1000/1000$ |
| 123 | поросят на дорастивании | $= B117*B106/1000/1000$ |
| 124 | молодняка на откорме | $= B118*B107/1000/1000$ |
| 125 | ремонтного молодняка | $= B119*B110/1000/1000$ |
| 126 | Итого ежегодный валовый прирост молодняка свиной | $= \text{СУММ}(B122:B125)$ |
| 127 | <i>Еженедельно реализуется свиной</i> | |
| 128 | пало поросят (утиль), гол. | $= B10*B46$ |
| 129 | молодняк свиной, гол. | $= B8*B46-(B130+B131)$ |
| 130 | выбраковано ремонтных свинок в период выращивания, гол. | $= B38/B132*B132-(B131+B132)$ |
| 131 | выбракованные свиноматки в период опороса и после выравнивания гнезд, гол | $= B132*B39/B132-B132$ |
| 132 | выбраковано свиноматок после отъема поросят, гол. | $= B46$ |
| 133 | Баланс по поголовью, +/- гол. | $= (B6*B46)-B128-B129-B130-B131-B132$ |
| 134 | <i>Живая масса еженедельно реализуемого поголовья</i> | |
| 135 | пало поросят (утиль), кг | $= B128*B28$ |
| 136 | молодняк свиной, кг | $= B129*B31$ |
| 137 | выбраковано ремонтных свинок в период выращивания, кг | $= B130*B32$ |

Продолжение таблицы 1

| 1 | 2 | 3 |
|-----|---|----------------------|
| 138 | выбракованные свиноматки в супоросный период и после выравнивания гнезд, кг | =B131*B34 |
| 139 | выбраковано свиноматок после отъема поросят, кг | =B132*B35 |
| 140 | Итого передано на убой, кг | =СУММ(B136:B139) |
| 141 | Итого передано на убой, т | =B140/1000 |
| 142 | <u>4. Проектные результирующие производственные показатели свиного комплекса</u> | |
| 143 | Производственная мощность, т/год | =B141*52 |
| 144 | пало поросят (утиль), т/год | =B135*52/1000 |
| 145 | <u>На среднегодовую голову</u> | |
| 146 | Получено валового прироста, кг | =B126*1000/B96 |
| 147 | Реализовано товарной свинины в живом весе, кг | =B143/B96*1000 |
| 148 | Товарность, % | =B147/B146*100 |
| 149 | <u>На станкоместо</u> | |
| 150 | Получено валового прироста, кг | =B126/B65*1000 |
| 151 | Реализовано товарной свинины в живом весе, кг | =B143/B65*1000 |
| 152 | <u>На 1м² станочной площади</u> | |
| 153 | Получено валового прироста, кг | =B126/B72*1000 |
| 154 | Реализовано товарной свинины в живом весе, кг | =B143/B72*1000 |
| 155 | Произведено свинины на дорастивании и откорме, кг | =B143/(B69+B70)*1000 |
| 156 | С. Расчет фактических производственных показателей функционирующего свиного комплекса | |
| 157 | <u>1. Дополнительные параметры оборота стада и движения поголовья</u> | |
| 158 | Потенциальный размер буферной группы, исходя из продолжительности подсосного периода, гол. | =B46*B9*B13 |
| 159 | Расчетно-минимальный размер буферной группы маток для осеменения при недельном ритме, гол. | =B46*21/7 |
| 160 | Баланс между минимальным и потенциальным размером буферной группы свинок для осеменения, гол. | =B158-B159 |
| 161 | Избыток (недостаток) к расчетно-минимальному размеру буферной группы, гол. | =B159-B38 |
| 162 | Сохраность молодняка свиней, % | =(B8+B9+B10)/B6*100 |
| 163 | Проходост осемененных ремонтных свинок (свиноматок), % | =B39/B38*100 |
| 164 | <u>2. Структура распределения молодняка свиней с одного опороса на момент выбытия</u> | |
| 165 | Пало молодняка свиней от рождения до убоя, гол. | =B5*B10*B46 |
| 166 | Пало молодняка свиней от рождения до убоя, кг | =B165*B28*B46 |
| 167 | Пало молодняка свиней от рождения до убоя, кг/год | =B166*B55*B46 |
| 168 | Реализовано молодняка свиней с откорма на убой, гол. | =B8*B5/B5 |
| 169 | Реализовано молодняка свиней с откорма на убой, кг | =B168*B31 |
| 170 | Реализовано молодняка свиней с откорма на убой, кг/год | =B169*B55 |

