

УДК 338.2:504.03

ББК 20.1+65.050

НАЛОГОВЫЕ МЕХАНИЗМЫ СТИМУЛИРОВАНИЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛИТЕЛЬНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ¹

Клочков В.В.²

*(Учреждение Российской академии наук
Институт проблем управления РАН, Москва)*

Гривский С.А.³, Игнатьева А.И.⁴

(Московский физико-технический институт, Москва)

С помощью экономико-математических моделей проведен анализ экономической заинтересованности владельцев долговечного оборудования в его ускоренной замене на более экологически чистое. Выявлены условия, при которых государству придется стимулировать приобретение более экологически чистого оборудования, даже если оно более экономично. Проведен сравнительный анализ эффективности дискреционных инструментов такого стимулирования (например, налогообложения изделий старого поколения) и встроенных регуляторов (например, налогообложения вредных выбросов).

1 Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 11-08-00986).

² Владислав Валерьевич Клочков, доктор экономических наук, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник (vlad_klochkov@mail.ru).

³ Сергей Александрович Гривский, аспирант (serg.mipt@gmail.com).

⁴ Анастасия Ивановна Игнатьева, аспирант.

Ключевые слова: изделия длительного пользования, экология, экономическая эффективность, гипотеза Портера, стимулирование, коррупционные риски

1. Введение

Как правило, повышение экологической чистоты производственных технологий требует замены или модернизации долговечного и дорогостоящего оборудования. Причем, нередко такая замена не происходит добровольно, а вызвана ужесточением экологических норм и запретом на дальнейшую эксплуатацию изделий, не удовлетворяющих новому уровню требований. Однако более экологически чистая техника, как правило, и экономически эффективнее, а ущерб окружающей среде сопряжен и с экономическими потерями вследствие перерасхода дефицитных ресурсов. Так, например, высокий расход топлива может быть связан с его неполным, неэффективным сгоранием, что, в свою очередь, порождает значительные выбросы сажи и др. вредных веществ. Таким образом, устраняя источники экологического ущерба, можно одновременно устранить и источники экономических потерь. Нередко улучшение экологических параметров тепловых двигателей (по крайней мере, в части выбросов CO₂) происходит одновременно с повышением топливной экономичности, поскольку выбросы CO₂ пропорциональны расходу топлива¹. В связи с этим, возникает следующая

¹ При неизменном *индексе эмиссии*, т.е. отношении объема выбросов к объему потребляемых энергоресурсов. Если в ряде отраслей изделия новых поколений могут обеспечивать более низкие значения индекса эмиссии (например, в стационарной энергетике – за счет улавливания CO₂, подробнее см. [13]), то на транспорте подобные

гипотеза: частные агенты сами, без государственного принуждения, заинтересованы в замене старой техники на более экологически чистую. Следовательно, государственное регулирование в области экологии нецелесообразно – свободный рынок автоматически обеспечит повышение экологической чистоты техники. Наиболее известный сторонник такой точки зрения – известный экономист неоклассического направления М. Портер, поэтому данная гипотеза часто называется *гипотезой Портера*. Примечательно, что, будучи приверженцем либеральных подходов в экономической политике, он не отрицает полностью необходимости принятия законов об охране окружающей среды, однако полагает, что они необходимы лишь в силу ограниченной рациональности предпринимателей. В отсутствие подобных законов они могут не осознавать, что замена техники на более экологически чистую экономически выгодна им самим. Уточненный вариант гипотезы Портера таков: государственное принуждение может явиться начальным импульсом, побуждающим предпринимателей к инновациям. И даже если в краткосрочной перспективе экологическое регулирование приведет к снижению эффективности работы фирм, налагая на них дополнительную нагрузку, то в долгосрочной перспективе инновации, индуцированные этим принуждением, приведут к росту конкурентоспособности. Сами эти тезисы были высказаны в работах [18] и [19], вышедших, соответственно, в 1991 и 1995 гг. С тех пор в зарубежной литературе появился обширный массив исследований, посвященных как теоретической, так и эмпирической проверке данной гипотезы, см., например, [20] и обзорную статью [16]. Отличие предлагаемого здесь подхода от большинства предшествующих работ заключается в управленческой постановке проблемы и в непосредственном учете тех-

решения вряд ли реализуемы. Например, CO₂ содержится в реактивной струе авиадвигателя, которая и обеспечивает движение самолета.

нико-экономических факторов. Из всех известных авторам относительно близкой представляется лишь работа [21], в которой также рассматривается проблема замены долговечной техники на более новую и экологически чистую. Однако во всех зарубежных работах, посвященных анализу гипотезы Портера, внимание уделяется лишь тому, действительно ли повышение экологической чистоты технологий (под влиянием экологической политики) приведет – хотя бы в долгосрочной перспективе – к повышению их экономической эффективности. На наш взгляд, проверка такой гипотезы «в узком смысле» – задача не столько экономического, сколько инженерного анализа¹. Здесь же вопрос ставится иначе: допустим, что экологически чистая техника, действительно, экономичнее. Но достаточны ли рыночные стимулы для того, чтобы побудить владельцев к замене техники на более экологически чистую (т.е. справедлива ли гипотеза Портера «в широком смысле»)? Причем, поскольку в данной работе, в отличие от практически всех предшествующих, рассматривается долговечное оборудование, которое в момент появления более экологически чистых технологий может обладать значительным остатком ресурса, основное внимание будет уделено именно ускоренной замене техники, до полной выработки ее ресурса. Для того, чтобы такая замена была экономически выгодной, новые изделия, как показано в работах [5, 8], должны обладать существенно большей экономической эффективностью, чем современные. Т.е. даже в тех случаях, когда гипотеза Портера выполняется «в узком смысле», она необязательно будет справедлива «в широком смысле». Но именно последнее определяет необходимость или необязательность

¹ Разумеется, изменения могут заключаться не только во внедрении новой техники, но и в оптимизации организации бизнеса, и экологические ограничения могут стимулировать фирмы к поиску таких внутренних резервов.

государственного вмешательства в процессы обновления долговечной техники. И если государственное вмешательство все-таки потребуется, в каких формах его предпочтительнее осуществлять?

В этой работе основным объектом приложения разработанного инструментария и полученных с его помощью рекомендаций является гражданская авиация. И хотя данная отрасль ответственна всего лишь за 13% суммарного объема выбросов CO₂ всеми видами транспорта и лишь около 2% общего объема антропогенных выбросов CO₂, в ней уже несколько десятилетий уделяется значительное внимание повышению экологической чистоты, а экологические характеристики являются важнейшим фактором в конкурентной борьбе на рынках авиатехники (см. [3]). Ужесточение экологических норм становится инструментом устранения конкурентов с важнейших рынков и стимулирования продаж авиатехники в периоды стагнации на рынках авиаперевозок¹. В то же время, методические подходы, предлагаемые в данной работе, и полученные в итоге качественные выводы применимы без ограничения общности во всех отраслях, в которых актуально повышение экологической чистоты долговечной техники.

