

УДК 005.591.4

В. Н. Сердюк, д. е. н., доцент, Донецький національний університет

СИСТЕМНО–ДИНАМИЧЕСКОЕ ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРАТЕГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Разработана системно–динамическая модель стратегического развития машиностроительного предприятия, позволяющая пошагово спрогнозировать темпы развития предприятия при условии взаимного влияния рынка, инноваций, технологических и производственных возможностей и циклов износа и замены оборудования.

Ключевые слова: стратегическое развитие, экономическая эффективность, реструктуризация, имитационное моделирование, машиностроительное предприятие.

Рис. 7, лит. 12.

В. М. Сердюк

СИСТЕМНО–ДИНАМІЧНЕ ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СТРАТЕГІЧНОГО РОЗВИТКУ МАШИНОБУДІВНОГО ПІДПРИЄМСТВА

Розроблено системно–динамічну модель стратегічного розвитку машинобудівного підприємства, яка дозволяє покроково спрогнозувати темпи розвитку підприємства за умови взаємного впливу ринку, інновацій, технологічних і виробничих можливостей і циклів зносу та заміни обладнання.

Ключові слова: стратегічний розвиток, економічна ефективність, реструктуризація, імітаційне моделювання, машинобудівне підприємство.

V. N. Serdujk

SYSTEM–DYNAMIC SIMULATION OF STRATEGIC DEVELOPMENT ENGINEERING COMPANY

Developed a system dynamics model of the strategic development of the engineering enterprise, allowing incrementally predict the pace of enterprise development with mutual influence of the market, innovation, technology and manufacturing capabilities and cycles of wear and replacement of equipment.

Key words: strategic development, economic efficiency, restructuring, simulation, engineering enterprise.

Постановка проблеми. Устойчивый рост доходности машиностроительного предприятия обеспечивается в условиях, когда оно, реализуя свои интересы, выражает и интересы своих партнеров и общества, когда оно стремится к постоянному обновлению всех параметров своей хозяйственной деятельности, находится в состоянии постоянного развития. При этом факторами максимизации доходов становятся не просчеты рынка, а учет рыночной, научно–технической и потребительской конъюнктуры, всемерное использование внутренних источников развития, предоставление дополнительных выгод потребителю.

Применение научно обоснованных подходов к выбору и получению наиболее эффективных траекторий развития предприятий машиностроительного комплекса ста-

новитися задачею, призначеною визначити фактори та умови впливу на динаміку виробничого потенціалу, гнучкість системи по випуску нової машинобудівної продукції, гарантуючої їй доходність та умови стійкого розвитку.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В сучасних економічних дослідженнях в останні роки отримали теоретичне розв'язання [1-11] і широко застосовуються на практиці методи математичного моделювання, які дозволяють проводити експерименти з економічними системами на мікрорівні, галузевому рівні, а також на рівні регіонів та цілих економічних комплексів без прямого впливу на дані системи. В ході модельних експериментів можна отримати основну інформацію про параметри розвитку систем без втручання в їх діяльність.

Визначення питань, які не вирішені в даній для дослідження проблематиці. Однак недоліком цих методів є значні спрощення та допущення, відірвані від реальної системи та її стану, які вони описують. Розвиток прикладних інформаційних та математичних пакетів моделювання, а також можливість поєднати або синтезувати декілька методів моделювання та розробляти ієрархічні синтезовані моделі дозволяє усунювати цей недолік та отримати результати моделювання, найбільш адекватно описуючі реальне положення та характеристики конкретної групи або комплексу економічних об'єктів.

Формування цілей статті. В даній статті об'єктом моделювання є машинобудівні підприємства, функціонування яких піддається впливу неопределенності зовнішнього середовища, а також значно ускладнено диференціюванням продукції, технологічними особливостями та різними темпами розвитку кожного з підприємств машинобудівного комплексу України внаслідок експлуатації застарілих машин та обладнання, різного циклу їх оновлення та заміни.

Основні результати дослідження. Виходячи з вищесказаного, сформулюємо першу задачу моделювання як встановлення такого життєвого циклу машинобудівної продукції, який за умови задоволення попиту на ринку, відповідного плановому значенню обсягу виробництва та оптимальному залученню наявних виробничих потужностей, гарантує максимальний рівень ефективності фінансово-господарської діяльності машинобудівних підприємств. Виникаючі при цьому причинно-наслідкові зв'язки моделі представлені на рис. 1.

