

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МЕЖОТРАСЛЕВОЙ КООРДИНАЦИИ СТРАТЕГИЙ РАЗВИТИЯ (НА ПРИМЕРЕ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ И АВИАСТРОЕНИЯ)

Селезнева И. Е.^{1а}, Клочков В. В.^{2а,б}

Егошин С. Ф.^{3б}

(^аФГБУН Институт проблем управления
им. В.А. Трапезникова РАН, Москва)

(^бФГБУ Национальный исследовательский центр
«Институт им. Н.Е. Жуковского», Жуковский)

Исследуется целесообразность координации политики разных отраслей для создания продукции, в том числе общественных благ, а также оцениваются потери из-за несовершенства координации. Для этого в работе предложена модель выбора стратегий развития взаимодействующих отраслей (на примере здравоохранения и авиастроения в части развития санитарной авиации) с различной степенью их согласования между собой и с общегосударственными интересами. Исследованы эгоистические стратегии отраслей, когда у каждой отрасли своя частная функция полезности, не совпадающая с общественной функцией полезности, и стратегии отраслей с сопоставленными интересами, когда частные функции полезности отраслей сопоставлены с общественной функцией полезности, но отсутствует информационное взаимодействие между отраслями. Рассчитаны затраты отраслей и суммарные затраты государства в зависимости от степени координации политики между ними, правил взаимодействия при создании общественных благ и политики их финансирования государством. Оценены потери общественного благосостояния от несовершенной координации стратегий развития. На основе реалистичных исходных данных о параметрах отраслей определена стратегия, приводящая к худшим последствиям для общественного благосостояния. Сопоставлена критичность последствий наличия затратных стимулов у отраслей и информационных барьеров. Определены необходимые условия эффективного, с точки зрения национальной экономики, взаимодействия между отраслями, такие как формирование для отраслей противозатратных механизмов (стимулов) и наличие математических моделей, позволяющих наглядно показать всем сторонам их возможные издержки и выгоды и рассчитать оптимальные решения.

¹ Ирина Евгеньевна Селезнева, к.э.н., с.н.с. (ir.seleznewa2016@yandex.ru).

² Владислав Валерьевич Клочков, д.э.н., к.т.н., в.н.с., зам. генерального директора (vlad_klochkov@mail.ru).

³ Сергей Федорович Егошин, главный специалист (sergey4791@yandex.ru).

Ключевые слова: стратегия развития отрасли, функция полезности, межотраслевая координация, эгоистические стратегии, стратегии с несогласованной политикой, интегрированная авиационная система.

1. Введение

В настоящее время одним из основных препятствий для формирования и реализации общественно оптимальных решений (например, в сфере создания инфраструктуры, производства общественных благ) является недостаточная координация политики различных отраслей российской экономики – даже контролируемых государством, см. [6, 13]. Создание общественно полезных благ, развитие масштабных инфраструктурных объектов затрагивает развитие нескольких отраслей и требует координации решений многих стейкхолдеров, см., например, работы [2, 4, 8, 9]. Не добившись успехов в этом, инноваторы нередко ограничиваются проектами ограниченных масштабов, что приводит к формированию локальных оптимумов и ограничивает сферу инноваций рынками частных благ, подробнее см., например, [5, 14].

Во многих научных работах (посвященных стратегическому планированию, государственному управлению) подчеркивается важность и даже необходимость межотраслевой координации стратегий развития. Например, в работах [18,19] отсутствие межотраслевой координации видится причиной экономической отсталости. В работе [24] обосновывается взаимозависимость и взаимодополняющий характер траекторий развития отраслей (показано, что ни одна отрасль не сможет достичь прибыли, если инвестиции будут вкладываться только в нее). Ряд исследователей [22, 23, 25] указывает на важность дополнительных активов (в смежных и взаимодействующих секторах) для успешности инноваций. Такие активы могут включать, в том числе, сеть поставщиков, клиентскую базу.

В зарубежной литературе предлагается ряд моделей, исследующих взаимозависимость политик (стратегий развития) смежных отраслей, см. [16, 17, 20, 21, 26, 27]. Например, в работе [26] указывается на необходимость применения антимонопольных мер одновременно и в отрасли сельскохозяйственной

промышленности и в отрасли пищевой промышленности для повышения благосостояния в одной из них или для повышения национального благосостояния. Предлагаются рекомендации и формулы для разработки и расчета оптимального распределения антимонопольных мер между двумя рассматриваемыми смежными отраслями. В работе [27] предлагаются методы мотивации к координации решений между производителем оборудования и поставщиком услуг. В работах [17, 20] исследуется влияние интеграции процессов производства оборудования и сервисного обслуживания на повышение качества итоговой продукции. В работе [16] предлагаются методы повышения эффективности работы смежных отраслей, основное внимание уделяется заключению контрактов между поставщиком товаров длительного пользования и поставщиком ее логистических услуг. В работе [21] на примере индустрии бытовой техники в Италии оценены возможности повышения качества продукции за счет координации стратегий производителей техники с магазинами – продавцами техники.

Однако в перечисленных выше работах не предлагались конкретные экономико-математические модели, позволяющие количественно оценить потери от несовершенной координации управления развития отраслей, математически обосновать важность улучшения межотраслевой координации управления и, тем более, выбрать приоритетные направления ее совершенствования (в частности, выбрать между институциональными мерами и улучшением информационного взаимодействия). В настоящей работе для этого предлагается подход к экономико-математическому моделированию различных дисфункций межотраслевой координации стратегий развития взаимодействующих отраслей.

2. Формализация процесса принятия стратегических решений в различных отраслях при разной степени межотраслевой координации

Можно выделить следующие основные причины недостаточной координации стратегий развития различных отраслей.

Во-первых, они могут иметь сильно несовпадающие – ни между собой, ни с государством в целом – интересы (в том числе и по причине сложившейся системы институциональных стимулов).