2. *Анализ экономической заинтересованности владельцев долговечной техники в повышении ее экологической чистоты*

Вначале необходимо получить условия, определяющие экономическую заинтересованность владельца в досрочном списании старой техники и ее замене изделиями нового поколения. Для этого проведем сравнение двух альтернатив: продол-

¹ Эти аспекты подробнее исследованы в предшествующих работах авторов – см. [5, 6, 9].

жения эксплуатации старого изделия до полной выработки его ресурса, либо, его немедленной замены изделием нового типа. Целевой функцией будем считать затраты владельца. Это оправданно, если старое и новое изделия выполняют сопоставимую работу, или можно привести затраты к единице продукции – например, к летному часу использования воздушного судна, или к пассажиро-километру. Как показано в работах [5, 8], досрочное списание авиатехники становится целесообразным с точки зрения снижения эксплуатационных затрат, когда выполняется следующее неравенство:

$$(1) \quad \alpha^{\text{нов}} = \frac{P^{\text{нов}}}{T^{\text{нов}}} < C_{\text{опер}}^{\text{стар}} - C_{\text{опер}}^{\text{нов}}$$

где $C_{\text{опер}}^{\text{стар}}$, $C_{\text{опер}}^{\text{нов}}$ - текущие *операционные* затраты в расчете на летный час самолетов, соответственно, старого и нового типов; $\alpha^{\text{нов}}$ - средняя ставка амортизации нового типа самолетов в расчете на летный час, определяемая как отношение цены самолета нового типа $P^{\text{нов}}$ к его назначенному ресурсу $T^{\text{нов}}$, выраженному в летных часах. Полученное условие интуитивно очевидно: стоимость приобретения нового изделия, приведенная к летному часу, должна быть ниже экономии текущих, операционных затрат. Тогда досрочная замена еще исправного изделия старого поколения будет выгодной. В свою очередь, операционные затраты складываются, прежде всего, из затрат на горюче-смазочные материалы (ГСМ), а также прочих составляющих – расходов на техническое обслуживание и ремонт (ТОиР), на оплату труда экипажей, платежей за услуги аэропортов и аэронавигационных служб, и др., подробнее см. [10]:

$$(2) \quad C_{\text{опер}} = C_{\text{пр}} + g * P_{\text{ГСМ}}$$

где $c_{пр}$ - средние «неотопливные» (т.е. прочие, в свете данной работы) затраты в расчете на летный час; g - удельный расход топлива, тонн на летный час; $P_{гсм}$ - цена тонны авиатоплива. В то же время, досрочная замена долговечных изделий, которые могли бы еще безопасно эксплуатироваться, сопряжена не только с дополнительными финансовыми затратами их владельцев, но и с дополнительным расходом различных природных ресурсов, энергии, с экологическим воздействием. По аналогии с условиями экономической эффективности досрочной замены техники, можно получить условия эффективности с точки зрения экономии энергоресурсов и сокращения вредных выбросов.

Несмотря на существенное различие видов энергоносителей, используемых при производстве и эксплуатации авиатехники, энергозатраты на этих этапах ЖЦИ можно привести к сопоставимому виду, выразив их, например, в т.н.э. – тоннах нефтяного эквивалента. Если приблизительно принять энергетическую ценность 1 т авиатоплива равной 1 т.н.э., тогда текущее энергопотребление в расчете на летный час эксплуатации самолета, выраженное в т.н.э., равно среднему часовому расходу авиатоплива самолетом данного типа g . Суммарные затраты энергоносителей на производство изделия обозначим G . Они включают в себя энергозатраты на получение необходимых конструкционных материалов (выплавку металлов и сплавов, синтез пластмасс и т.п.), на их обработку, а также на содержание зданий и сооружений (отопление, освещение и т.п.).

Количественные показатели эмиссии вредных веществ тепловыми двигателями также весьма многообразны. Большое значение имеют выбросы окислов азота, несгоревших частиц сажи, а также одного из основных газов, вызывающих парниковый эффект – углекислого газа (CO_2). Если учитывать только

последний показатель, тогда эмиссия в процессе эксплуатации изделий (в расчете на летный час) связана с потреблением энергоносителей следующим образом:

$$(3) \quad X_{\text{экспл}} = G * e_{\text{экспл}}$$

где $e_{\text{экспл}}$ – индекс эмиссии CO_2 на этапе эксплуатации, определяющий объем выбросов CO_2 при сжигании тонны авиатоплива. Его можно принять равным 3,125 т $\text{CO}_2/\text{т.н.э.}$, см. [1]. Что касается объема эмиссии CO_2 в процессе производства изделий, обозначенного X , он имеет специфический характер. Непосредственно производство может почти не создавать вредных выбросов, однако с выбросами сопряжена выработка потребляемой машиностроительными предприятиями энергии. Как правило, это электроэнергия, вырабатываемая на электростанциях. Они, в свою очередь, могут работать на различных видах топлива (природный газ, уголь, нефтепродукты, и т.д.), каждому из которых соответствует свое значение индекса эмиссии, либо могут вообще не сжигать углеводородного топлива (ГЭС, АЭС). Если обозначить средний индекс эмиссии на стадии производства $\bar{e}_{\text{произв}}$, можно выразить суммарную эмиссию в процессе производства одного изделия следующим образом:

$$(4) \quad X = G * \bar{e}_{\text{произв}}$$

Показатели расхода энергоносителей G и g , а также показатели эмиссии X и $X_{\text{экспл}}$ можно трактовать, соответственно, как «энергетические цены» и «экологические цены» производства и эксплуатации изделий. Строго говоря, экологические и энергетические (ресурсные) цены можно трактовать единооб-

разно. С одной стороны, изъятие природных ресурсов, как и производство выбросов, оказывает нагрузку на природу, т.е. и энергетические цены можно рассматривать как экологические. С другой стороны, в современной экономике природопользования производство антропогенных выбросов также трактуется как эксплуатация природных ресурсов (см. [12]), но в расширенном смысле – поскольку под ресурсами подразумеваются и способности окружающей среды поглощать выбросы. Таким образом, и экологические цены можно назвать ресурсными. В связи с этим, можно ввести обобщающие показатели экологических цен производства и эксплуатации техники, в которые войдут (например, с некоторыми весовыми коэффициентами) потребление ресурсов и производство выбросов. Такие интегральные показатели в любом случае придется вводить даже для измерения экологических цен, поскольку, например, при сжигании топлива образуются вредные выбросы многих видов, подробнее см. [1, 11]. Аналогично, производство изделий сопряжено с расходом не только энергетических, но и других природных ресурсов.