Постійне відслідковування попиту та здатність швидко реагувати на найменші його зміни (тобто гнучкість виробництва) визначає виживання та успішну роботу підприємства. Наразі важче всього не виробити продукцію, а реалізувати її, знайти конкретну нішу на ринку для свого товару. Тому велике значення набуває вивчення попиту на машинобудівну продукцію.

Існує визначена класифікація різних видів попиту, і по кожному з цих видів розроблені певні методики аналізу споживання [2, 3, 7, 9, 12] або, іншими словами, ідентифікації попиту. Основним вимогом ідентифікації є проведення ряду імітаційних експериментів, які дозволять встановити характер попиту на продукцію машинобудівних підприємств, а також виправити процес управління підприємством, а саме розробити адекватну програму виробництва та пришвидшити процес прогнозування результатів економічної діяльності підприємства.

Первинна ідентифікація попиту допускає аналіз попиту на продукцію. Для більш адекватної ідентифікації необхідно обробити статистичну інформацію об обсягах продажів за тривалий період часу. В даному випадку була оброблена статистична інформація та встановлено адекватні характеристики попиту на продукцію машинобудівних підприємств Донецької області, так як

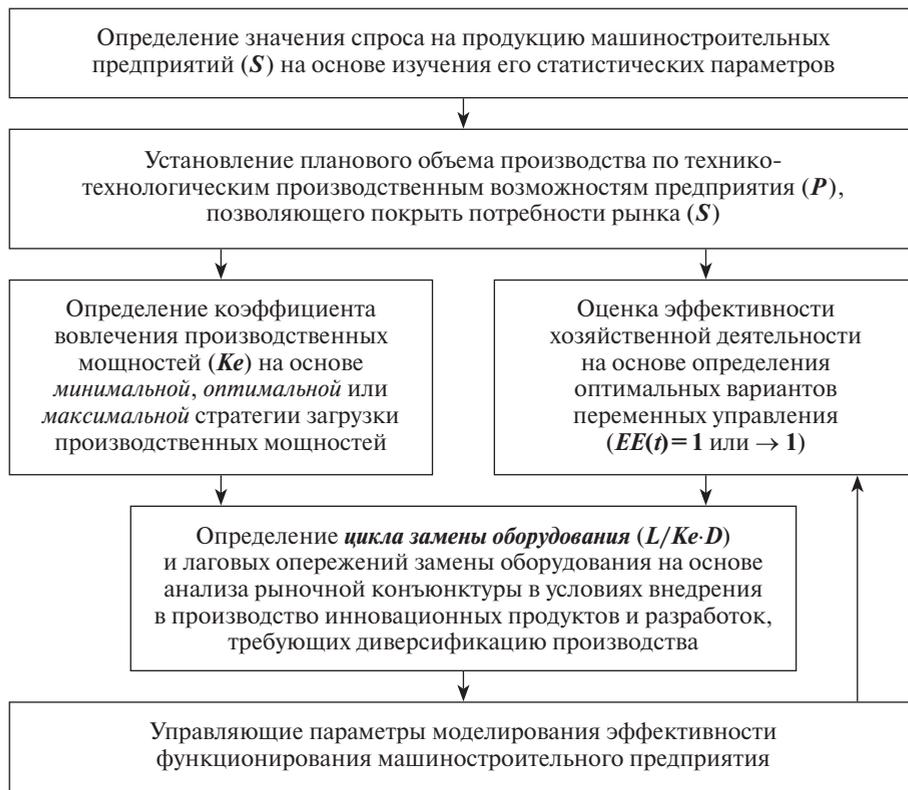


Рис. 1. Экономико-математическая модель эффективности функционирования машиностроительного предприятия

эта величина является переменной составляющей управления, и ее значение напрямую оказывает влияние на результативность представленных расчетов (рис. 2).

Определение типа анализа спроса начинается с графического отражения статистической информации.

Предположим, уравнение (1) описывает характер спроса на продукцию предприятий машиностроительного комплекса. Спрос на машиностроительную продукцию $S(t)$ рассчитывается по формуле:

$$S(t) = 140 + 28 \cdot \cos\left(\frac{t}{15}\right) + 61 \cdot \sin\left(\frac{t}{53}\right) + 0,5t + \varepsilon(0; 200), \quad (1)$$

где ε — случайная величина, распределенная по равномерному закону с параметрами 0 и 200.

