

Майданник Елена Игоревна, кандидат экономических наук

экономист, АО "Российские космические системы"

**СИТУАЦИОННОЕ ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ
МОДЕЛИРОВАНИЕ ОНЛАЙН-УПРАВЛЕНИЯ ВНЕДРЕНИЕМ
ИННОВАЦИОННОГО ПРОДУКТА МАШИНОСТРОЕНИЯ В РАМКАХ
РЕАЛИЗАЦИИ СТРАТЕГИИ ЦИФРОВИЗАЦИИ ЭКОНОМИКИ**

Аннотация: С позиций классического подхода к созданию автоматизированных систем дистанционного онлайн-управления беспилотными летательными аппаратами предлагается методический инструментарий разработки обучаемых ситуационных экономико-математических моделей онлайн управления внедрением инновационного продукта в неплановых (нештатных) ситуациях, приводящих к невыполнению заданной цели управления.

Ключевые слова: цифровая экономика, цифровизация, ситуация инновация, онлайн-управление, контроль, принятие решения, экономико-математическая модель, экономические инструменты, прибыль, затраты.

Annotation: From the standpoint of the classical approach to the creation of automated systems for remote online control of unmanned aerial vehicles, the methodological tools for the development of situational economic and mathematical models of online management of the introduction of an innovative product in unplanned (emergency) situations that lead to non-fulfillment of a given management goal are proposed.

Keywords: digital economy, digitalization, situation innovation, online management, control, decision-making, economic and mathematical model, economic tools, profit, costs.

Актуальность цифровизации управления и её концептуальные основы

В данной статье под процессом цифровизации экономики понимается реализация новых возможностей (преимуществ) хозяйственной деятельности, обеспечивающих повышение эффективности производства, технологий, оборудования т.д. [1]. Применительно к машиностроительному производству к таким новым возможностям эксперты отнесли: создание цифровых двойников продукта, цифровых моделей организации хранения больших объёмов информации в цифровом виде и т.д. При этом в своих выводах эксперты отмечают, что это всё открывает новые возможности в повышении производительности производства, к появлению новых рабочих мест высокой квалификации и т.д. В то же время некоторые эксперты, не приводя достаточных обоснований, называют цифровую экономику - «экономикой инноваций». Автор данной статьи разделяет эту точку зрения. Но прежде всего потому, что появляется возможность организации в режиме «онлайн» непрерывного анализа текущего состояния конкурентного рынка сбыта создаваемой продукции, так, как только на основе этого анализа, в конечном счёте, можно определить является или нет создаваемая продукция инновационной. Эта концепция представлена в [1; 2]. Данная статья посвящена вопросам некоторой конкретизации этой концепции в части разработки ситуационных моделей текущего контроля возможности достижения цели управления и возникновения неплановых ситуаций, генерации альтернатив управления в неплановых ситуациях и принятия решения по их отбору для реализации в цикле управления с целью обеспечения выполнения целевой задачи.

Определение управления и его целевой задачи

В данной статье под внедрением инновационного высокотехнологичного продукта машиностроения понимается инновационная деятельность предприятия, представляющая собой последовательно сменяющиеся друг друга

подпроцессы: анализа рынка, организации производства инновационного продукта, создания инновационного продукта, его сбыта, обеспечивающих решение в онлайн-режиме следующей целевой задачи: «достигнуть планируемого значения критерия прогнозируемой эффективности γ ». При этом под прогнозируемой эффективностью внедрения γ понимается [2] отношение прогнозируемой прибыли (Π), полученной на прогнозируемом временном участке к общим прогнозируемым затратам внедрения (Z_{Σ}), представляющих сумму затрат организации производства инновационного продукта (Z_{α}), создания этого продукта и его сбыта (Z_{β}). В соответствии с / 3 / расчёт значения критерия эффективности γ в общем виде представляется функцией F , которая зависит от применяемой в качестве информации обратной связи управления функции $y(t)$, характеризующей изменение во времени цены продажи инновационной продукции при наличии конкурентной борьбы, представляемой следующими параметрами: y_0 – начальное значение монопольной цены продажи инновационного продукта; t_0 – время начала спада цены в результате появления конкурентной борьбы; t_n – время наступления момента равновесия спроса и предложения; y_n – цена продажи инновационного продукта в точке равновесия спроса и предложения; $t_{но}$ – время начала организации производства; $t_{н}$ – время окончания организации производства, т.е. время начала создания и продажи инновационного продукта; $t_{ц}$ – время окончания целевого цикла управления. Кроме того в функцию F входят ещё следующие переменные параметры: n_1 – производительность создания и продажи инновационной продукции; t_n^{max} – максимальное время организации производства; $\alpha_{\varepsilon}^{max}$ – максимальные затраты организации производств;