Целесообразно ли, с точки зрения энергосбережения или охраны окружающей среды, досрочное списание изделий старого поколения и их замена на изделия нового типа? Как и при выводе условия (1), сравним две альтернативы: продолжение эксплуатации старого изделия до полной выработки остатка ресурса, либо его немедленную замену на новое изделие. В итоге получим условия, подобные условию (1) (с точностью до вида цен – экономические, экологические или энергетические). Так, досрочное списание изделий старого поколения и приобретение изделий нового поколения будет эффективным точки зрения энергосбережения только при выполнении следующего неравенства:

$$(5) \quad \frac{C_{\text{нов}}}{T_{\text{нов}}} < g^{\text{стар}} - g^{\text{нов}}$$

Т.е. энергозатраты на производство нового изделия, приходящиеся на 1 летный час его ресурса, должны быть ниже, чем разница эксплуатационных энергозатрат старого и нового изделий, приходящихся на летный час. Иначе говоря, энергетическая цена производства нового изделия должна быть ниже разницы энергетических цен эксплуатации старого и нового изделий. Аналогичное соотношение можно получить и для выбросов CO_2 . Сокращение суммарного ущерба окружающей среде при немедленной замене старых изделий на новые достигается лишь в том случае, если выполняется следующее неравенство:

$$(6) \quad \frac{X_{\text{нов}}}{T_{\text{нов}}} < X_{\text{опер}}^{\text{стар}} - X_{\text{опер}}^{\text{нов}}$$

Итак, досрочное списание изделий старого поколения по соображениям сокращения выбросов целесообразно при выполнении условия (6), а по соображениям экономии энергоресурсов – при выполнении условия (5). Всегда ли при этом владельцы будут экономически заинтересованы в досрочном списании старых изделий, т.е., будет ли выполняться условие (1)? По объективным причинам, соотношения экономических, энергетических и экологических цен производства и эксплуатации авиатехники существенно различаются:

$$\frac{P}{C_{\text{опер}}} \neq \frac{C}{G}, \frac{C}{G} \neq \frac{K}{K_{\text{экспл}}}, \frac{K}{K_{\text{экспл}}} \neq \frac{P}{C_{\text{опер}}}$$

Необходимо учитывать, что цена изделия, помимо стоимости потребленных в процессе производства энергоресурсов, включает в себя целый ряд иных статей затрат: на разработку (*научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы*, НИОКР), на оплату труда производственных рабочих, на закупку сырья и комплектующих изделий и т.д., а также прибыль производителя:

$$(7) \quad P = p_{\text{энерг}} * G + P_{\text{проч}}$$

где $p_{\text{энерг}}$ – средняя цена энергоресурсов, потребляемых в процессе производства изделий; $P_{\text{проч}}$ – прочие составляющие цены изделия, не связанные непосредственно с потреблением энергоресурсов.

Пусть вместо неравенства (1) выполняется строгое равенство:

$$(8) \quad \frac{P_{\text{нов}}}{T_{\text{нов}}} = C_{\text{опер}}^{\text{стар}} - C_{\text{опер}}^{\text{нов}}$$

т.е. с экономической точки зрения одинаково выгодно как продолжить эксплуатацию старого изделия, так и немедленно заменить его новым. Это граничная ситуация с точки зрения экономической заинтересованности владельцев техники в ее досрочной замене. Перепишем левую и правую части последнего равенства в следующей форме:

$$\frac{P_{\text{нов}}}{T_{\text{нов}}} = \frac{P_{\text{энерг}} * G_{\text{нов}} + P_{\text{проч}}^{\text{нов}}}{T_{\text{нов}}}$$

$$C_{\text{опер}}^{\text{стар}} - C_{\text{опер}}^{\text{нов}} = (C_{\text{пр}}^{\text{стар}} - C_{\text{пр}}^{\text{нов}}) + (Q^{\text{стар}} - Q^{\text{нов}}) * P_{\text{ГСМ}}$$

где $C_{\text{пр}}^{\text{стар}}$, $C_{\text{пр}}^{\text{нов}}$ - средние «нетопливные» затраты на ТОиР в расчете на летный час самолетов, соответственно, старого и нового типов.

Доля стоимости потребленных энергоресурсов в цене сложной наукоемкой техники, как правило, невелика. Так, по данным источника [15], доля затрат на электроэнергию и топливо в общих издержках всех предприятий авиационного двигателестроения США составляет лишь 1-2%, т.е. $P_{\text{энерг}} * G < P_{\text{проч}}$. В то же время, на стадии эксплуатации именно затраты на ГСМ становятся, при нынешних ценах на авиатопливо, одной из главных, если не преобладающей статьей издержек авиакомпаний. И даже относительно небольшая экономия топлива существенно сокращает операционные издержки. Т.е., выполняются следующие соотношения:

$$Q * P_{\text{ГСМ}} < C_{\text{пр}}$$

$$(g^{\text{стар}} - g^{\text{нов}}) * p_{\text{гсм}} < c_{\text{опер}}^{\text{стар}} - c_{\text{опер}}^{\text{нов}}$$

Следовательно, при выполнении равенства (8), как правило, выполняется следующее неравенство:

$$p_{\text{энерг}} * \frac{G^{\text{нов}}}{T^{\text{нов}}} < p_{\text{гсм}} * (g^{\text{стар}} - g^{\text{нов}})$$

или (считая, что $p_{\text{энерг}} < p_{\text{гсм}}$),

$$\frac{G^{\text{нов}}}{T^{\text{нов}}} < (g^{\text{стар}} - g^{\text{нов}})$$

Это неравенство совпадает с условием (5), и означает, что досрочная замена техники эффективна с точки зрения энергосбережения. Заметим, что такая ситуация складывается при выполнении равенства (8), граничного, с точки зрения экономической эффективности такой замены. Таким образом, при выполнении неравенства (1), условие (5), тем более, выполняется, но обратное справедливо далеко не всегда. Т.е. экономическая заинтересованность владельцев в досрочной замене старой техники не гарантирована, даже когда такая замена целесообразна с точки зрения энергосбережения.