Тогда уравнение (2) определяет производственные мощности оборудования в момент времени t ($D(t)$) как максимальный объем продукции в день, который может производить оборудование D (единиц продукции в день):

$$D(t) = \text{const}. \quad (2)$$

Зададим значение коэффициента вовлечения производственных мощностей (K) машиностроительных предприятий, как показано в формуле (3). Он определяет, на сколько процентов используются производственные мощности D :

$$K = [0, 1; 0, 2; 0, 3; 0, 4; 0, 5; 0, 6; 0, 7; 0, 8; 0, 9; 1, 0]. \quad (3)$$



Рис. 2. Идентификация спроса на продукцию машиностроительного предприятия

Лимит выпуска продукции ($L(t)$) в виде ограничения использования технологических свойств оборудования задан как постоянная величина, не изменяющаяся во времени:

$$L(t) = \text{const.} \quad (4)$$

Предположим, оборудование рассчитано на выпуск L единиц продукции, после этого оно изнашивается и качество продукции резко падает, поэтому, как только оборудование произвело L единиц продукции, его необходимо заменить.

Плановый объем производства ($PP(t)$) задан формулой (5). Он определяется с учетом производственных мощностей в момент времени t для каждого значения коэффициента вовлеченности производственных мощностей:

$$PP(t) = K \times D(t). \quad (5)$$

Оценка эффективности деятельности предприятия является одним из главных направлений финансового анализа, однако, единого подхода к определению сущности данного понятия, а также к методам оценки эффективности в современных исследованиях нет, что негативно сказывается на точности и достоверности оценочной информации. Следует отметить, что экономическую эффективность экономисты рассматривают как субъективную категорию, считают ее оценочной и связывают с отношением ценности результата к ценности затрат, хотя и указывают на наличие в экономической эффективности объективного компонента.

В научной литературе дано несколько определений экономической эффективности, которые сводятся к следующему [6-10]:

- 1) достижение наибольших результатов при минимальных затратах на выполнение работы;
- 2) соотношение между получаемыми результатами производства — продукцией и материальными услугами, с одной стороны, и затратами труда и средств производства — с другой.

Эти и подобные им дефиниции экономической эффективности в общем и целом не вызывают сомнений. Однако в них нет главного: что понимать под результатом и что понимать под затратами. Эти аспекты в названных дефинициях остаются нераскрытыми. А между тем именно ответ на них дает правильное представление о данной категории.

Экономическая эффективность, на наш взгляд, включает в себя аспекты технико-экономической эффективности и социально-экономической эффективности, то есть отражает и уровень эффективности использования производительных сил, и степень достижения цели производства. Таким образом, повышение эффективности является решающим материальным фактором реализации высшей и конечной цели производства. Эффективность включает в себя и качественную, и количественную стороны, которые в своей совокупности определяют меру эффективности. Тогда эффективность производства ($EE(t)$), как отношение планового (реального) объема производства к объему производства, покрывающему рыночные потребности, можно определить по следующей формуле:

$$EE(t) = \int_{t_0}^t \frac{PP(t)}{SS(t)} dt, \quad (6)$$

где $PP(t)$ — плановый объем производства;

$SS(t)$ — переменная, рассчитанная на основе спроса S и соразмерная плановому объему производства PP .

Эффективность производства во многом зависит от длительности цикла замены оборудования, поскольку изготовление машиностроительной продукции на физически и морально устаревшем оборудовании изначально приведет к ее неконкурентоспособности на рынке.

Длительность цикла замены оборудования (ZZ) определяется по формуле:

$$ZZ = \frac{L(t)}{K \cdot D(t)}. \quad (7)$$

Необходимо также оговорить параметры циклов износа оборудования ($II(t)$), которые описываются следующим образом:

$$II(t) = \frac{K \cdot D(t)}{ZZ \cdot D(t)} \times 100. \quad (8)$$

Проведем инициализацию переменных модели, то есть тех параметров, которые задаются непосредственно как переменные управления для повышения адаптивных свойств модели и адекватности результатов реальным условиям. К ним относятся:

1. Задание изменения временного параметра:

$$t = \overline{1:5 \times 360}.$$

2. Производственные мощности оборудования:

$$D(t) = 1386.$$

4. Лимит выпуска продукции для оборудования:

$$L(t) = 124740.$$

Вторая задача моделирования призвана устранить принятые допущения первой задачи моделирования, которые сводились к невозможности учесть случайный характер спроса на машиностроительную продукцию и возможность выбора стратегии развития, регулируемой коэффициентами вовлечения в производственный процесс производственных мощностей. Формулы (9-22) соответствуют математической постановке задачи системно-динамического имитационного моделирования, позволяющей пошагово на

определенное значение спрогнозировать темпы развития предприятий машиностроительного комплекса при условии взаимного влияния рынка, инноваций, технологических и производственных возможностей и циклов замены и износа оборудования.