Во-вторых, даже если их интересы близки, почти сонаправлены (и лежат в русле общегосударственных интересов), слабость механизмов информационного взаимодействия может приводить к тому, что отрасли будут вынуждены формировать свои стратегии независимо друг от друга. И даже зная, что все их партнеры стремятся к общему благу, они вынуждены будут придерживаться консервативных (и общественно неоптимальных) стратегий, не будучи уверенными в том, что их инновационные стратегии будут поддержаны другими игроками – ведь в противном случае и данный игрок, и общество в целом понесут значительные потери.

Какая из указанных причин более существенна и на что следует обращать первостепенное внимание, стремясь улучшить межотраслевое взаимодействие – на совершенствование информационного обмена, или на коррекцию стимулов и интересов отдельных игроков? Для объективного ответа предлагается прибегнуть к формализации описанных проблем.

Пусть 1, 2 – взаимодействующие отрасли; x, y – стратегии отраслей (выраженные количественными или качественными переменными, скалярными или векторными). В общем случае функция полезности отдельной отрасли зависит не только от собственной выбранной стратегии, но и от стратегии другой, взаимодействующей отрасли. Тогда обозначим $U_1(x, y)$ – частная функция полезности 1-й отрасли; $U_2(x, y)$ – частная функция полезности 2-й отрасли. $U_\Sigma(x, y)$ – общественная функция полезности. Формализуем процесс принятия решений при разной степени межотраслевой координации [15].

2.1. ЭГОИСТИЧЕСКИЕ СТРАТЕГИИ ОТРАСЛЕЙ

При полном отсутствии не только координации между отраслями, но даже общих интересов каждый отдельный игрок (отрасль) ищет оптимальную для себя стратегию при неопределенном поведении другого игрока. Как правило, в таких случаях

рекомендуется выбирать так называемые гарантирующие, максиминные стратегии:

$$(1) \quad x^{\text{эГ}} = \arg \max_x \min_y U_1(x, y),$$

$$(2) \quad y^{\text{эГ}} = \arg \max_y \min_x U_2(x, y);$$

здесь предполагается, что оптимум благосостояния достигается при максимизации функции полезности.

Обозначим $x^{\text{эГ}}$; $y^{\text{эГ}}$ – соответствующие этой ситуации оптимальные (гарантирующие) *эгоистические стратегии* отраслей.

Общественное благосостояние при эгоистических стратегиях поведения (искаженное значение оптимума) примет значение $U_{\Sigma}(x^{\text{эГ}}, y^{\text{эГ}}) = U_{\Sigma}^{\text{эГ}}$. Насколько оно далеко от общественного оптимума?

Пусть x^0 ; y^0 – общественно оптимальные стратегии отраслей, при которых достигается максимум общественного благосостояния, т.е. $(x^0; y^0) = \arg \max_{x, y} U_{\Sigma}(x, y)$. То есть $U_{\Sigma}(x^0, y^0) = U_{\Sigma}^0$ – истинный оптимум общественного благосостояния.

2.2. СТРАТЕГИИ ОТРАСЛЕЙ С СОНАПРАВЛЕННЫМИ ИНТЕРЕСАМИ ПРИ НЕСОГЛАСОВАННОЙ ПОЛИТИКЕ

Предположим, что частные функции полезности отраслей практически совпадают с общественной функцией полезности, т.е. $U_1(x, y) \approx U_2(x, y) \approx U_{\Sigma}(x, y)$. Тогда при отсутствии координации между отраслями получим следующие стратегии, выбираемые отраслями (опять-таки, гарантирующие, поскольку кооперации между отраслями нет):

$$(3) \quad x^{\text{НК}} = \arg \max_x \min_y U_{\Sigma}(x, y);$$

$$(4) \quad y^{\text{НК}} = \arg \max_y \min_x U_{\Sigma}(x, y).$$

Обозначим через $x^{\text{НК}}$; $y^{\text{НК}}$ соответствующие этой ситуации *стратегии отраслей при несогласованной политике* (хотя их интересы и сонаправлены).

Тогда общественное благосостояние при несогласованной политике отраслей (искаженное значение оптимума) составит $U_{\Sigma}(x^{\text{НК}}, y^{\text{НК}}) = U_{\Sigma}^{\text{НК}}$.

Если $U_{\Sigma}^{\text{нк}} \approx U_{\Sigma}^{\text{эг}} \ll U_{\Sigma}^0$, тогда эгоистичное поведение игроков вносит малый вклад по сравнению с отсутствием координации политики между ними. При этом в общем случае возможна и такая ситуация, что $U_{\Sigma}^{\text{нк}} < U_{\Sigma}^{\text{эг}}$.

В рамках этой общей формализации можно, во-первых, оценивать потери от несовершенства межотраслевой координации стратегий развития, и, во-вторых, соотносить значимость барьеров – информационного и связанного с объективным различием интересов.

3. Проблема взаимодействия авиационной промышленности и здравоохранения в части организации службы санитарной авиации

Для иллюстрации предлагаемого подхода в работе рассматривается пример развития здравоохранения и санитарной авиации. Последняя – часть гражданской авиации, для которой, в свою очередь, авиационную технику и сервисные услуги поставляет авиастроение. При этом для простоты под авиацией будем понимать весь комплекс – от авиастроения до собственно сферы эксплуатации авиационной техники. То есть второй заинтересованной стороной в данном примере выступает авиастроение, поставляющее отрасли здравоохранения авиационную технику и услуги ее послепродажного сопровождения.

В работе предлагается модель межотраслевой координации отраслей здравоохранения, обеспечивающего медицинское обслуживание населения, и авиастроения, поставляющего продукцию здравоохранению. Ставится ограничение на допустимое время прибытия медиков к пациентам и доставки их в медицинские учреждения. Качество оказания медицинской помощи в регионе формализуется как отношение численности населения, обслуживаемого без соблюдения данных временных нормативов, к общей численности обслуживаемого населения. Качество обслуживания зависит от количества вертолетов и размещения больниц – увеличение количества вертолетов, а также количества и «густоты» размещения больниц повышает качество обслуживания, хотя и в разной степени.