В свою очередь, досрочное списание техники становится целесообразным с точки зрения снижения потребления энергоресурсов при условии (5), а при выполнении следующего равен-

ства станет одинаково выгодно как продолжить эксплуатацию старого изделия, так и немедленно заменить его новым:

$$(9) \quad \frac{G_{\text{нов}}}{T_{\text{нов}}} = (g^{\text{стар}} - g^{\text{нов}})$$

Эта ситуация является граничной с точки зрения энергетической эффективности досрочной замены техники. Как правило, среднее значение коэффициента удельной эмиссии на стадии производства ниже (по крайней мере, не выше), чем на стадии эксплуатации ($\bar{e}_{\text{произв}} < e_{\text{экспл}}$). Тогда при выполнении условия (9), справедливо следующее неравенство:

$$\bar{e}_{\text{произв}} * \frac{G_{\text{нов}}}{T_{\text{нов}}} < e_{\text{экспл}} * (g^{\text{стар}} - g^{\text{нов}})$$

Но, согласно ранее введенным обозначениям, $\bar{e}_{\text{произв}} * G = X$, а $e_{\text{экспл}} * g = x_{\text{экспл}}$. Поэтому последнее неравенство можно переписать в следующей форме:

$$\frac{X_{\text{нов}}}{T_{\text{нов}}} < x_{\text{экспл}}^{\text{стар}} - x_{\text{экспл}}^{\text{нов}}$$

т.е. оно совпадает с условием (6). Это означает, что досрочная замена техники оправдана с экологической точки зрения, при выполнении равенства (9), граничного, с точки зрения энергетической эффективности такой замены. Таким образом, при выполнении условия (5), условие (6), как правило, выполняется, но обратное справедливо далеко не всегда. Т.е. целесообразность ускоренной замены старых изделий с экологической

точки зрения достигается в более широком диапазоне условий, чем с точки зрения энергосбережения.

Сопоставляя полученные результаты, можно сделать вывод о том, что экономическая заинтересованность эксплуатирующих организаций в ускоренной замене изделий на технику нового поколения будет достигаться (по мере сокращения расхода топлива изделиями новых типов) позже, чем такая замена станет оправданной как с экологической, так и с энергетической точки зрения. Поэтому, вопреки выводу, сделанному на основе гипотезы Портера противниками государственного вмешательства в экономику, иногда оно необходимо для обеспечения экономии энергоресурсов и сокращения техногенной нагрузки на окружающую среду.

Этот вывод усиливается, если принять во внимание следующие факторы. Всегда ли повышение экологической чистоты техники сопровождается повышением ее экономической эффективности? В качестве единственного вида воздействия тепловых двигателей на окружающую среду здесь рассматривались выбросы CO_2 , приблизительно пропорциональные расходу топлива, поэтому повышение экологической чистоты изделий сопровождалось и повышением их экономической эффективности. Однако наряду с выбросами парниковых газов имеет значение и эмиссия иных видов вредных веществ – угарного газа (CO), сажевых частиц (C), окислов азота (NO_x), и т.п., а также шум, производимый летательными аппаратами и другими транспортными средствами, тепловое загрязнение и др.. Связь между уменьшением этих вредных воздействий и сокращением расхода топлива уже не является прямой и даже монотонной. Ряд специалистов в области проектирования авиадвигателей отмечает [4, 11], что до определенного момента соображения улучшения экологических характеристик и прочих показателей совершенства авиадвигателей не противоречили друг другу. Например, повышение полноты сгорания топлива, как говорилось выше, сокращает не только удельный расход топлива, но и

выбросы несгоревших остатков топлива, дымность выхлопа. Как отмечено в работе [4], сам по себе переход к *двухконтурным турбореактивным авиадвигателям* и повышение *степени их двухконтурности*, целесообразные с точки зрения повышения удельной тяги и топливной экономичности, попутно привели и к радикальному (приблизительно на 20 дБ) сокращению уровня шума. Однако для дальнейшего снижения уровня шума авиадвигателей и эмиссии вредных веществ, производителям приходится внедрять новые, все более сложные и дорогостоящие конструктивно-технологические решения, неоднозначные с экономической точки зрения. Нередко даже приходится оптимизировать конструкцию двигателя не по критериям повышения тяги или сокращения расхода топлива, а именно из соображений снижения уровня шума. Дальнейшее снижение уровня вредных выбросов (за исключением CO_2 , выбросы которого пропорциональны расходу топлива) также противоречит соображениям экономии топлива. Например, при повышении температуры перед турбиной повышается полнота сгорания топлива, но растет и образование окислов азота (NO_x), и т.п. С аналогичными противоречиями сталкиваются и разработчики автомобильных двигателей (весьма показательна динамика экономичности и экологических показателей двигателей, удовлетворяющих нормам Euro 1 – Euro 6). На данном этапе развития технологий практически исчерпаны резервы улучшения по Парето характеристик тепловых двигателей различных типов, т.е. одновременного улучшения экономических и экологических параметров. Как видно из приведенных примеров, даже требования снижения разных видов экологического воздействия тепловых двигателей на природу могут вступать в противоречие друг с другом. Дальнейшее повышение экологической чистоты техники практически по любому критерию приводит, как правило, к повышению затрат – как на производство изделий, так и на их эксплуатацию. Поэтому, если с общественной точки зрения будет признано целесообразным дальнейшее улучшение экологических параметров тепловой энергетики, автомобильного и авиа-

ционного транспорта, вероятнее всего, для достижения этой цели потребуется государственное вмешательство, поскольку даже «в узком смысле» гипотеза Портера уже не выполняется, т.е. повышение экологичности техники ухудшает ее экономические показатели. В связи с этим, попытки ее эмпирической проверки (и, тем более, формирование на ее основе рекомендаций в отношении экологической политики) без учета стадии инновационного развития технологий в той или иной отрасли принципиально некорректны.

Как показано выше, в настоящее время, как правило, вначале выполняются «экологическое» и «энергетическое» условия эффективности досрочной замены изделий длительного пользования, т.е. условия (5) и (6), и лишь затем – «экономическое», т.е. условие (1). В итоге приходится стимулировать досрочную замену техники, поскольку она целесообразна с экологической точки зрения¹. Но представим себе, что последовательность выполнения соответствующих условий, по мере совершенствования технологий, была бы обратной. Это означало бы, что экономические субъекты уже экономически заинтересованы в досрочной замене техники, но с экологической и ресурсной точек зрения она неэффективна. Такая гипотетическая ситуация отнюдь не является невероятной – напротив, она не менее распространена, чем та, что обсуждалась в этой работе до сих пор.

¹ Здесь рассматривается именно сокращение удельного потребления ресурсов и удельной эмиссии вредных веществ, т.е. приходящихся на единицу продукции (например, на летный час или пассажиро-километр). Однако суммарное потребление ресурсов и суммарная эмиссия могут при этом (и благодаря этому) могут даже возрасти. В этом состоит т.н. *эффект рикошета* (см., например, [17]), который также необходимо учитывать при формировании экологической политики. Однако в данной работе он не рассматривается, и рассматривается лишь процесс улучшения удельных параметров технологий.