$Z_{\text{фот}}$ – удельная переменная затрат оплаты труда; $Z_{\text{сыр}}$ – удельная переменная затрат на сырье; $Z_{\text{рекл}}$ – удельная переменная затрат на рекламу;

$Z_{\text{стим}}$ - удельная переменная затрат на стимулированные продаж; $Z_{\text{трансп}}$ - удельная переменная затрат на транспорт; $\mu_{\text{кап}}$ - условно-постоянные затраты на капитальное строительство; $\mu_{\text{кач}}$ - условно-постоянные затраты достижения требуемого качества инновационного продукта; $\mu_{\text{накл}}$ - условно-постоянные затраты накладных расходов по проведению анализа рынка; $\mu_{\text{кан}}$ - условно-постоянные затраты по трансформации каналов доставки на рынок продаваемой продукции.

При этом следует особо подчеркнуть, что все указанные выше переменные параметры определения величины критерия эффективности γ в данной статье предлагается принять в качестве экономических инструментов управления, т. е. обратного канала управления (обратной связи) и прямого канала управления, а в качестве объекта управления рассматривать внутреннюю среду внедрения (производство инновационного продукта) и внешнюю среду (конкурентный рынок его сбыта). Это даёт возможность при создании управленческих систем цифровой экономики применять классическую теорию и практические навыки создания автоматизированных систем дистанционного онлайн - управления техническими объектами в различных ситуациях поведения внешней среды (в данном случае онлайн-управлением беспилотным летательным аппаратом).

Следует отметить также, что аналогом рассматриваемой в данной статье неплановой экономической ситуации внедрения инновационного продукта является непредусмотренная (в алгоритме управления летательным объектом) нештатная полётная ситуация, приводящая к невыполнению полётного задания. При возникновении такой полётной ситуации для принятия решения по её устранению, как правило, вызывают специалистов высокого уровня. Однако в настоящее время вместо таких специалистов начинают применять обучаемые ситуационные математические модели. Именно методическому инструментарию разработки таких моделей посвящена данная статья.

Модель текущего контроля возможности достижения цели управления и возникновения непредвиденных ситуаций

Данная модель предназначена для текущего контроля возможности достижения цели управления в конце планируемого временного интервала внедрения инновационного продукта и определения момента времени выхода на внеплановую ситуацию управления. При этом в качестве заданного уровня прогнозируемой эффективности, которого необходимо достигнуть при управлении внедрением инновационного продукта, рассматривается оптимальное значение критерия $\gamma^{пл}$, найденное путём применения прогнозной модели / 3 / в период разработки бизнес-плана инновационного предпринимательского проекта. В дальнейшем все, планируемыми на стадии разработки бизнес-плана значения параметров прогнозной модели, будем обозначать: $\gamma^{пл}$, $W^{пл}$, $Z^{пл}$ и т.д.

Прогнозируемый уровень значения критерия γ , определяемый моделью в текущий момент управления ($t = t_{тек}$) за период времени $\Delta t = t_{ц} - t_{но}$, будем называть текущим значением γ и обозначать с индексом «тек» ($\gamma^{тек}$).