Для заданного уровня качества медицинского обслуживания в регионе определяются оптимальные (по критериям соответствующих субъектов) количества вертолетов и больниц при разной степени межотраслевой координации. Функции полезности выражаются в стоимостной форме через затраты отраслей. Сами отрасли, в зависимости от системы стимулов, могут стремиться их как минимизировать, так и максимизировать – в современной российской экономике сильны затратные механизмы, причем не только в социальной сфере, к которой традиционно принято относить, например, здравоохранение, но и в промышленности, в том числе авиационной, которая в значительной мере является дотационной.

Здесь для простоты рассматривается лишь та часть авиастроения, которая поставляет продукцию для нужд санитарной авиации (авиастроение поставляет здравоохранению санитарные вертолеты или композитное благо – санитарные вертолеты и послепродажные услуги – в зависимости от варианта распределения затрат между отраслями), а продукция авиастроения в конечном счете оплачивается из государственного бюджета. Из него же, согласно предпосылкам модели, финансируется и здравоохранение (хотя в реальности часть медицинских услуг в рыночной экономике, в том числе в российской, оплачивается частным образом, но здесь для простоты этот фактор не учитывается). Поэтому функция полезности государства в любом случае рассматривается как сумма затрат обеих взаимодействующих отраслей, причем желательной, с общественной точки зрения, считается ее минимизация.

Таким образом, для заданного уровня качества обслуживания (по возможности, 100%-го, т.е. при полном «покрытии» территории с требуемой оперативностью оказания медицинской помощи) сравниваются значения функции полезности государства – суммы затрат обеих взаимодействующих отраслей – при изменении степени межотраслевой координации.

Рассматриваются и моделируются три сценария межотраслевого взаимодействия:

1. Когда отрасли имеют сильно *несовпадающие интересы* (причем они не совпадают ни друг с другом, ни с общегосударственными интересами, в том числе и по причине сложившейся

системы институциональных стимулов) – эгоистические стратегии отраслей;

2. Интересы отраслей близки (и лежат в русле общегосударственных интересов, т.е. направлены на экономию госбюджетных средств), но **слабость механизмов информационного взаимодействия** приводит к тому, что отрасли вынуждены формировать свои стратегии независимо друг от друга – стратегии отраслей с сонаправленными интересами при несогласованной политике;

3. Согласованная политика отраслей и централизованная координация их развития – создание взаимодействующими отраслями интегрированной авиационной системы (ИАС), которая оптимизируется централизованно по единому общегосударственному критерию (подробнее об особенностях формирования ИАС как задачи системного анализа [1, 10]).

4. Модель пространственной организации системы здравоохранения региона и службы санитарной авиации

Рассматривается математическая модель размещения медицинских учреждений и обслуживания санитарной авиацией территории субъекта РФ, подробно изложенная в работе [3].

Территория субъекта РФ площадью $S_{\text{рег}}$ обслуживается одной центральной больницей и $N_{\text{бол}}$ дополнительными больницами. Условно считается, что больницы обслуживают равную территорию радиусом R , площадью $S_{\text{бол}}$.

На территории, обслуживаемой одной больницей, размещены вертолетные площадки в количестве $N_{\text{пл}}$, и зона обслуживания одной больницы поделена на равные зоны обслуживания вертолетными площадками радиусом r , площадью $S_{\text{пл}}$. Количество вертолетов, базирующихся на вертодроме (прилежит к центральной больнице), равно количеству вертолетных площадок плюс один вертолет, базирующийся на вертодроме.

Обслуживание территории $S_{\text{бол}}$ с одного вертодрома производится следующим образом. Ежедневно вертолеты перелетают с вертодрома на вертолетные площадки для дежурства и потом возвращаются обратно. При возникновении экстренного случая

вертолет вылетает за пострадавшим, эвакуирует его в больницу того вертодрома, к которому вертолет приписан, и опять возвращается на дежурство.

Предположение о равномерности размещения населения может быть оправданным, поскольку характерное расстояние от больницы до населенного пункта больше характерных расстояний между населенными пунктами.

5. Модели затрат отраслей и качества медицинско-го обслуживания

В принципе, возможно два варианта распределения затрат между данными отраслями: «советский» вариант – авиастроение поставляет здравоохранению только авиационную технику; и «рыночный» вариант – авиастроение поставляет комплексные авиационные услуги по санитарной транспортировке. То есть, в отличие от сложившейся в России практики (пагубно влияющей на конкурентоспособность российского машиностроения в целом), отрасль поставляет не только авиационную технику, но и все необходимые для ее функционирования услуги, а также создает и содержит необходимую наземную авиационную инфраструктуру.

В случае реализации «советского» варианта продажи продукции авиастроения затраты этой отрасли $C_{\text{АВИА}}^{\text{день}}$ (здесь и далее – в пересчете на стоимость дневного содержания) включают в себя стоимости строительства:

– вертолетов $\frac{C_{\text{ВТ}}}{T_{\text{ВТ}}}$ в количестве $(N_{\text{БОЛ}} + 1) \cdot (N_{\text{ПЛ}} + 1)$;

– вертодромов $\frac{C_{\text{ВЕРТ}}}{T_{\text{ВЕРТ}}}$ в количестве $(N_{\text{БОЛ}} + 1)$;

– вертолетных площадок $\frac{C_{\text{ПЛ}}}{T_{\text{ПЛ}}}$ в количестве

$(N_{\text{БОЛ}} + 1) \cdot (N_{\text{ПЛ}} + 1)$;

а также стоимостей функционирования:

– вертодромов $C_{\text{ВЕРТ}}^t$ в количестве $(N_{\text{БОЛ}} + 1)$;

– вертолетных площадок $C_{Пл}^t$ в количестве $(N_{БОЛ} + 1) \cdot (N_{Пл} + 1)$.