Пусть темпы увеличения спроса на продукцию машиностроительного предприятия $S(S(t))$ заданы уравнением (9):

$$S(t) = 140 + 28 \cdot \cos\left(\frac{t}{15}\right) + 61 \cdot \sin\left(\frac{t}{53}\right) + 0,5t + \varepsilon,$$

где t — текущее значение временного параметра;
 ε — случайная величина.

Объем спроса на продукцию машиностроительного предприятия $SS(SS(t))$ рассчитаем по формуле:

$$SS(t) = \int_{t_0}^{t_n} S(t) dt + SS(t_0). \quad (10)$$

Производственные мощности машиностроительного предприятия:

$$D(t) = \text{const}. \quad (11)$$

Коэффициент вовлечения производственных мощностей:

$$K = [K_1; K_3; K_{10}]. \quad (12)$$

Лимит выпуска продукции для оборудования:

$$L(t) = \text{const}. \quad (13)$$

Темпы производства машиностроительного предприятия ($P(t)$):

$$P(t) = K(\text{simp}) \times D(t). \quad (14)$$

где simp — стратегия использования производственных мощностей.

Объемы производства машиностроительного предприятия ($PP(t)$):

$$PP(t) = \int_{t_0}^{t_n} P(t) dt + PP(t_0). \quad (15)$$

Эффективность производства ($EE(t)$) рассчитывается по формуле:

$$EE(t) = \frac{PP(t)}{SS(t)}. \quad (16)$$

Длительность цикла замены оборудования (ZZ):

$$ZZ = \frac{L(t)}{K(\text{simp}) \cdot D(t)}. \quad (17)$$

Стратегия использования производственных мощностей:

$$\text{simp} = [1; 2; 3]. \quad (18)$$

Стратегия использования производственных мощностей может быть трех видов: 1) стратегия использования производственных мощностей «Минимальная»; 2) стратегия использования производственных мощностей «Оптимальная»; 3) стратегия использования производственных мощностей «Максимальная».

Случайная величина (e):

$$e = \text{random}(0; 200). \quad (19)$$

где random — функция генерации случайных чисел по равномерному закону.

Оптимальный цикл замены оборудования (ZO):

$$ZO = \text{const.} \quad (20)$$

Значение эффективного производства (EO):

$$EO = \text{const.} \quad (21)$$

День t (текущее значение временного параметра):

$$t = \int_{t_0}^{t_n} 1 dt. \quad (22)$$

На рис. 3 дана графическая интерпретация результатов моделирования в одномерной плоскости.



Рис. 3. Одномерное изображение плоскости эффективности производства и плоскости эффективного вовлечения производственных мощностей

На нем мы видим, как в результате пересечения двух поверхностей — поверхности уровня вовлечения производственных мощностей и поверхности эффективного производства (ЕЕ), динамику которого регулирует рыночный механизм и влияние неопределенности спроса на рынке данной продукции, получается одно точечное значение, представляющее собой точку эффективного производства. В данном случае оно соответствует на конец периода моделирования коэффициенту загрузки производственных мощностей, равному 0,5. Плоскость, образованную пересечением поверхности эффективного производства, ограниченную плоскостью рыночных возможностей, будем считать плоскостью эффективного вовлечения производственных мощностей.

Несомненно, цикл замены оборудования зависит от выбора коэффициента вовлечения производственных мощностей. Однако интенсивность вовлечения производственных мощностей в производственный процесс напрямую зависит от физического износа оборудования и приводит к опережению графиков его замены и обновления. Сопоставление циклов износа и замены оборудования позволяет найти такое значение точки замены оборудования, которое при условии эффективной политики реструктуризации предприятия обеспечит прежние темпы производства и плановым объемом покроет текущий спрос на рынке. Численные эксперименты с моделью предполагают ввод данных, которые характеризуют эффективное производство и оптимальный цикл замены оборудования для трех различных стратегий вовлечения производственных мощностей в процесс производства продукции (рис. 4, 5, 6).