Соотношение, определяющее значение $\gamma^{тек}$ за период времени $\Delta t = t_{ц} - t_{но}$, имеет следующий вид:

$$\gamma_{/\Delta t=t_{ц}-t_{но}}^{тек} = \frac{(W_{\Sigma/\Delta t=t_{ц}-t_{но}}^{тек} - Z_{\Sigma/\Delta t=t_{ц}-t_{но}}^{тек})\lambda}{Z_{\Sigma/\Delta t=t_{ц}-t_{но}}^{тек}}, \quad (3.1)$$

где $W_{\Sigma/\Delta t=t_{ц}-t_{но}}^{тек}$ - текущий объем суммарной выручки, определяемый в момент времени $t = t_{тек}$ за период $\Delta t = t_{ц} - t_{но}$;

$Z_{\Sigma/\Delta t=t_{ц}-t_{но}}^{тек}$ - текущее значение суммарных затрат, определяемых в момент времени $t = t_{тек}$ за период $\Delta t = t_{ц} - t_{но}$.

При этом

$$W_{сум/\Delta t=t_{ц}-t_{но}}^{тек} = W_{факт/\Delta t=t_{тек}-t_{но}}^{тек} + W_{прогн/\Delta t=t_{ц}-t_{тек}}^{тек}, \quad (3.2)$$

где:

$W_{\text{ФАКТ}/\Delta t=t_{\text{ТЕК}}-t_{\text{НО}}}^{\text{ТЕК}}$ - текущий объем фактической (реальной) выручки, определяемый в момент времени $t = t_{\text{ТЕК}}$ за период $\Delta t = t_{\text{ТЕК}} - t_{\text{НО}}$ (в дальнейшем будем его называть условно «фактической предысторией по выручке»);

$W_{\text{ПРОГН}/\Delta t=t_{\text{Ц}}-t_{\text{ТЕК}}}^{\text{ТЕК}}$ - текущий объем прогнозируемой выручки, определяемой в момент времени $t = t_{\text{ТЕК}}$ за период $\Delta t = t_{\text{Ц}} - t_{\text{ТЕК}}$.

Значение $W_{\text{ПРОГН}/\Delta t=t_{\text{Ц}}-t_{\text{ТЕК}}}^{\text{ТЕК}}$ определяется соотношением

$$W_{\text{ПРОГН}/\Delta t=t_{\text{Ц}}-t_{\text{ТЕК}}}^{\text{ТЕК}} = \frac{1}{t_{\text{Ц}} - t_{\text{ТЕК}}} \int_{t_{\text{ТЕК}}}^{t_{\text{Ц}}} y(t) dt \int_{t_{\text{ТЕК}}}^{t_{\text{Ц}}} n(t) dt. \quad (3.3)$$

В свою очередь,

$$Z_{\Sigma/\Delta t=t_{\text{Ц}}-t_{\text{НО}}}^{\text{ТЕК}} = Z_{\text{ФАКТ}/\Delta t=t_{\text{ТЕК}}-t_{\text{НО}}}^{\text{ТЕК}} + Z_{\text{ПРОГН}/\Delta t=t_{\text{Ц}}-t_{\text{ТЕК}}}^{\text{ТЕК}}, \quad (3.4)$$

где $Z_{\text{ФАКТ}/\Delta t=t_{\text{ТЕК}}-t_{\text{НО}}}^{\text{ТЕК}}$ - текущие фактические (реальные) затраты, определяемые в момент времени $t = t_{\text{ТЕК}}$ за период $\Delta t = t_{\text{ТЕК}} - t_{\text{НО}}$ (в дальнейшем будем их называть условно «фактической предысторией по затратам»);

$$Z_{\text{ПРОГН}/\Delta t=t_{\text{Ц}}-t_{\text{ТЕК}}}^{\text{ТЕК}} = Z_{\alpha \text{ ПРОГН}/\Delta t=t_{\text{Ц}}-t_{\text{ТЕК}}}^{\text{ТЕК}} + Z_{\beta \text{ ПРОГН}/\Delta t=t_{\text{Ц}}-t_{\text{ТЕК}}}^{\text{ТЕК}}, \quad (3.5)$$