Затраты же отрасли здравоохранения $C_{Зд}^{\text{день}}$ включают в себя стоимости функционирования:

- больниц $C_{БОЛ}^t$ в количестве $(N_{БОЛ} + 1)$;
- вертолетов $C_{Л.ч.}^t \times T_{НАЛ}$ (произведение стоимости летного часа $C_{Л.ч.}^t$ на средний годовой налет $T_{НАЛ}$) при количестве вертолетов $(N_{БОЛ} + 1) \cdot (N_{Пл} + 1)$;
- стоимости строительства больниц, отнесенной к среднему периоду эксплуатации (здесь и далее – T с соответствующим индексом) до капитального ремонта $\frac{C_{БОЛ}}{T_{БОЛ}}$, в количестве $(N_{БОЛ} + 1)$.

Поскольку целью данной работы является исследование динамики именно суммарных затрат отраслей, то величину затрат здравоохранения на покупку авиационной техники не включаем в уравнения, поскольку она с разным знаком, но одинаково по модулю входит в затраты отраслей и при суммировании затрат отраслей сократится.

В случае реализации «рыночного» варианта затраты отрасли авиастроения есть вариант реализации продукции авиастроения как композитного блага (авиационная техника и послепродажные услуги). Затраты отрасли авиастроения $C_{АВИА}^{\text{день}}$ складываются из стоимостей строительства:

- вертолетов $\frac{C_{ВТ}}{T_{ВТ}}$ в количестве $(N_{БОЛ} + 1) \cdot (N_{Пл} + 1)$;
 - вертодромов $\frac{C_{ВЕРТ}}{T_{ВЕРТ}}$ в количестве $(N_{БОЛ} + 1)$;
 - вертолетных площадок $\frac{C_{Пл}}{T_{Пл}}$ в количестве $(N_{БОЛ} + 1) \cdot (N_{Пл} + 1)$;
- а также стоимостей функционирования:

- вертолетов $C_{ВТ}^t$ в количестве $(N_{БОЛ} + 1) \cdot (N_{ПЛ} + 1)$;
- вертодромов $C_{ВЕРТ}^t$ в количестве $(N_{БОЛ} + 1)$;
- вертолетных площадок $C_{ПЛ}^t$ в количестве $(N_{БОЛ} + 1) \cdot (N_{ПЛ} + 1)$.

Количество вертолетов однозначно определяет и потребное количество вертолетных площадок и вертодромов.

А затраты отрасли здравоохранения $C_{зд}^{\text{день}}$ складываются:

- из стоимостей функционирования больниц $C_{БОЛ}^t$ в количестве $(N_{БОЛ} + 1)$;
- а также стоимости строительства больниц, отнесенной к среднему периоду эксплуатации до капитального ремонта, $\frac{C_{БОЛ}}{T_{БОЛ}}$ в количестве $(N_{БОЛ} + 1)$.

Поскольку целью данной работы является исследование динамики именно суммарных затрат отраслей, то доходы авиастроения от продажи санитарных вертолетов и их ТОиР, которые являются частью затрат здравоохранения, не включаем в уравнения, поскольку они с разным знаком, но одинаково по модулю входят в затраты отраслей и при суммировании затрат отраслей сократятся.

Тогда в обоих случаях можно оценить затраты государства на содержание всей исследуемой здесь системы как суммарные затраты отраслей:

$$(5) \quad C_{\text{СУММ}}^{\text{день}} = C_{\text{зд}}^{\text{день}} + C_{\text{АВИА}}^{\text{день}}.$$

Далее в примерах расчетов были рассмотрены оба случая, но значимого различия между результатами расчетов не было обнаружено.

Пусть ω – качество медицинского обслуживания в регионе; Ω – множество допустимого качества.

$$(6) \quad \omega = \begin{cases} 0 & \text{при } R \leq VT_{\text{ДОСТ}}, r \leq VT_{\text{ПРИБ}}, \\ \frac{S_{\text{БОЛ}} - \pi(VT_{\text{ДОСТ}})^2}{S_{\text{БОЛ}}} (N_{\text{БОЛ}} + 1) & \text{при } R > VT_{\text{ДОСТ}}, r \leq VT_{\text{ПРИБ}}, \\ \frac{S_{\text{ПЛ}} - \pi(VT_{\text{ПРИБ}})^2}{S_{\text{ПЛ}}} (N_{\text{БОЛ}} + 1)(N_{\text{ПЛ}} + 1) & \text{при } R \leq VT_{\text{ДОСТ}}, r > VT_{\text{ПРИБ}}, \\ \left. \begin{aligned} & \frac{S_{\text{БОЛ}} - \pi(VT_{\text{ДОСТ}})^2}{S_{\text{БОЛ}}} (N_{\text{БОЛ}} + 1) + \\ & + \frac{S_{\text{ПЛ}} - \pi(VT_{\text{ПРИБ}})^2}{S_{\text{ПЛ}}} (N_{\text{БОЛ}} + 1) \times \\ & \times \left(N_{\text{ПЛ}} + 1 - \frac{S_{\text{БОЛ}} - \pi(VT_{\text{ДОСТ}})^2}{S_{\text{БОЛ}}} N_{\text{ПЛ}} \right) \end{aligned} \right\} & \text{при } R > VT_{\text{ДОСТ}}, r > VT_{\text{ПРИБ}}; \end{cases}$$

где V – скорость санитарного вертолета; $T_{\text{ПРИБ}}$ – время прибытия к пострадавшему с момента получения вызова; $T_{\text{ДОСТ}}$ – время эвакуации пострадавшего в больницу.

Заданное, например, 100%-е, «покрытие» территории услугами с нормативным временем оказания медицинской помощи (для краткости – 100%-е качество) обеспечивается однозначными соотношениями количества больниц и вертолетов. То есть в плоскости количеств больниц и вертолетов можно однозначно определить линию 100%-го уровня качества, которая и определяет «размен» между потребными количествами больниц и вертолетов. Причем этот размен неравнозначен даже безотносительно к параметрам модели. Принятая здесь модель пространственной организации здравоохранения и санитарной авиации подразумевает, что заданное 100%-е качество, в принципе, может быть обеспечено вообще без санитарной авиации, просто путем строительства больниц повсеместно, тогда как симметричное перераспределение ресурсов в пользу вертолетов бессмысленно: одними лишь средствами медицинской транспортировки нельзя заменить собственно оказание медицинской помощи.