Продолжение таблицы 1

| 1 | 2 | 3 |
|-----|---|---|
| 171 | Реализовано прохолостевших свинок, выбракованных и отнятых свиноматок, гол. | =B9*B5/B5 |
| 172 | Реализовано прохолостевших свинок, выбракованных и отнятых свиноматок, кг | =B171/B9*B33+ B171/B9*B34+ B171/B9*B35 |
| 173 | <u>3. Фактический годовой оборот поголовья по производственному ритму:</u> | |
| 174 | Фактическое количество поросят-сосунов в станке, гол. | =ЕСЛИ(B182="Недостаток свиноматок с приплодом"; "Сбой в технологии"; (B40-B182)/B46) |
| 175 | Уровень заполненности станок для опороса, % | =ЕСЛИ(B182="Недостаток свиноматок с приплодом"; "Сбой в технологии"; B174/B6*100) |
| 176 | Фактическое многоплодие свиноматок, гол./опорос | =B40/B39 |
| 177 | <u>Маточные станки для опороса</u> | |
| 178 | Баланс по количеству поросят-сосунов в станке, гол. | =B8+B9+B10-B6 |
| 179 | Количество поросят-отъемышей при выбытии в цех откорма и перевода ремонтных свинок в цех осеменения, гол. | =B8+B9-B10 |
| 180 | Реализовано выбракованных прохолостевших свинок, гол. | =B38-B39 |
| 181 | Реализовано выбракованных прохолостевших свинок, кг | =B180*B33 |
| 182 | Необходимо перевести сверхнормативных поросят в другую секцию, гол. | =ЕСЛИ(B40-B46*B6<=0; "Недостаток свиноматок с приплодом"; B40-B46*B6) |
| 183 | Необходимо перевести свиноматок, вместе со сверхнормативными поросятами, в другую секцию, гол. | =ЕСЛИ(B182="Недостаток свиноматок с приплодом"; "Сбой в технологии"; ОКРУГЛ(B182/B6;0)) |
| 184 | Выбраковано свиноматок, после выравнивания гнезд, гол. | =ЕСЛИ(B182="Недостаток свиноматок с приплодом"; "Сбой в технологии"; B39-B183-B46) |
| 185 | Реализовано выбракованных свиноматок после опороса (выравнивание гнезд), кг | =B184*B34 |
| 186 | Количество реализованных выбракованных свиноматок после отъема поросят, гол. | =B46 |
| 187 | Реализовано выбракованных свиноматок после отъема поросят, кг | =B186*B35 |
| 188 | Годовое количество реализованного маточного поголовья, гол. | =(B186+B180+B184)*52 |
| 189 | <u>Ежегодно реализовано свиней со свинокомплекса, гол.</u> | |
| 190 | Количество реализованного молодняка свиней | =B46*(B179-B9-B10)*52 |
| 191 | Количество реализованного маточного поголовья | =(B180+B184+B186)*52 |

Продолжение таблицы 1

| 1 | 2 | 3 |
|-----|--|---------------------------|
| 192 | Всего реализовано свиней | =B190+B191 |
| 193 | <i>Ежегодное производство свинокомплекса, т</i> | |
| 194 | Живая масса реализованного молодняка свиней | =B190*B31/1000 |
| 195 | Живая масса реализованного маточного поголовья | =(B181+B185+B187)*52/1000 |
| 196 | Производственная мощность | =B195+B194 |
| 197 | <i>ЗА ГОД</i> | |
| 198 | По проекту ежегодно: | |
| 199 | Реализовано на убой молодняка в живом весе, т | =(B136*52/1000) |
| 200 | Реализовано на убой свиноматок в живом весе, т | =(B137+B138+B139)*52/1000 |
| 201 | Производственная мощность свинокомплекса, т/год | =B199+B200 |
| 202 | Производственная мощность свинокомплекса в расчете на условную основную свиноматку, т | =B201/B48 |
| 203 | Разница в производственной мощности между проектным расчётом и фактическими показателями работы предприятия, т | =B196-B201 |
| 204 | Разница в производственной мощности между проектным расчётом и фактическими показателями работы предприятия, % | =100-B196/B143*100 |
| 205 | Разница в производстве свинины на станок для опороса между проектным расчётом и фактическими показателями работы, кг | =B203/52/B46*1000 |