где

$$Z_{\alpha \text{ ПРОГН}/\Delta t=t_{\text{Ц}}-t_{\text{ТЕК}}}^{\text{ТЕК}} = \alpha_n^{\text{ТЕК}} \text{ ПРОГН}/\Delta t=t_{\text{Ц}}-t_{\text{ТЕК}}, \quad (3.6)$$

$$Z_{\beta \text{ ПРОГН}/\Delta t=t_{\text{Ц}}-t_{\text{ТЕК}}}^{\text{ТЕК}} = \mu_{\text{ПРОГН}/\Delta t=t_{\text{Ц}}-t_{\text{ТЕК}}}^{\text{ТЕК}} + Z_{\text{ПРОГН}/t_{\text{ТЕК}}}^{\text{ТЕК}} \cdot \int_{t_{\text{ТЕК}}}^{t_{\text{Ц}}} n(t) dt. \quad (3.7)$$

Далее, если у прогнозируемого значения стоит индекс $t_{\text{ТЕК}}$, то это значит рассматривается период прогноза $\Delta t = t_{\text{Ц}} - t_{\text{ТЕК}}$. Тогда:

$$\mu_{\text{ПРОГН}/\Delta t=t_{\text{Ц}}-t_{\text{ТЕК}}}^{\text{ТЕК}} = \mu_{\text{КАП}/t_{\text{ТЕК}}}^{\text{ПРОГН}} + \mu_{\text{КАЧ}/t_{\text{ТЕК}}}^{\text{ПРОГН}} + \mu_{\text{НАКЛ}/t_{\text{ТЕК}}}^{\text{ПРОГН}} + \mu_{\text{КАН}/t_{\text{ТЕК}}}^{\text{ПРОГН}}, \quad (3.8)$$

где $\mu_{\text{кап}/t_{\text{тек}}}^{\text{прогн}}$, $\mu_{\text{кач}/t_{\text{тек}}}^{\text{прогн}}$, $\mu_{\text{накл}/t_{\text{тек}}}^{\text{прогн}}$, $\mu_{\text{кан}/t_{\text{тек}}}^{\text{прогн}}$ - прогнозные значения условно-постоянных затрат, определяемых в момент времени $t = t_{\text{тек}}$ за период $\Delta t = t_{\text{ц}} - t_{\text{тек}}$.

$$Z_{\text{прогн}/t_{\text{тек}}}^{\text{тек}} = Z_{\text{фот}/t_{\text{тек}}}^{\text{прогн}} + Z_{\text{сыр}/t_{\text{тек}}}^{\text{прогн}} + Z_{\text{рекл}/t_{\text{тек}}}^{\text{прогн}} + Z_{\text{стим}/t_{\text{тек}}}^{\text{прогн}} + Z_{\text{трансп}/t_{\text{тек}}}^{\text{прогн}}, \quad (3.9)$$

где

$Z_{\text{фот}/t_{\text{тек}}}^{\text{прогн}}$, $Z_{\text{сыр}/t_{\text{тек}}}^{\text{прогн}}$, $Z_{\text{рекл}/t_{\text{тек}}}^{\text{прогн}}$, $Z_{\text{стим}/t_{\text{тек}}}^{\text{прогн}}$, $Z_{\text{трансп}/t_{\text{тек}}}^{\text{прогн}}$ - прогнозные значения удельно-переменных затрат, определяемых в момент времени $t = t_{\text{тек}}$.

Модель генерации альтернатив управления в неплановых ситуациях

Модель генерации альтернатив управления в неплановых ситуациях представляет собой информационно-поисковую систему хранения и выдачи по запросу результатов анализа функциональных зависимостей изменения значения критерия γ от изменений значения экономических инструментов управления в различных ситуациях управления. Анализ этих результатов показал, что все инструменты управления, а в качестве их приняты переменные параметры расчёта значения критерия γ , следует подразделить на две основные группы. К первой группе относятся параметры, которые на основе функционально-аналитической их зависимости от критерия γ , влияют непосредственно на значение этого критерия. К ним относятся параметры $t_{\text{н}}$, $\mu_{\text{кап}}$, $\mu_{\text{накл}}$, $Z_{\text{фот}}$, $Z_{\text{трансп}}$, $Z_{\text{сыр}}$. При этом уменьшение значений этих параметров приводит к увеличению значения γ . К этой группе относится также параметр n , увеличение которого приводит к увеличению значения параметра γ , но и одновременно к увеличению значения α_n , которое, в свою очередь, уменьшает значение γ . Параметры этой группы в дальнейшем будем называть непосредственными.