6. Модели стратегий отраслей в зависимости от степени координации их политики

Рассмотрим постановки оптимизационных задач отраслей в зависимости от степени координации их политики.

6.1. СОГЛАСОВАННАЯ ПОЛИТИКА ОТРАСЛЕЙ

Оптимальной, с общегосударственной точки зрения, общей стратегией взаимодействующих отраслей в данном случае будет строительство такого количества больниц и вертолетов, чтобы суммарные затраты отраслей (и, соответственно, затраты государства) были минимальны, с учетом обеспечения заданного уровня качества медицинского обслуживания.

$$(7) \quad C_{\text{СУММ}}^{\text{день}} \rightarrow \min_{N_{\text{БОЛ}}, N_{\text{ПЛ}}} \left| \omega \in \Omega; C_{\text{СУММ}}^{\text{день}} \leq D_{\text{ЗД}} + D_{\text{АВИА}}. \right.$$

Именно эта стратегия и рассматривается по умолчанию в работах, посвященных формированию ИАС в различных отраслях [7, 11]. Однако в реальности стратегии формируют и реализуют различные отрасли с различными интересами. Это и порождает проблему, ставшую предметом интереса данного исследования.

6.2. ЭГОИСТИЧНЫЕ СТРАТЕГИИ ОТРАСЛЕЙ

Если в обеих отраслях действуют затратные стимулы, что не редкость в современной российской экономике, все субъекты будут заинтересованы в максимизации затрат (т.е. своего бюджета) в пределах возможностей государства для обеспечения требуемого качества обслуживания.

В данном случае оптимальной стратегией здравоохранения будет обеспечение максимума затрат отрасли, т.е. строительство максимального возможного кол-ва больниц при данном бюджете отрасли для обеспечения заданного уровня качества.

$$(8) \quad N_{\text{БОЛ}} \rightarrow \max; C_{\text{ЗД}}^{\text{день}} \leq D_{\text{ЗД}},$$

где $D_{\text{ЗД}}$ – дотации отрасли здравоохранения.

Оптимальной стратегией авиастроения также будет обеспечение максимума затрат отрасли, т.е. производство максимально возможного (в рамках госбюджетных дотаций авиастроению)

количества вертолетов (и, соответственно, вертодромов и вертолетных площадок).

$$(9) N_{\text{ПЛ}} \rightarrow \max; C_{\text{АВИА}}^{\text{день}} \leq D_{\text{АВИА}},$$

где $D_{\text{АВИА}}$ – дотации отрасли авиастроения.

В то же время в реальности ограниченность бюджетных ресурсов заставляет соответствующие органы власти (прежде всего Минфин и его подразделения) проявлять жесткость при выделении финансирования. Явно излишние затраты не будут одобрены. Затраты должны быть обоснованы – пусть даже и в рамках нерациональных (с общегосударственной точки зрения) стратегий развития. И, например, обеспечение избыточного уровня качества обслуживания вряд ли будет одобрено в условиях жесткой экономии бюджетных ресурсов. То есть отрасли, обосновывая стратегии своего развития и объем запрашиваемого финансирования, вынуждены ограничиться необходимым, нормативным уровнем качества оказываемых услуг.

В принципе, возможно, что отрасль имеет некоторую свободу в выборе обоснованной (необходимостью обеспечения заданного качества услуг) стратегии, максимизирующей ее затраты. Однако в принятой здесь модели пространственной организации здравоохранения и санитарной авиации такой «люфт» исключен. Поэтому здесь эгоизм каждой отрасли состоит в «перетягивании» бюджетных затрат в свою сторону. Насколько это удастся тому или иному игроку – зависит от его лоббистских возможностей.

Также на распределение затрат между отраслями влияет «статус-кво» – исторически сложившееся соотношение их масштабов и функций. И если изначально пространственная организация здравоохранения подразумевала строительство и содержание довольно большого количества больниц для обеспечения нормативного качества обслуживания при минимальном развитии санитарной авиации, этот статус-кво можно считать реалистичной «стартовой точкой», отступление от которой потребует от авиастроения – или от межведомственного регулятора – значительных усилий. Поэтому на практике именно такое распределение затрат и масштабов отраслей, условно обозначаемое «много больниц – мало вертолетов», можно считать

реалистичным «эгоистическим равновесием» в изучаемой системе.

6.3. НЕСОГЛАСОВАННАЯ ПОЛИТИКА ОТРАСЛЕЙ

Теперь будем считать, что в обеих отраслях внедрены противозатратные механизмы, т.е. обе отрасли заинтересованы в минимизации затрат при соблюдении требований к качеству услуг.

В данном случае оптимальной стратегией отрасли здравоохранения будет строительство такого количества больниц, чтобы затраты здравоохранения были минимальны, в предположении о том, что количество вертолетов – малое (поскольку отрасли не координируют свою политику и опираются на консервативные предположения о стратегии партнера) для обеспечения заданного уровня качества обслуживания.

$$(10) C_{зд}^{день} \rightarrow \min_{N_{бол}} \left| \omega \in \Omega; N_{пл} = N_{пл_{мин}}; C_{зд}^{день} \leq D_{зд}, \right.$$

где $N_{пл_{мин}}$ – минимально возможное количество вертолетов.

Оптимальной стратегией авиастроения можно считать строительство такого количества вертолетов, чтобы затраты авиастроения были минимальны, но, например, в предположении о формировании оптимальной по общегосударственному критерию ИАС.

$$(11) C_{авиа}^{день} \rightarrow \min_{N_{пл}} \left| \omega \in \Omega; N_{бол} = N_{бол_{opt}}; C_{авиа}^{день} \leq D_{авиа}, \right.$$

где $N_{бол_{opt}}$ – оптимальное количество больниц в единой ИАС.