В разных отраслях и на разных этапах технологического развития могут иметь место различные соотношения экономических, энергетических и экологических цен производства и эксплуатации изделий, а также их изменения по мере совершенствования технологий. И если, например, в гражданском авиастроении сокращение энергетических и экологических цен эксплуатации (т.е. расхода топлива, выбросов CO₂) даже на верхнем участке S-образной кривой существенно выше соответствующих цен производства новой техники, то в некоторых отраслях – таких, как производство бытовой техники и электроники – напротив, энергетические и экологические цены производства сами по себе существенно выше соответствующих цен эксплуатации (которые, в принципе, могут и не снижаться существенно при появлении новых поколений продукции). Т.е. досрочная замена таких изделий будет заведомо неэффективной с энергетической или экологической точки зрения – но при этом вполне может быть выгодной с экономической точки зрения¹. И в соответствующих отраслях, напротив, необходимо принимать меры государственного регулирования, которые тормозили бы экологически неэффективные или даже опасные процессы ускоренного обновления продукции. Провести формальный анализ эффективности таких мер и выбрать наиболее предпочтительные можно по аналогии с анализом инструментов стимулирования ускоренной замены техники, который и проводится в данной работе.

¹ Кроме того, ускоренное обновление потребительских благ длительного пользования может быть вызвано не столько объективными экономическими факторами, сколько субъективными мотивами – изменчивостью моды, рекламой и пропагандой. Для любых производителей товаров длительного пользования их ускоренная замена – один из главных источников спроса, в т.ч. в периоды неблагоприятной экономической конъюнктуры, см., например, [2].

Таким образом, идеальной была бы ситуация, когда пропорции различных видов цен (экономических, энергетических и экологических), а также их изменения в ходе научно-технического прогресса совпадали бы (хотя бы приблизительно). Однако, в силу объективных технико-экономических причин, такая пропорциональность вряд ли будет соблюдаться естественным образом во всех отраслях и на всех стадиях технологического развития. И корректировать возможные дисбалансы придется с помощью государственного вмешательства. Обобщая результаты анализа различных сочетаний экологических и экономических цен, можно сформулировать следующую основную задачу государственной экологической политики на рынках изделий длительного пользования. Необходимо обеспечить сбалансированность системы экологических и экономических цен – таким образом, чтобы досрочная замена техники становилась эффективной приблизительно одновременно как по экономическим, так и по экологическим критериям – без значительного опережения или отставания.

3. Сравнительный анализ прямого налогообложения эксплуатации старой техники и налогообложения выбросов

В ряде отраслей – например, в гражданской авиации, на автомобильном транспорте – ускоренная замена техники на более экологически чистую обеспечивается ужесточением соответствующих стандартов, ограничивающих эксплуатацию изделий старого поколения. Иногда такое ужесточение формально не затрагивает уже эксплуатируемые изделия, а касается только продажи новых, однако реальная практика применения экологических норм свидетельствует о том, что они нацелены именно на ускоренное обновление парка. Впрочем, и в этих случаях владельцы старых изделий могут избежать финансовых потерь, продавая старую технику в страны третьего мира, где приняты менее жесткие экологические нормы, подробнее см. [9]. Однако,

помимо прямого административного принуждения, стимулирование государством ускоренного обновления парка долговечной техники может принимать более мягкие формы. Например, эксплуатация изделий старых поколений может облагаться экологическими налогами. Методический аппарат, предложенный авторами в работе [7], предполагает следующий подход к экономическому обоснованию ставок таких налогов¹. Они должны обеспечить экономическую заинтересованность эксплуатирующих организаций в досрочном списании старой техники, если такое списание целесообразно с экологической точки зрения. Используя этот факт, получим оценки минимально необходимого уровня ставок экологических налогов для различных форм налогообложения. Итак, необходимо при выполнении условия (6) добиться выполнения следующего неравенства:

$$(10) \quad (c_{\text{опер}}^{\text{стар}} - c_{\text{опер}}^{\text{нов}})_{\text{нал}} > a^{\text{нов}}$$

где $(c_{\text{опер}}^{\text{стар}} - c_{\text{опер}}^{\text{нов}})_{\text{нал}}$ – разность операционных затрат старого и нового изделий с учетом экологических налогов².

¹ Здесь рассматривается лишь непосредственное влияние экологического налогообложения на поведение эксплуатирующих организаций. Проблема надлежащего использования собираемых налогов остается за рамками данной работы.

² В принципе, добиться выполнения условия (1) можно и воздействуя на цену нового изделия, но лишь в сторону ее уменьшения, т.е. дотируя покупку более экологически чистой техники. Такой механизм также используется в ряде отраслей в наиболее экономически развитых странах мира.

Для достижения желаемого соотношения затрат владельцев старой и новой техники, государством могут применяться различные формы налогообложения:

а) экологические налоги могут взиматься непосредственно с каждой единицы использования (например, с летного часа) изделий старого поколения¹ по ставке t , исчисляемой в денежных единицах за летный час:

$$(11) \quad (c_{\text{опер}}^{\text{стар}} - c_{\text{опер}}^{\text{нов}})_{\text{нал}} = t + c_{\text{опер}}^{\text{стар}} - c_{\text{опер}}^{\text{нов}}$$

б) экологическими налогами может облагаться потребляемое [как старыми, так и новыми изделиями] авиатопливо по ставке S , исчисляемой в денежных единицах за тонну топлива:

$$(12) \quad (c_{\text{опер}}^{\text{стар}} - c_{\text{опер}}^{\text{нов}})_{\text{нал}} = (c_{\text{пр}}^{\text{стар}} - c_{\text{пр}}^{\text{нов}}) + (g^{\text{стар}} - g^{\text{нов}}) * (p_{\text{ГСМ}} + S)$$

¹ Либо наоборот, может дотироваться эксплуатация изделий нового поколения. Однако, несмотря на эквивалентность такого механизма дотированию их приобретения (т.е. уменьшению цены новых изделий) с арифметической точки зрения, именно второй вариант более реалистичен. Принимая решение о выборе изделий длительного пользования, владелец предпочтет единовременную дотацию в виде скидки к цене, чем периодические дотации за их эксплуатацию, которые могут и прекратиться при изменении государственной политики.