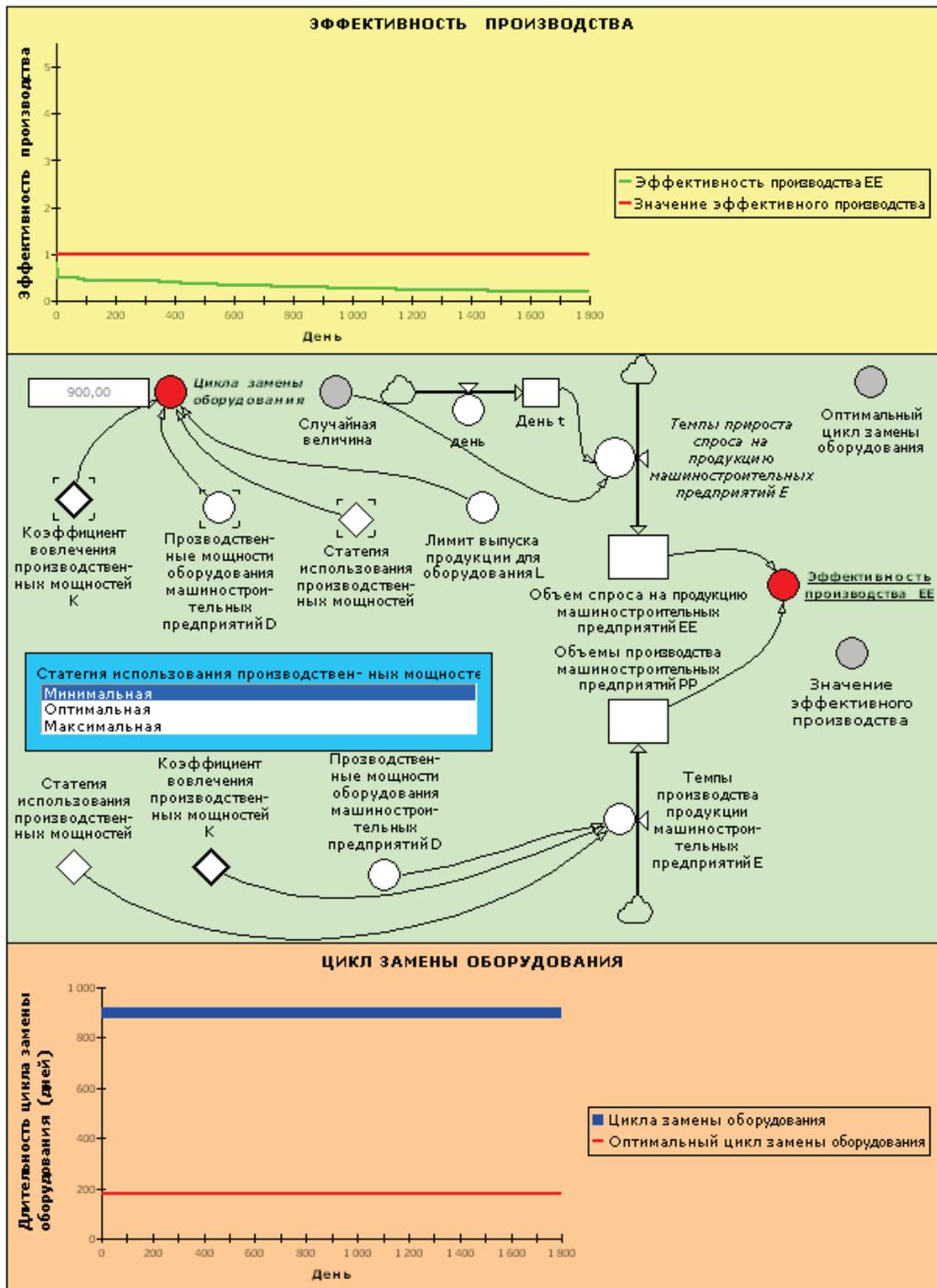


Рис. 4. Оценка эффективности производства и цикла замены оборудования в условиях минимальной загрузки мощности предприятия