То есть такое равновесие можно назвать «много больниц – много вертолетов». В принятых условиях такое равновесие оказывается наиболее затратным для государственного бюджета. То есть это наиболее общественно опасный режим развития изучаемой системы отраслей. В принципе, такое равновесие вполне возможно даже при жесткой политике финансовых властей, но в условиях, когда отдельными отраслями (также с использованием лоббистских возможностей) декларируются «инновационные прорывы», не скоординированные с другими отраслями, потребителями их продукции.

7. Результаты моделирования

Рассматривается следующий набор параметров описанной выше модели с соответствующими допущениями, см [3]:

- площадь региона – 3 млн кв. км;
- население региона – 700 тыс. чел.;
- стоимость строительства больницы – 2 млрд. рублей;
- период эксплуатации больницы до капремонта – 50 лет;
- стоимость годового содержания больницы – 200 млн рублей;
- стоимость строительства вертодрома – 500 млн рублей;
- период эксплуатации вертодрома до капремонта – 20 лет;
- стоимость годового содержания вертодрома – 10 млн рублей;
- стоимость строительства вертолетной площадки – 50 млн рублей;
- период эксплуатации вертолетной площадки до капремонта – 20 лет;
- стоимость годового содержания вертолетной площадки – 1 млн рублей.

В качестве вертолета санитарной авиации рассматривается отечественный вертолет «Ансат». В частности, скорость вертолета задается равной 250 км/ч. Поскольку максимальная дальность полета вертолета составляет 550 км, в рамках вводимой модели это позволяет обслуживать большую часть региона. Охват же всей территории требует увеличения дальности до 650 км, что, как полагается, может быть достигнуто путем монтирования дополнительного топливного бака без существенного удорожания.

Среднестатистическое количество вылетов в год в расчете на одного жителя региона берется равным $1/2500$ чел., что соответствует относительно высокому уровню развития санитарной авиации, достигнутому в СССР [12].

7.1. СОГЛАСОВАННАЯ ПОЛИТИКА ОТРАСЛЕЙ

Совместная оптимизация структуры отраслей дает минимум бюджетных затрат при сохранении качества обслуживания населения. Этот минимум составляет приблизительно 24 млн руб. в сутки. Он достигается при следующем количестве боль-

ниц и вертолетов (округленно): 3 больницы, 34 вертолета, см. рис. 1. Это и есть оптимальный облик соответствующей ИАС.

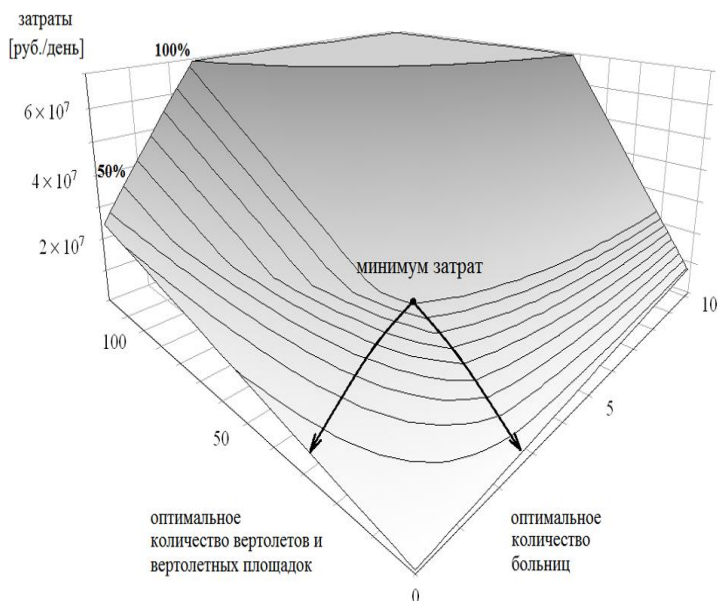


Рис. 1. Количество больниц и вертолетов/вертолетных площадок при совместной оптимизации

7.2. ЭГОИСТИЧНАЯ ПОЛИТИКА

Как отмечено выше, на практике при прочих равных преимуществе в «перетягивании» бюджета в свою пользу имеет та отрасль, масштабы и роль которой исторически были больше, т.е., вероятнее всего, сложится «консервативное» равновесие по принципу «много больниц – мало вертолетов».

Конкретные количества вертолетов и больниц зависят от исторически сложившегося статус-кво.

Если изначально 100%-е качество обеспечивалось при строительстве 5 больниц, было достаточно 23 вертолетов. При этом суммарные затраты лишь незначительно будут превышать глобальный оптимум: в принятых условиях – до 24,35 млн руб. в сутки.

Если же изначально 100%-е качество обеспечивалось при строительстве 10 больниц, потребное количество вертолетов сокращалось до 14. При этом суммарные затраты возрастут до 26,2 млн руб. в сутки.

На рис. 2 эти равновесия обозначаются, соответственно, точками E1 и E2 (точка глобального оптимума - Opt).

Заметим, что все эти точки – Opt, E1, E2 – лежат на линии 100%-го качества обслуживания, т.е. линии «размена» между необходимыми количествами больниц и вертолетов.

7.3. НЕСОГЛАСОВАННАЯ ПОЛИТИКА

При несогласованной политике, как предполагается здесь, здравоохранение ориентируется на исторически сложившуюся пространственную организацию, т.е. на большое количество больниц при неразвитой санитарной авиации. При этом авиастроение, декларируя создание новой, уже общественно оптимальной ИАС, планирует выпуск относительно большого количества вертолетов, т.е. 34.

В зависимости от изначального количества больниц, сложатся равновесия, обозначаемые на рис. 2 точками M1 (5 больниц, 34 вертолета) и M2 (10 больниц, 34 вертолета). При этом суммарные затраты госбюджета возрастут до 35 и 59 млн руб. в сутки соответственно.

В этом примере наиболее критична (с точки зрения общественной полезности) несогласованная политика отраслей – конкретнее, «инновационный фальстарт» одной из них, не поддержанный другой. Причем именно рост масштабов санитарной авиации сильнее сказывается на совокупных затратах, чем рост количества и густоты размещения больниц. Конечно, такое соотношение не является обязательным, и, возможно, изменится при уточнении параметров модели (хотя они приняты на основе реальной информации).