Чтобы воспользоваться блок-программой ее достаточно скопировать с лист табличного процессора в диапазон ячеек A1:B205.

Полученные математические зависимости [5] были использованы в компьютерных блок-программах для расчета динамических моделей того или иного параметра, включая оборот стада, движения поголовья, качество свинины, выход навозных стоков, плодородие почв и т.д.. Далее выходные результаты работы блок-программ служили входными данными для комплексной имитационной модели (Animals Hygiene Model Solyanik) свиноводческого предприятия [8].

Для оптимизации технологии производства свинины использовали возможности MS Excel, в частности, применяли сервис «Поиск решения».

Для разработки компьютерной программы имитационного моделирования производства товарной свинины были установлены следующие общие ограничения и требования (таблица 2).

Результаты эксперимента и их обсуждение. Использование блок-программы и проведение поиска оптимального технологического решения позволило установить:

- критической контрольной точкой в товарном свиноводстве является наличие в технологическом процессе свиноматок, имеющих более одного опороса за продуктивную жизнь, т. е. группа основных свиноматок;

Таблица 2 – Матрица технологических ограничений

| Параметр | Пояснение |
|----------------------------|--|
| 1 | 2 |
| 1. Животные | <p>1.1. Свины мясо-сального направления, выход мяса не более 60 %.</p> <p>1.2. Живая масса реализованных свиней на убой не должна превышать 150 кг.</p> <p>1.3. Толщина спинного сала – не более 5 см.</p> <p>1.4. Многоплодие свиноматок не более 12 живых поросят на опорос.</p> <p>1.5. Кормление осуществляется специализированными комбикормами промышленного производства. Вся солома от зерновых культур, идущих на изготовления комбикорма, используется в виде подстилки.</p> <p>1.6. Заболевшие животные выбраковываются и подвергаются убою.</p> <p>1.7. Ветеринарное обслуживание исключительно по проведению обязательных профилактических прививок не более чем от пяти заболеваний.</p> |
| 2. Технология производства | <p>2.1. Замкнутый цикл производства (репродуктор и откорм на одном предприятии).</p> <p>2.2. Двухфазная технология (поросята с момента рождения и до достижения живой массы 30 кг находятся в маточных станках, затем переводятся в другое здание для откорма).</p> <p>2.3. Саморемонт основного стада. Особенность селекционно-племенной работы на свиномкомплексе заключается в выполнении двух требований: первое – отбор ремонтных свинок у свиноматок с многоплодием 11-12 живых поросят, из гнезд в которых женских особей при рождении более 80 %. Второе требование – проверка всех ремонтных свинок в подсосный период на активность завладения места у кормушки, когда мест меньше, чем животных.</p> <p>2.4. Подсосный период не более 5 недель.</p> <p>2.5. Ритм производства 1 неделя.</p> <p>2.6. Осеменивание осуществлять покупной спермопродукцией, полученной в селекционно-генетических станциях по свиноводству в областях Беларуси.</p> <p>2.7. Объем производства свинины со свиноместа не менее 250 кг.</p> |
| 3. Условия содержания | <p>3.1. Стоимость свиноместа на среднегодовую голову не более 250 долларов США.</p> <p>3.2. Ограждающие конструкции зданий, где содержатся свиньи, имеют максимально высокие и экономически оптимальные теплотехнические характеристики, срок эксплуатации не менее 50 лет.</p> <p>3.3. Все животные, кроме подсосных свиноматок с поросятами, содержатся крупногрупповым способом на глубокой периодически сменяемой соломенной подстилке, имеют свободный доступ на выгульные площадки.</p> <p>3.4. Моча отводится из здания и перекачивается в герметичное хранилище.</p> <p>3.5. Во всех зданиях применяется естественная вентиляция.</p> |