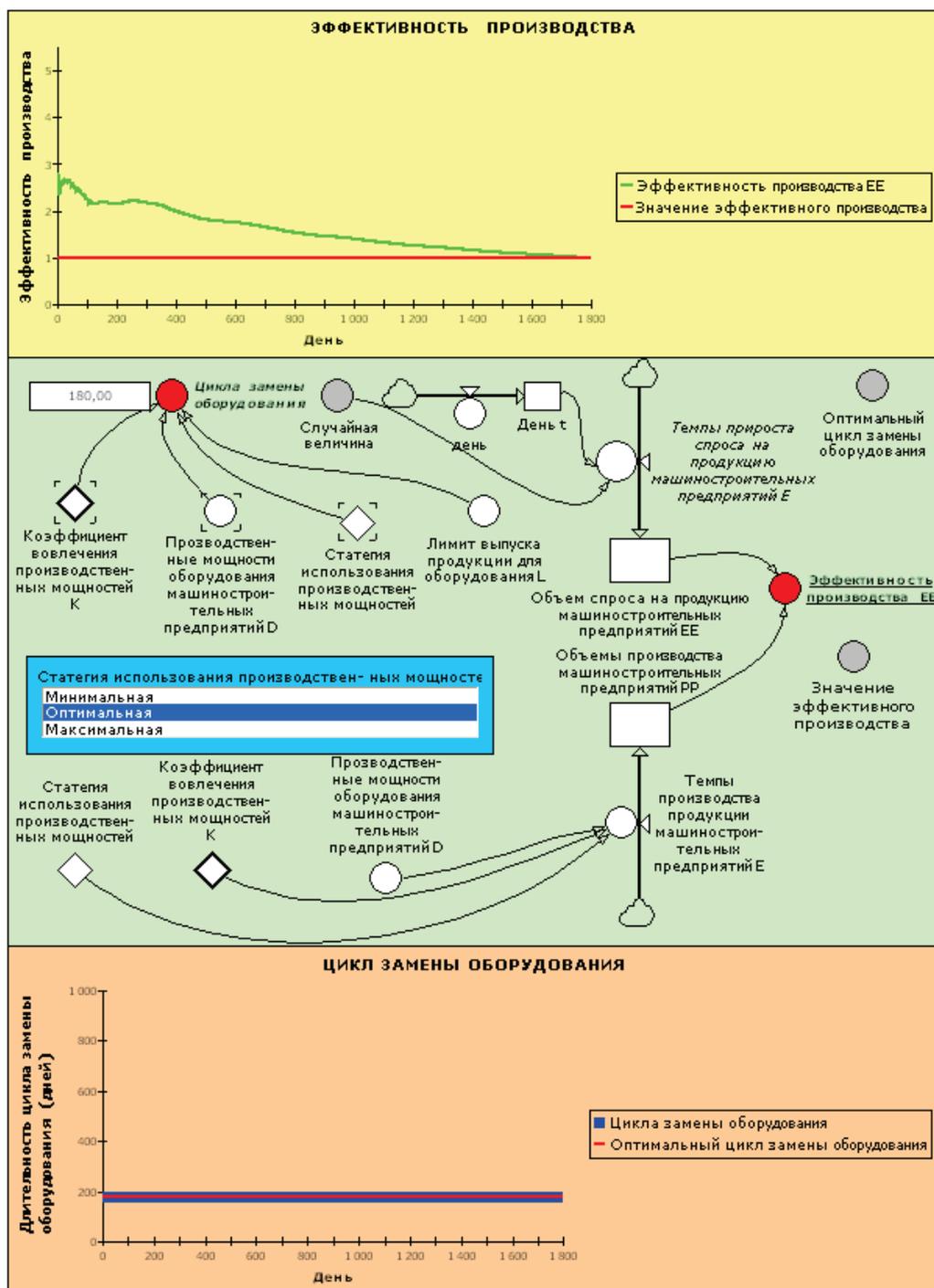


Рис. 5. Оценка эффективности производства и цикла замены оборудования в условиях оптимальной загрузки мощности предприятия