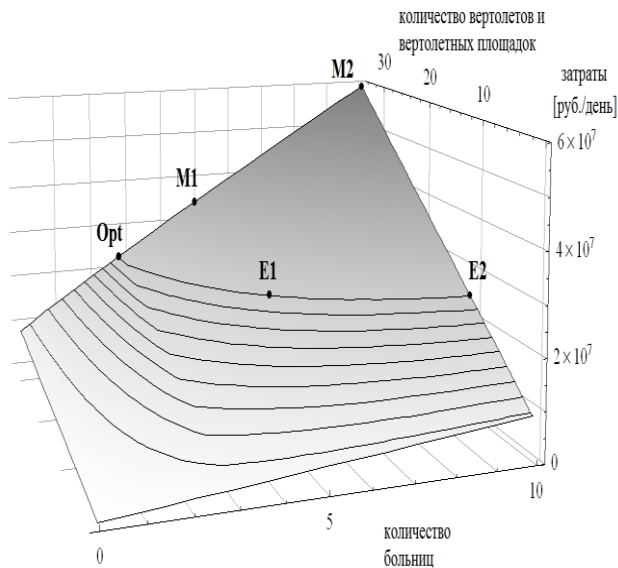


Рис. 2. Выбор значений варьируемых параметров при неоптимальной политике отраслей

8. Заключение

1. Несовершенство межотраслевой координации развития различных отраслей приводит к перерасходу ограниченных бюджетных средств или к недостижению целевого уровня государственных услуг. Потери зависят от стоимостных и технологических характеристик взаимодействующих отраслей, а также от их лоббистских возможностей и исторически сложившегося распределения ресурсов между ними.

Моделирование на основе примера здравоохранения малонаселенного региона и санитарной авиации показало, что потери вследствие несогласованной политики («инновационного фальстарта») санитарной авиации существенно превышают потери из-за эгоистической политики здравоохранения как исторически преобладавшей отрасли. Однако этот результат не универсален.

Он получен в предположении, что даже эгоизм отраслей ограничен финансирующими органами на уровне достаточности затрат для обеспечения заданного качества услуг (пусть даже общественно неоптимальным образом), а несогласованность стратегий приводит к избыточности затрат каждой отрасли, стремящейся обеспечить заданное качество услуг, не рассчитывая на поддержку других отраслей. В то же время такие допущения вполне могут быть реалистичными и иметь подтверждения историческими примерами.

2. Необходимыми условиями эффективной межотраслевой координации инновационного развития являются:

– устранение затратных стимулов для отдельных отраслей, переход к стимулированию экономии бюджетных средств;

– наличие у всех заинтересованных сторон, а также органов, выделяющих финансирование, инструментов для объективной расчетной оценки затрат на функционирование отраслей и качества их работы при заданном облике, а также оптимизации облика отраслей.

Это именно необходимые условия успешной межотраслевой координации для достижения оптимального состояния с точки зрения национальной экономики в целом, т.е. устраняются антистимулы, а также имеется возможность найти оптимальное решение. Однако эти условия не являются достаточными. Руководители отдельных отраслей по-прежнему могут опасаться принимать общественно оптимальные решения, опасаясь, что они не будут поддержаны другими отраслями, и им придется нести ответственность за снижение качества государственных услуг. Необходимы также механизмы снижения подобных рисков для лиц, принимающих решения в каждой отрасли.

Литература

1. АНТОНОВ А.В. *Системный анализ* – М.: Высшая школа, 2004. – 454 с
2. БАЙБАКОВА Е.Ю., КЛОЧКОВ В.В. *Взаимосвязь инновационного развития и организационной структуры предприятий и отраслей (на примере авиастроения)* // Инновации. – 2013. – №4(174). – С. 90–98.
3. ЕГОШИН С.Ф., КЛОЧКОВ В.В. *Задачи развития санитарной авиации и совершенствования пространственной организации здравоохранения в России* // Россия: Тенденции и перспективы развития. Ежегодник. – М., 2020. – С. 628–637
4. КЛОЧКОВ В.В., БАЙБАКОВА Е.Ю. *Анализ взаимосвязи развития технологий и эволюции организационных структур предприятий и отраслей* // Экономический анализ: теория и практика. – 2013. – №35(338). – С. 11–22.
5. КЛОЧКОВ В.В., БОЛБОТ Е.А. *«Ловушка эгоизма» в инновационном развитии: анализ предпосылок и последствий* // Экономический анализ: теория и практика. – 2012. – №40(295). – С. 28–40.
6. КЛОЧКОВ В.В., СЕЛЕЗНЕВА И.Е. *Проблемы инновационного развития и проблемы государственного управления в современной России* // Материалы международной научно-практической конференции «Управление инновациями – 2018» (Москва – Новочеркасск). – 2018. – С. 7–12.
7. КЛОЧКОВ В.В., ТОПОРОВ Н.Б., ЕГОШИН С.Ф. *Интегрированные авиационные системы* // Управление большими системами: сборник трудов. – 2021. – № 90. – С. 94–120
8. КЛОЧКОВ В.В., ЧЕРНЕР Н.В. *Управление изменениями в распределенных производственных системах: проблемы внедрения комплементарных инновационных технологий* // Друкеровский вестник. – 2015. – №4(8). – С. 21–36.
9. НИЖЕГОРОДЦЕВ Р.М. *Стратегическое управление инновациями: теория и механизмы* // Друкеровский вестник. – 2019. – №2(28). – С. 304–315.
10. НОВИКОВ Д.А. *Теория управления организационными системами*. – М.: МПСИ, 2005. – 584 с.