Продолжение таблицы 2

| 1 | 2 |
|--|---|
| 4. Навоз и сельскохозяйственные угодья | 4.1. Навоз складывается возле здания, перепревает и весной (осенью) вывозится на поля для заделки в почву. 4.2. Контролируется содержание гумуса и плодородие почв. 4.3. Проводится мониторинг распространения нитратов по грунтовым водам территорий утилизации навоза и мочи. |
| 5. Убой и переработка | 5.1. Убой и глубокая переработка свиней осуществляется преимущественно на промышленных мясокомбинатах, имеющих сеть торговых точек. |
| 6. Организация труда и экономика | 6.1. Количество работников не более 10 человек на первую тысячу тонн реализованной за год свинины в живой массе, и далее не более 5 человек на каждую последующую тысячу тонн. 6.2. Окупаемость капитальных затрат не более 5 лет. |

- для повышения благополучия свиноголовья необходимо использовать групповое и крупногрупповое свободновыгульное содержание всех половозрастных групп свиней, за исключением свиноматок в цехе опороса.

Многоопоросные свиноматки на товарных свинокомплексах с замкнутым циклом производства стали основным источником распространения заболеваний на животноводческом объекте. С точки зрения организации производства и расчёта движения поголовья в производственном цикле, имеется холостой период у основных свиноматок, а также необходимо постоянно контролировать размер буферной группы и место для её размещения. Свиноматки за свою продуктивную жизнь подвергаются многократной иммунизации и лечению от различных заболеваний. На свиноматок после отъёма поросят затрачиваются корма, которые могут не окупиться новым опоросом, т. к. свиноматка может прохолостеть. От свиноматок, имевших несколько опоросов, невозможно получить качественную свинину для потребления человеком.

Исключение из технологии производства основных свиноматок, интенсификация процесса воспроизводства с целью получения более предсказуемого результата в цехе опороса, передача на убой выбракованных прохолостевших свинок и свиноматок после отъёма от них поросят позволяет повысить объёмы производства на свинокомплексе на 15-25 %.

Разработанная блок-программа позволяет:

- проводить предпроектное моделирование технологии производства свинины для свинокомплекса любой производственной мощности;
- осуществлять моделирование циклограммы движения поголовья и использования производственных помещений в случае значительного

расхождения производственных и проектных технологических параметров по продуктивности и сохранности поголовья;

- предлагать весь спектр исходной информации (архитектурно-строительной, производственно-технологической) при переводе функционирующего по двухфазной технологии свиного комплекса на трёхфазную, или при планировании значительного увеличения объёмов производства свиного комплекса, работающего по трёхфазной технологии.

К слову, именно строительство в своё время свиного комплекса, работающих по двухфазной технологии, на которых количество станков для опороса в 2-3 раза больше, чем на предприятиях, имеющих такой же объём производства свинины, но функционирующих по трёхфазной системе, позволило путём дополнительного возведения нескольких зданий для цеха дорашивания и откорма значительно увеличить мощность животноводческого объекта, изменив фазность производства.

Заключение. Разработана компьютерная методология, позволяющая не только осуществлять предпроектные расчёты по обороту стада при проектировании и строительстве свиноводческих объектов (ферм, комплексов), но и моделировать течение производственных процессов на основе оптимальных технологических решений организации движения поголовья, и, прежде всего, минимизация материально-финансовых затрат при использовании секторов для подсосных свиноматок с поросятами.

Использование блока оптимизации офисного приложения MS Excel, а также разработанных ограничений по технологическим и производственным параметрам эксплуатации свиного комплекса, смоделирована видосоответствующая, экологически сбалансированная и экономически оптимальная технология производства товарной свинины (СВ-технология). Внедрение предлагаемой технологии в функционирование товарных свиноводческих комплексов даст возможность обеспечить биобезопасность свиного комплекса, так как исключается из технологической цепочки «звено инфицирования» (основные свиноматки), что, в конечном итоге, позволяет снизить себестоимость производимой продукции и повысить прибыльность работы предприятий.