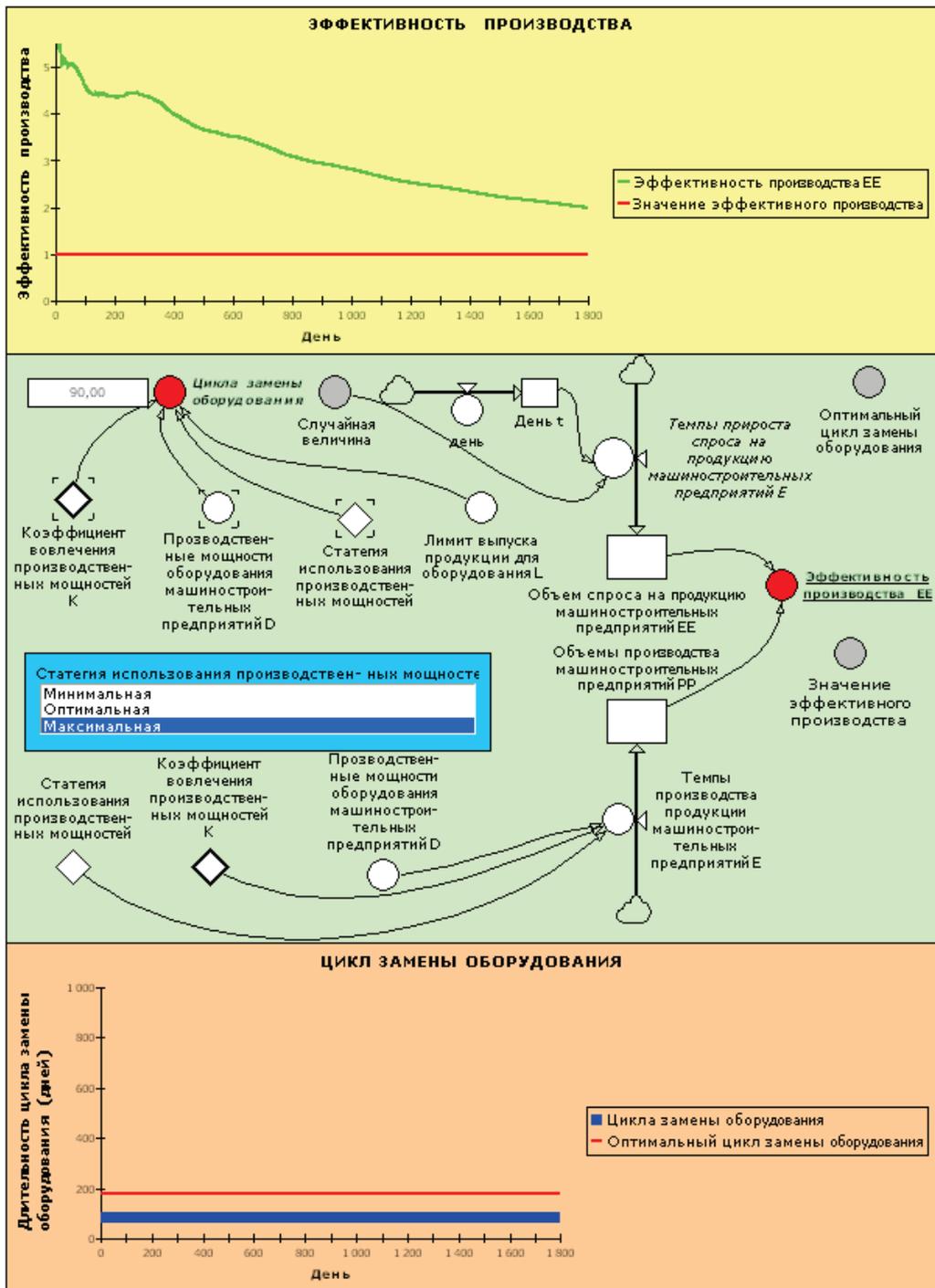


Рис. 6. Оценка эффективности производства и цикла замены оборудования в условиях максимальной загрузки мощности предприятия

Согласно первому эксперименту (рис. 4) кривая реального значения эффективности производства находится значительно ниже кривой оптимального значения, полученного как результат моделирования переменных первой задачи моделирования. Это отражает ситуацию недоиспользования производственных возможностей предприятия, характерную для современных условий хозяйствования, однако такую, которая требует более продуманной политики, призванной повысить эффективность использования вовлеченных в технологический процесс производственных мощностей.

Последний график (рис. 6), наоборот, отражает результаты хозяйственной деятельности, для которой характерно избыточное вовлечение производственных мощностей в хозяйственный процесс, что так же не оказывает положительное влияние на результаты деятельности в развитии всего предприятия.

Оптимальным с точки зрения наиболее эффективного варианта использования всех имеющихся мощностей предприятия может быть признан только второй вариант (рис. 5), так как именно в этом случае не нарушается равновесие эффективного использования производственных мощностей и результативности их отдачи в результаты производственной деятельности. Такой модуль выбора объясняется условными различиями машиностроительных предприятий. Минимальная загрузка для одних вызвана следующими причинами: негативное влияние рынка, отсутствие заказов, использование устаревшего оборудования, замена которого требует большого объема капитальных инвестиций. Максимальная загрузка производственных мощностей тоже может быть вызвана как циклическими факторами, так и, к примеру, резким повышением спроса на продукцию по ряду причин изменения конъюнктуры рынка, возможности быстрого внедрения и увеличения спроса на основе новых инновационных технологий и т. д.