в) налогами могут облагаться сами выбросы CO₂ по ставке λ денежных единиц за тонну выбросов:

$$(13) \quad \frac{(c_{\text{опер}}^{\text{стар}} - c_{\text{опер}}^{\text{нов}})_{\text{нал}}}{(p_{\text{гем}} + e_{\text{экпл}} * \lambda)} = (c_{\text{пр}}^{\text{стар}} - c_{\text{пр}}^{\text{нов}}) + (g^{\text{стар}} - g^{\text{нов}}) *$$

Последнюю форму экологического налогообложения предполагается применять во многих отраслях. Фактически, этот принцип и положен в основу т.н. *Киотского протокола* [14] – одного из самых масштабных проектов экологического регулирования в мировом масштабе. Поэтому экономический анализ эффективности данного механизма, стимулирующего повышение экологической чистоты технологий, особенно актуален. Сравнение формул (12) и (13) показывает, что принцип действия двух последних форм налогообложения одинаков (при фиксированном индексе эмиссии, делающем выбросы пропорциональными потреблению топлива).

Пользуясь формулами (11-13), можно получить оценки минимального уровня ставок экологических налогов, соответствующих описанным формам налогообложения, при которых они будут действенными (т.е. будет выполняться условие (10)):

$$(14) \quad t_{min} = a^{нов} - (c_{опер}^{стар} - c_{опер}^{нов}) = a^{нов} - (c_{пр}^{стар} - c_{пр}^{нов}) - (g^{стар} - g^{нов}) * p_{гсм}$$

$$(15) \quad s_{min} = \frac{1}{g^{стар} - g^{нов}} * [a^{нов} - (c_{пр}^{стар} - c_{пр}^{нов})] - p_{гсм}$$

$$(16) \quad \left. \begin{aligned} \lambda_{min} &= \frac{1}{\Phi_{экспл}} * \left\{ \frac{1}{g^{стар} - g^{нов}} * [a^{нов} - (c_{пр}^{стар} - c_{пр}^{нов})] - \right. \\ p_{гсм} &= \frac{s_{min}}{\Phi_{экспл}} \end{aligned} \right\}$$

Рассмотрим следующий реалистичный пример. Пусть самолеты нынешнего поколения, имеющие значительный остаток ресурса, потребляют в среднем 2,5 тонны авиатоплива на летный час. На рынке появляются воздушные суда того же класса, но нового поколения, со следующими характеристиками:

$$T^{нов} = 75000 \text{ л.ч.}, \quad P^{нов} = 60 \text{ млн. долл.}, \quad g^{нов} = 0,5 \frac{\text{т}}{\text{л.ч.}}$$

(заметим, что такое сокращение удельного расхода топлива на данном этапе считается очень значительным). Для упрощения расчетов предположим, что прочие, «нетопливные» составляющие эксплуатационных затрат изделий старого и нового поколений различаются незначительно. Тогда различие операционных

затрат изделий нынешнего и нового поколения вызвано лишь различными значениями расхода топлива. Условие (8) выполняется при цене авиатоплива, равной 1600 долл./т:

$$\begin{aligned}\frac{P_{\text{нов}}}{T_{\text{нов}}} &= c_{\text{опер}}^{\text{стар}} - c_{\text{опер}}^{\text{нов}} = (g^{\text{стар}} - g^{\text{нов}}) * \bar{p}_{\text{ГСМ}} \\ \bar{p}_{\text{ГСМ}} &= \frac{P_{\text{нов}}}{(g^{\text{стар}} - g^{\text{нов}}) * T_{\text{нов}}} = \frac{60 \text{ млн. долл.}}{0,5 \frac{\text{т}}{\text{л. ч.}} * 75000 \text{ л. ч.}} \\ &= 1600 \frac{\text{долл.}}{\text{т}}\end{aligned}$$

Если в настоящее время цена авиатоплива ниже этого уровня, авиакомпании будут заинтересованы продолжать эксплуатацию имеющихся воздушных судов до полной выработки ресурса. В то же время, по экологическим соображениям может быть целесообразным их немедленное списание и замена на изделия нового поколения. Даже если принять пессимистическую оценку энергозатрат на производство самолета нового поколения:

$G^{\text{нов}} = 12000 \text{ т.н.э}^1$, и считать, что индексы эмиссии CO_2 на этапах производства и эксплуатации совпадают:

$\bar{e}_{\text{произв}} = e_{\text{экспл}} = 3,125 \frac{\text{т.}\text{CO}_2}{\text{т.н.э.}}$, условие (6) выполняется более чем с трехкратным запасом:

¹ Некоторые простые оценки энергоемкости производства авиатехники, как из металлов и сплавов, так и из полимерно-композитных материалов, выполнены авторами в работе [7].

$$\begin{aligned}
 \bar{e}_{\text{произв}} * \frac{G_{\text{нов}}}{T_{\text{нов}}} &= 3,125 \frac{\text{т. CO}_2}{\text{т. н. э.}} * \frac{12000 \text{ т. н. э.}}{75000 \text{ л. ч.}} = 0,5 \frac{\text{т. CO}_2}{\text{л. ч.}} \\
 &< e_{\text{экспл}} * (g^{\text{стар}} - g^{\text{нов}}) = 3,125 \frac{\text{т. CO}_2}{\text{т. н. э.}} * 0,5 \frac{\text{т}}{\text{л. ч.}} \\
 &= 1,5625 \frac{\text{т. CO}_2}{\text{л. ч.}}
 \end{aligned}$$

В данном примере ускоренная замена старого поколения авиатехники на новое позволит сократить выбросы CO₂ более чем на 1 т в расчете на летный час, даже с учетом дополнительных выбросов в процессе производства новых изделий. Таким образом, в данном случае государство, руководствуясь соображениями защиты окружающей среды, может прибегнуть к прямому запрету эксплуатации изделий старого поколения, либо ввести экологические налоги.

Какая форма экологического налогообложения, из числа описанных выше, наиболее предпочтительна? Экономисты либерального направления рекомендуют использовать в государственной экономической политике *встроенные регуляторы*, которые, задавая общие для всех экономических агентов правила игры, автоматически обеспечивают желаемые изменения. Этому принципу лучше соответствует налогообложение потребляемого авиатоплива или выбросов CO₂. В то же время, непосредственное налогообложение эксплуатации изделий старого поколения, как и прямой запрет на их эксплуатацию, относятся к *дискреционным* мерам. Если при использовании встроенных регуляторов всех экономических агентов помещают в однородную экономическую среду, стимулирующую желательные изменения, то дискреционные меры избирательны и направлены на конкретных агентов. Высокая селективность, присущая таким мерам, порождает коррупционные риски.