11. ОХАПКИН А.А., ЕГОШИН С.Ф., КЛОЧКОВ В.В. *Интегрированные авиационные системы комплексного жизнеобеспечения в малонаселенных регионах России: перспективы и принципы построения* // Россия: тенденции и перспективы развития. Ежегодник. – 2020. – Т. 15, ч. 2. – С. 903–909.
12. Сайт госкорпорации «Ростехнологии». *Новости компании: Летящая скорая помощь* [электронный ресурс]. – URL: <https://rostec.ru/news/letayushchaya-skoraya-pomoshch/> (дата доступа 19.02.2019).
13. СЕЛЕЗНЕВА И.Е., КЛОЧКОВ В.В. *Проблемы принятия решений в сфере инновационного развития российской высокотехнологичной промышленности* // Друкеровский вестник. – 2020. – №2. – С. 89–106.
14. СЕЛЕЗНЕВА И.Е., КЛОЧКОВ В.В. *Институциональные проблемы инновационного развития в России* // Друкеровский вестник. – 2020. – №5. – С. 5–12.
15. СЕЛЕЗНЕВА И.Е., КЛОЧКОВ В.В. *Межотраслевая координация инновационного развития: механизмы и барьеры* // Друкеровский вестник. – 2021. – №2. – С. 67–79.
16. EMEL AKTAS, FUSUN ULENGIN *Penalty and reward contracts between a manufacturer and its logistics service provider* // *Logistics Research*. – 2016. – Vol. 9, No. 8. – P. 1–14.
17. FÄHLING J., KÖBLER F., LEIMEISTER J.M., KRCDMAR H. *From products to product-service systems: IT-driven transformation of a medical equipment manufacturer* // *Journal of Information Technology Teaching Cases*. – 2014. – No. 4. – P. 20–26.
18. MYRDAL G. *Economic Theory and Under-Developed Regions*. – London: Duckworth, 1957.
19. NURKSE R. *Problems of Capital Formation in Underdeveloped Countries*. – Oxford: Oxford University Press, 1953.
20. OPRESNIK D., TAISCH M. *The manufacturer's value chain as a service - the case of remanufacturing* // *Journal of Remanufacturing*. – 2015. – Vol. 5, No. 2. – P. 1–23.

21. PERONA M., CIGOLIN R., ADANI I.M., BIONDI R., GUZZETTI S., JENNA R., CHESSA M., AGELLAR S. *The integrated management of logistic chains in the white goods industry. A field research in Italy* // Int. Journal of Production Economics. – 2001. – Vol. 69, Iss. 2. – P. 227–238.
22. RAYNA T., STRIUKOVA L. *The Curse of the First-Mover: When Incremental Innovation Leads to Radical Change* // Int. Journal of Collaborative Enterprise. – 2009. – Vol. 1, No 1. – P. 4–21.
23. RODRIGUEZ-CLARE A. *Coordination Failures, Clusters and Microeconomic Interventions* // Inter-American Development Bank Working Paper. – 2005. – No 544.
24. ROSENSTEIN-RODAN P. *Problems of Industrialization of Eastern and Southeastern Europe* // Economic Journal. – 1943. – Vol. 53, No. 210/211. – P. 202–211.
25. STIEGLITZ N., HEINE K. *Innovations and the Role of Complementarities in a Strategic Theory of the Firm* // Strategic Management Journal. – 2007. – Vol. 28, No 1. – P. 1–15.
26. TIAN XIA, SANCEWICH B. *Interaction between buyer power in agricultural procurement and seller power in food retailing, and optimal allocation of anti-trust efforts* // Agricultural and Food Economics. – 2018. – Vol. 6, No 15. – P. 1–19.
27. ZHONG-ZHONG JIANG, NA HE, XUWEI QIN, MINGHE SUN, PENGFEI WANG *Optimizing production and maintenance for the service-oriented manufacturing supply chain* // Annals of Operations Research. – 2020.

MATHEMATICAL MODEL OF INTERSECTORAL COORDINATION OF DEVELOPMENT STRATEGIES (ON THE EXAMPLE OF HEALTHCARE AND AIRCRAFT INDUSTRY)

Irina Selezneva, V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of RAS, Moscow, Candidate of Economic Science, Senior Research Fellow (ir.seleznewa2016@yandex.ru).

Vladislav Klochkov, National Research Center «Institute named after N.E. Zhukovsky», Zhukovsky, Doctor of Economic Science, Candidate of Engineering Science, deputy general director;

V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of RAS, Moscow,
Leading Research Fellow (vlad_klochkov@mail.ru).

Sergej Egoshin, National research center «Institute named after N.E.
Zhukovsky», Zhukovsky, head specialist (sergey4791@yandex.ru).

Abstract: The article examines the expediency of joint coordination of different industries policies to create products, including public goods. The article also assesses losses due to imperfect coordination. For this purpose, the paper proposes a model of choosing strategies of the interacting industries development (on the example of healthcare and aircraft industry, in the part of sanitary aviation development) with varying degrees of their coordination with each other and with national interests. Egoistic strategies of industries are studied, when each industry has its own private utility function that does not coincide with the public utility function, and strategies of industries with co-directed interests, when the private utility functions of industries are co-directed with the public utility function, but there is no information interaction between industries. The costs of industries and the total costs of the state are calculated depending on the degree of policy coordination between them, the rules of interaction in the creation of public goods and the policy of their financing by the state. The public welfare losses from imperfect coordination of development strategies are estimated. Based on realistic initial data on the parameters of industries, a strategy, that leads to the worst consequences for public welfare, has been determined. The consequences criticality of the presence of costly industries incentives and information barriers is compared. The necessary conditions of effective, from the point of the national economy view, interaction between industries are determined, such as the formation of cost-effective mechanisms (incentives) for industries and the availability of mathematical models that allow all parties to clearly see their possible costs and benefits, and calculate optimal solutions.

Keywords: industry development strategy, utility function, intersectoral coordination, selfish strategies, strategies with uncoordinated policies, integrated aviation system.

УДК 338.2

ББК 65.050

DOI: 10.25728/ubs.2022.99.3

*Статья представлена к публикации
членом редакционной коллегии Р.М. Нижегородцевым.*

Поступила в редакцию 06.12.2021.

Опубликована 30.09.2022.