Как показывают графики, минимальный и максимальный варианты использования производственных мощностей не гарантируют успешное проведение политики реструктуризации, так как либо демонстрируют неэффективную стратегию развития, не позволяющую достичь точки эффективного производства (оптимальное значение



Рис. 7. Реализация экономико-математической модели стратегического развития машиностроительного предприятия

характеристик системы), либо перенасыщение спроса и циклы замены, которые не позволят сохранить оборудование при данном уровне его загрузки. Точка оптимальной стратегии развития гарантирует такое сочетание производственных и рыночных составляющих, при котором достигаются максимально возможные результаты финансово-хозяйственной деятельности при условии выбора данных циклических параметров (замены и износа оборудования).

Все данные параметров управления позволяют сформировать основные характеристики реализации экономико-математической модели стратегического развития машиностроительного предприятия, как показано на рис. 7.

Предложенный механизм формирования политики реструктуризации показывает, на какие факторы и процедуры необходимо опираться в ходе апробации научно-методического подхода к оценке эффективности системы управления стратегическим развитием машиностроительного предприятия.

Выводы. Представленная экономико-математическая модель процесса реструктуризации в двух декомпозиционных уровнях согласно двум задачам моделирования позволит наиболее точно оценить и спрогнозировать ситуацию, связанную с формированием политики замены оборудования и управления жизненным циклом продукции, а также дать адекватную оценку результатам предупредительного снятия с производства морально устаревших изделий в условиях управления производственной программой реструктуризации машиностроительного предприятия на основе учета факторов внешней и внутренней среды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алпатов А. А. Управление реструктуризацией предприятий / А. А. Алпатов. — М.: Высшая школа приватизации и предпринимательства, 2000. — 268 с.
2. Антонюк Ю. Аналіз і прогнозування стану зовнішнього середовища підприємства / Ю. Антонюк // Ринок цінних паперів України. — 2003. — № 3-4. — С. 27-37.
3. Єремейчук Р. А. Формування механізму управління стійким розвитком підприємства : автореф. дис. ... канд. екон. наук / Р. А. Єремейчук. — Х.: ХНЕУ, 2005. — 20 с.
4. Кузьменко Л. М. Управление реструктуризацией развития промышленных комплексов : [монография] / Л. М. Кузьменко, В. Н. Рашупкина / МЭГИ. — Донецк: Донбасс, 2009. — 188 с.
5. Лепьохіна І. О. Реструктуризація системи управління промислових підприємств в Україні : дис. ... канд. екон. наук / І. О. Лепьохіна. — Запоріжжя, 2006. — 171 с.
6. Олексюк О. С. Концептуальні і методологічні основи та економіко-математичні моделі розробки систем підтримки прийняття фінансових рішень на мікрорівні : дис. ... доктора екон. наук / О. С. Олексюк. — Київ, 1998. — 443 с.
7. Пастухова В. В. Стратегічне управління підприємством в умовах нестабільності зовнішнього середовища: дис. ... доктора екон. наук: спец. 08.06.01 «Економіка, організація і управління підприємствами» / В. В. Пастухова. — К.: КНТЕУ, 2002. — 301 с.
8. Стратегічне управління організаційними перетвореннями на промислових підприємствах / [В. С. Пономаренко, А. М. Золотарьов, О. М. Ястремська та ін.] — Х.: Вид-во ХНЕУ, 2005. — 452 с.
9. Пушкарь А. И. Антикризисное управление: модели, стратегии, механизмы / А. И. Пушкарь, А. Н. Тридид, А. Л. Колот. — Харьков: ООО «Модель Вселенная», 2001. — 452 с.
10. Тридид О. М. Організаційно-економічний механізм стратегічного розвитку підприємства : [монографія] / О. М. Тридид. — Харків: Вид-во «ХДЕУ», 2002. — 364 с.
11. Экономико-математические методы и прикладные модели : [учебн. пос. для студ. высш. уч. зав.] / [В. В. Федосеев, А. Н. Гармаш, И. В. Орлова и др.]; под ред. В. В. Федосеева. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2005 — 304 с.
12. Малярєвський Ю. Д. Перспективи управлінського обліку: організаційно-економічний механізм як основа ефективної операційної діяльності підприємства : [монографія] / Ю. Д. Малярєвський, С. В. Лабунська, Л. В. Безкоровайна. — Х.: Вид ХНЕУ, 2008. — 164 с.

Представлено в редакцію 11.03.2013 р.