Однако прежде чем учитывать коррупционные аспекты, следует проанализировать принципиальную реализуемость и

действенность той или иной политики. Пользуясь формулами (14-16), оценим минимальный уровень ставок экологических налогов, при котором авиакомпании в приведенном примере примут решение о досрочном обновлении парка авиатехники, если текущая цена авиатоплива равна 1000 долл./т.

Если налогом непосредственно облагается эксплуатация старых изделий, минимально необходимая ставка за летный час составит (см. формулу (14))

$$\begin{aligned} t_{min} &= a^{нов} - (g^{стар} - g^{нов}) * p_{гсм} \\ &= \frac{60 \text{ млн. долл.}}{75000 \text{ л. ч.}} - 0,5 \frac{\text{т}}{\text{л. ч.}} * 1000 \frac{\text{долл}}{\text{т}} \\ &= 300 \frac{\text{долл}}{\text{л. ч.}} \end{aligned}$$

Если налогом облагается потребляемое авиатопливо, ставка налога фактически должна повысить его цену до уровня, при котором авиакомпании добровольно откажутся от эксплуатации авиатехники старого поколения, т.е. до $\tilde{p}_{гсм}$ (см. формулу (15)):

$$s_{min} = \tilde{p}_{гсм} - p_{гсм} = 1600 \frac{\text{долл}}{\text{т}} - 1000 \frac{\text{долл}}{\text{т}} = 600 \frac{\text{долл}}{\text{т}}$$

Если налогами облагаются сами выбросы CO₂, минимально необходимая ставка составит (согласно формуле (16))

$$\lambda_{min} = \frac{s_{min}}{e_{экспл}} = \frac{600 \frac{\text{долл}}{\text{т}}}{3,125 \frac{\text{т. CO}_2}{\text{т. н. э.}}} = 192 \frac{\text{долл}}{\text{т. CO}_2}$$

Заметим, что в случае применения двух последних форм государственного регулирования возрастут затраты на эксплуатацию не только старых, но и новых изделий. Величину этого прироста можно оценить, подставив формулы минимально необходимых ставок экологических налогов (15), (16) в выраже-

ния для эксплуатационных затрат. Если налог взимается с тонны авиатоплива, стоимость летного часа самолетов нового поколения возрастет, по меньшей мере, на

$$g^{\text{нов}} * s_{\text{min}} = 2 \frac{\text{т}}{\text{л. ч.}} * 600 \frac{\text{долл}}{\text{т}} = 1200 \frac{\text{долл}}{\text{л. ч.}}$$

При налогообложении выбросов CO₂ минимальный (т.е. достигаемый при минимально действенных ставках налогов¹) прирост эксплуатационных затрат для самолетов нового поколения будет таким же, в силу эквивалентности этих механизмов:

$$\begin{aligned} g^{\text{нов}} * e_{\text{экспл}} * \lambda_{\text{min}} &= 2 \frac{\text{т}}{\text{л. ч.}} * 3,125 \frac{\text{т. CO}_2}{\text{т. н. в.}} * 192 \frac{\text{долл}}{\text{т. CO}_2} \\ &= 1200 \frac{\text{долл}}{\text{л. ч.}} \end{aligned}$$

Т.е. последствия введения таких налогов эквивалентны последствиям удорожания авиатоплива на 60%. Такое повышение эксплуатационных затрат (полученное в рамках вполне реалистичного примера) является чрезвычайно значимым (если не катастрофичным) для авиакомпаний. Возможно, это лишь частный случай, характеризующийся чрезвычайно неблагоприятным набором параметров? Оценим в общем виде прирост издержек для изделий нового поколения в том случае, если налог взимается с тонны выбросов. Прежде всего, сравнивая формулы (14) и (16), заметим, что минимально необходимая ставка штрафа за выбросы может быть аналитически выражена через минимально необходимую ставку прямого налога на эксплуатацию старых изделий:

¹ Меньшие ставки налогов не приведут к желаемому результату, т.е. не обеспечат экономической заинтересованности авиакомпаний в ускоренной замене авиатехники на более экологически чистую.

$$(17) \quad \lambda_{min} = \frac{\alpha^{HOB} - (c_{пр}^{стар} - c_{пр}^{HOB}) - p_{тех} * (g^{стар} - g^{HOB})}{e_{экспл} * (g^{стар} - g^{HOB})} =$$

$$\frac{\alpha^{HOB} - (c_{опер}^{стар} - c_{опер}^{HOB})}{e_{экспл} * (g^{стар} - g^{HOB})} = \frac{t_{min}}{e_{экспл} * (g^{стар} - g^{HOB})}$$

Теперь остается оценить прирост издержек для изделий нового поколения в том случае, если взимается налог с выбросов (по минимально необходимой ставке, определяемой формулой (16)):

$$(18) \quad \Delta c_{\lambda}^{HOB} = g^{HOB} * e_{экспл} * \lambda_{min} = \frac{g^{HOB} * e_{экспл} * t_{min}}{e_{экспл} * (g^{стар} - g^{HOB})} =$$

$$\frac{g^{HOB}}{(g^{стар} - g^{HOB})} * t_{min}$$

Как следует из полученного соотношения, прирост затрат владельцев новой техники был бы ниже, чем прямой налог на владельцев старых изделий только в том случае, если бы показатели эмиссии при переходе на новое поколение авиатехники сокращались, по меньшей мере, вдвое:

$$\Delta c_{\lambda}^{HOB} < t_{min} \text{ при } g^{HOB} < g^{стар} - g^{HOB}, \text{ т.е. } g^{HOB} < \frac{g^{стар}}{2}.$$

Тогда и доля экологических налогов в структуре эксплуатационных затрат становилась бы при покупке изделий нового поколения пренебрежимо малой. Однако это возможно лишь при замене чрезвычайно «грязных» в экологическом отношении

изделий на существенно более экологически чистые. Кроме того, при многократном сокращении выбросов CO_2 , вероятнее всего, и расход топлива сокращался бы в несколько раз, что автоматически обеспечивало бы экономическую заинтересованность авиакомпаний в досрочном списании старых изделий. Тогда и необходимость в государственном вмешательстве отпала бы. Однако к настоящему моменту соответствующий этап развития технологий в большинстве отраслей транспорта и в тепловой энергетике уже пройден. Как в отношении повышения экономичности, так и в отношении улучшения экологических характеристик тепловых двигателей, возможности совершенствования традиционных конструкций и технологий близки к исчерпанию. Поэтому, напротив, имеют место следующие соотношения:

$$g^{\text{нов}} \approx g^{\text{стар}}, \text{ т.е. } g^{\text{нов}} > g^{\text{стар}} - g^{\text{нов}} \text{ и } \Delta c_{\lambda}^{\text{нов}} > t_{\min}.$$

Подчеркнем, что в случае налогообложения потребляемого топлива или выбросов значительное повышение затрат затронет не только авиакомпании, эксплуатирующие старые воздушные суда, но даже авиакомпании, заменившие их на изделия нового поколения. В результате ослабевают стимулы к ускоренному обновлению техники, поскольку достигаемое благодаря нему сокращение эксплуатационных затрат, на фоне существенно возросшего общего уровня затрат, в относительном выражении невелико. Кроме того, столь существенное повышение эксплуатационных затрат подрывает финансовые возможности авиакомпаний, блокируя процессы обновления парка.