СВ-технология даёт возможность повысить объёмы производства, создать видосоответствующие условия содержания всех половозрастных групп свиней, что положительно отражается на их благополучии, минимизировать экологические последствия от функционирования свиноводческого объекта на конкретной административной территории.

Литература

1. Ковалев, М. М. Цифровая экономика – шанс для Беларуси : моногр. /М. М. Ковалев, Г. Г. Головенчик. – Минск : Изд. центр БГУ, 2018. – 327 с.
2. PricewaterhouseCoopers (PwC) // Википедия. Свободная энциклопедия [Электрон. ресурс]. – 2020. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/PricewaterhouseCoopers>
3. Соляник, В. В. Зоогигиенически оптимальная технология производства свинины / В. В. Соляник, С.В. Соляник // Научные основы повышения продуктивности сельскохозяйственных животных : сб. науч. тр. СКНИИЖ по материалам 6-ой междунар. науч.-практ. конф. (15-17 мая 2013 г.). - Краснодар, 2013. - Ч. 2. - С. 91-96.
4. Соляник, В. В. Зоогигиеническая оптимизация и экологическая сбалансированность технологии выращивания свиней / В. В. Соляник, С. В. Соляник // Сб. науч. тр. Винницкого НАУ. – Винница, 2012. – Вып. 1(57). – С. 177-183.
5. Соляник, В. В. Технологический скрининг свиноводческих предприятий / В. В. Соляник, С. В. Соляник // Сб. науч. тр. Винницкого НАУ. – Винница, 2013. – Вып. 3(73). – С. 118-128.
6. Соляник, В. В. Особенности видосоответствующей технологии в свиноводстве / В. В. Соляник, С. В. Соляник // Органическое производство и продовольственная безопасность : сб. материалов II Междунар. науч.-практ. конф. (24-25 апр. 2014 г.). – Житомир, 2014. – С. 184-189.
7. Соляник, С. В. Организационно-правовые аспекты биологической и продовольственной безопасности на примере производства свинины / С. В. Соляник // Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования : сборник статей II Международной научно-практической Интернет-конференции (28 февраля 2017 г.). – с. Солоное Займище, 2017. – С. 1522-1525.
8. Соляник, С.В. Использование компьютерно-математической модели Solyanik для имитационного моделирования технологии работы товарного свиноплеменника / С. В. Соляник // Молодежь и наука XXI века : материалы Международной научно-практической конференции молодых ученых, 13 декабря 2018 г. – Ульяновск : УлГАУ, 2018. – Т. II. – С. 89-92.
9. Соляник, В.В. СВ-технология – саморазвивающаяся видосоответствующая технология производства товарных свиней / В.В. Соляник, С.В. Соляник // Зоотехническая наука Беларуси : сб. науч. тр. – Жодино, 2015. – Т. 50, ч. 2 : Технология кормов и кормления, продуктивность. Технология производства, зоогигиена, содержание. – С. 264-279.
10. Шейко, И. П. Новые пути и методы развития свиноводства в Беларуси / И. П. Шейко // Весці НАН Беларусі. Сер. аграрных навук. – 2020. – Т. 58, № 1. – С. 68-78.
11. Республиканские нормы технологического проектирования новых, реконструкции и технического перевооружения животноводческих объектов : РНТП-1-2004 / Н. А. Попков [и др.]. – Минск. 2004. – 92 с.
12. Соляник, А. В. Общетеоретические основы использования численных методов в принятии управленческих решений в свиноводстве : монография / А. В. Соляник, В. В. Соляник, А. А. Соляник ; М-во сельского хоз-ва и продовольствия Респ. Беларусь, Гл. управление образования, науки и кадров, Бел. гос. с.-х. acad. – Горки : БГСХА, 2013. – 412 с. – ISBN 978-985-467-430-8.
13. Соляник, С. В. Природно-подобная технология производства товарной свинины / С. В. Соляник, В. В. Соляник // Свиноводство : міжвід. тем. наук. зб. – Полтава, 2019. – Вип. 73. – С. 39-48.

Поступила 3.03.2020 г.