Ко второй группе относятся параметры, которые действуют на величину значения γ двояко: с одной стороны, непосредственно, а, с другой стороны, -

через отклик со стороны потребителя, характеризуемый функцией изменения цены продажи $y(t)$. К этой группе относятся параметры $\mu_{\text{кач}}, \mu_{\text{кан}}, z_{\text{рекл}}, z_{\text{стим}}$. В дальнейшем эти параметры будем называть опосредственными, так как при непосредственном влиянии на увеличение значений этих параметров происходит уменьшение значения γ , но при этом увеличиваются значения параметров функции изменения цены (y_0, y_n, t_0, t_n) , что может в конечном счёте привести к увеличению значения γ . В дальнейшем отдельные параметры, рассматриваемые в качестве инструментов управления внедрением инновационного продукта, будем обозначать символом $p_i (i = \overline{1,16})$ и представлять аналитической функцией «И», характеризующей зависимость значения γ от изменения значения соответствующего параметра (p_i). Совокупность этих аналитических функций влияния на значение γ непосредственных параметров будем называть аналитической системой модели генерации альтернатив управления внутренней средой процесса внедрения.

Представить влияние на величину γ опосредственных параметров только аналитическими функциями не представляется возможным ввиду их многозначности. В связи с этим предлагается применить многомерную матричную функцию «М», характеризующую: на сколько процентов (Δ) повысится значение параметра изменения цены из множества $\{y_0, y_n, t_0, t_n\}$ при повышении на Δ процентов значения опосредственного параметра.

При этом знаком \uparrow будем обозначать увеличение значения параметра, знаком \downarrow уменьшение, а знаком \updownarrow увеличение или уменьшение значения. В этом случае эти параметры управления представляются в виде матричных соотношений теории множеств. Например, для параметра «качества» P_{15} . Это соотношение будет представлено в виде:

$$P_{15} - \text{И} (\gamma^{\updownarrow}, \mu_{\text{кач}}^{\updownarrow}, M (\Delta y_0^{\updownarrow}, \Delta y_n^{\updownarrow}, \Delta t_0^{\updownarrow}, \Delta t_n^{\updownarrow}, \Delta \mu_{\text{кач}}^{\updownarrow})) \quad (4.1),$$

а для параметра y_0 функции $y(t)$, - в виде

$$P_4 - \text{И} (y_0^{\updownarrow}, M ((\Delta y_0^{\updownarrow}, \Delta \mu_{\text{кач}}^{\updownarrow}) \wedge (\Delta y_0^{\updownarrow}, \Delta \mu_{\text{кан}}^{\updownarrow}) \wedge (\Delta y_0^{\updownarrow}, \Delta z_{\text{рекл}}^{\updownarrow}) \wedge (\Delta y_0^{\updownarrow}, \Delta z_{\text{стим}}^{\updownarrow}))) \quad (4.2).$$

В этих соотношениях цены представляются изменяющейся динамической функцией $y(t)$. Поэтому в данной статье функцию « M » предлагается представлять в виде ситуационной матричной системы [4] модели генерации возможных альтернатив управленческих воздействий повышения значения прогнозируемой эффективности γ . При этом ситуационная система модели должна быть разработана по принципам, позволяющим ее непрерывно обучать, т.е. пополнять знаниями (информацией) об управляемом объекте в условиях конкурентного рынка на всех этапах жизненного цикла инновационного продукта [5]. Затем матричное представление каждого параметра из множества P_{15}, P_{13}, P_9 , в виде конкретизированных ситуационных матричных функций, характеризующих возможные альтернативы управленческих опосредственных воздействий путём повышения: $Z_{рек}, Z_{стим}$ и т.д. представляют соответственно: $M^{сит}(\Delta Z_{рек}), M^{сит}(\Delta Z_{стим})$ и т.д.).

Затем, каждую функцию M , (из группы параметров P_4, P_6, P_5, P_7) представляют в виде ситуативных функций возможных альтернатив управленческих воздействий путем повышения значений по всем опосредственно влияющим на критерий γ параметрам: $M_{y_0}^{сит}, M_{y_n}^{сит}, M_{t_0}^{сит}, M_{t_n}^{сит}$.

В результате значения параметров цены (y_0, y_n, t_0, t_n) называют расчётными прогнозируемыми значениями параметров функции изменения цены продажи инновационного продукта, которые необходимо рассматривать в качестве альтернатив управления внешней средой процесса управления внедрением инновационного продукта, а именно: конкурентной рыночной средой.

Модель принятия решения по отбору для реализации наиболее оптимальных генерируемых альтернатив управления в неплановых ситуациях.

Под принятием решений по управлению в данной статье понимается выбор из генерируемых моделью альтернатив управления в неплановых ситуациях той из них, которая с максимальной эффективностью обеспечит достижение заданной цели управления.

В самом общем виде экономико-математическое описание модели принятия решений по управлению внедрением инновационного продукта в неплановых ситуациях можно представить следующим образом:

$$\left\{ \begin{array}{l} \mathit{opt}\{\gamma^{\text{тек}}\} \geq \gamma^{\text{пл}}; \\ \mathit{var}\left\{\prod_{i=1}^{i=12} p_i \vee \prod_{i=1}^{i=14} p_i \vee \prod_{i=1}^{i=16} p_i\right\}; \\ Q^{\text{тек}} = \{Q^{\text{опер}} \vee Q^{\text{такт}} \vee Q^{\text{страт}}\} \end{array} \right\} \vee \left\{ \begin{array}{l} \mathit{max}\{\gamma^{\text{тек}}\} < \gamma^{\text{пл}}; \\ \mathit{var}\left\{\prod_{i=1}^{i=16} p_i\right\}; \\ Q^{\text{тек}} = Q^{\text{страт}} \end{array} \right\}, \quad (5.4)$$

где: резерв финансовых средств текущего ($Q_{\text{тек}}$), оперативного ($Q_{\text{опер}}$), тактического ($Q_{\text{такт}}$), стратегического ($Q_{\text{страт}}$) управления соответственно;

p_i - i -тый параметр управления, $i = \overline{1,16}$, var – процедура варьирования, opt – процедура оптимизации, max – процедура максимизации.

Предлагаемая в данной статье обучаемая ситуационная управленческая система должна быть реализована в цифровой среде в виде универсальной программной оболочки с механизмом ее конкретизации на нужную проблемную среду (инновационный продукт, его производство и сбыт).

Выводы

Приведенные в данной статье результаты исследований дают основания полагать, что для повышения эффективности цифровизации решения управленческих задач экономики в настоящее время целесообразно применять не только методический инструментарий управления решением экономических задач, но и результаты теоретических исследований и практических навыков организации и алгоритмизации дистанционного онлайн-управления беспилотными летательными аппаратами в различных ситуациях поведения их внешней среды.

Библиографический список:

1. Майданник Е. И. Совершенствование методического инструментария анализа эффективности внедрения инновационного высокотехнологичного

продукта машиностроения в рамках реализации стратегии перехода к цифровой экономике. –М: Стандартиформ, 2017.

2. Божкова Е.И. Экономические механизмы внедрения инновационного продукта предприятий // Транспортное дело России, 2012. № 5.

3. Божкова Е.И., Божкова А.И., Рожнова О.В. Анализ моделей оценки эффективности инновационных технологий. // ЭТАП: Экономическая теория, анализ, практика. Научный и информационно-аналитический журнал.2009. №1.

4. Поспелов Д.А. Ситуационное управление: теория и практика. М. Наука.1986.

5. Божкова Е.И. Сорокина Г.П. Повышение конкурентоспособности гибких бизнес-компаний путем ситуационной универсализации ее управленческой информационной системы // Транспортное дело России, 2009. – № 11.