Различие принципов действия описанных механизмов стимулирования и их эффективности можно наглядно показать на рис. 1.

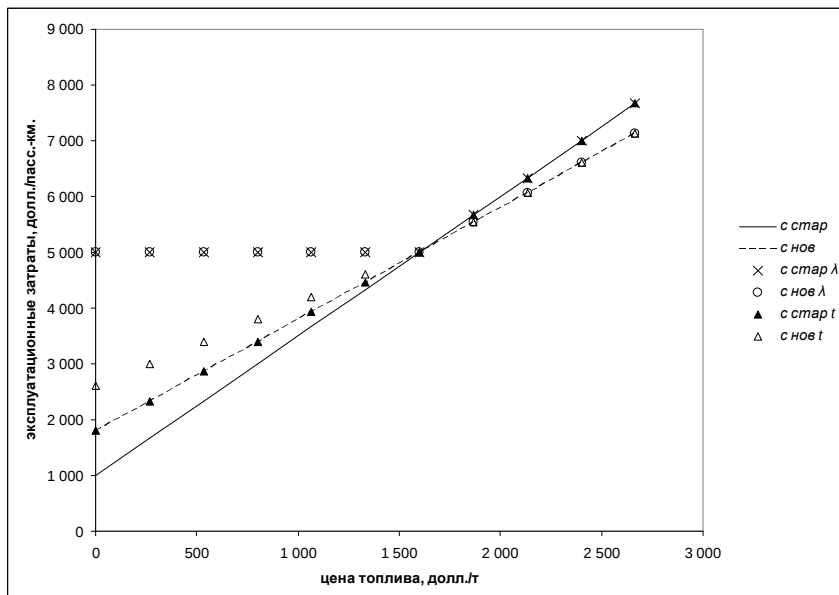


Рис. 1. Сравнение эксплуатационных затрат для старых и новых изделий при различных способах стимулирования обновления парка (пример 1)

На нем изображены графики изменения по мере увеличения цены топлива следующих величин (расчеты проведены с использованием исходных данных вышеприведенного примера; прочие составляющие эксплуатационных расходов для старого и нового типов изделий приняты равными 1000 долл./л.ч.):

- стоимости летного часа самолетов старого и нового типов¹ в отсутствие государственного регулирования (не-

¹ Для изделий нового типа – с учетом амортизации, поскольку на их приобретение придется нести дополнительные издержки, тогда как изделия старого типа уже имеются.

маркированные линии – соответственно, сплошная и штриховая). Видно, что досрочная замена авиатехники становится выгодной лишь при цене авиатоплива свыше 1600 долл./т;

- стоимости летного часа самолетов старого и нового типов (соответственно, крестообразные и круглые маркеры) при налогообложении выбросов по минимально необходимому, при данной цене топлива, ставкам. Видно, что при ценах авиатоплива, меньших 1600 долл./т, этот механизм повышает эксплуатационные затраты как для старого, так и для нового типов самолетов до 5000 долл./л.ч., т.е. до уровня, достигаемого при цене авиатоплива 1600 долл./т;

- стоимости летного часа самолетов старого типа (черные треугольные маркеры) при непосредственном налогообложении их эксплуатации по минимально необходимому, при данной цене топлива, ставкам. Видно, что при ценах авиатоплива, меньших 1600 долл./т, этот механизм повышает эксплуатационные затраты для старого типа самолетов до уровня эксплуатационных затрат нового типа самолетов, с учетом амортизации;

- стоимости летного часа самолетов нового типа (белые треугольные маркеры) при непосредственном налогообложении их эксплуатации по тем же ставкам, которыми облагается эксплуатация самолетов старого типа. Видно, что даже такое, очевидно несправедливое налогообложение повысит эксплуатационные затраты для нового типа самолетов существенно меньше, чем «справедливое» налогообложение выбросов (так, например, при цене авиатоплива 1000 долл./т – до 4100 долл./л.ч. против 5000 долл./л.ч.)

Качественно иная ситуация наблюдалась бы лишь в том случае, если бы удельный расход топлива при переходе к новому поколению авиатехники сокращался бы более, чем вдвое – например, до 1 т/л.ч. (что, очевидно, нереально в обозримом будущем). Соответствующие графики приведены на рис. 2.

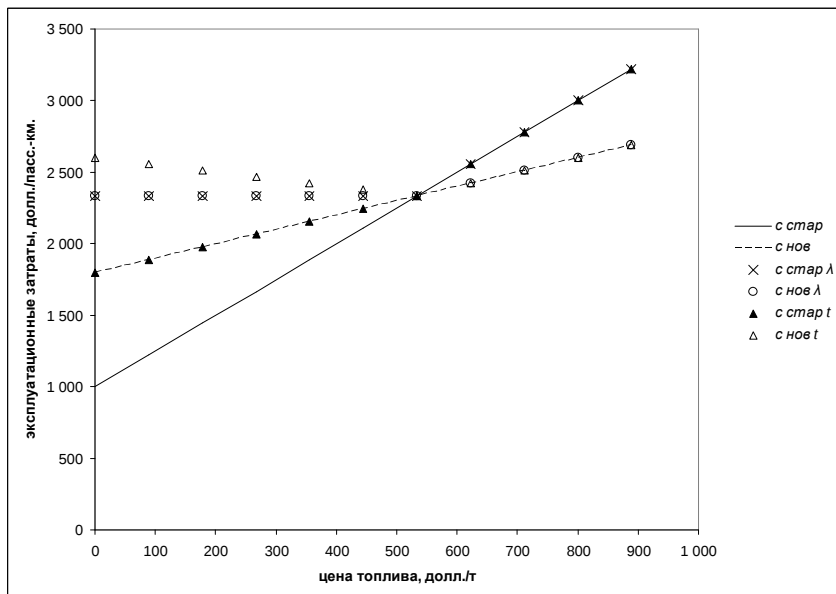


Рис. 2. Сравнение эксплуатационных затрат для старых и новых изделий при различных способах стимулирования обновления парка (пример 2)

Впрочем, в этом случае ускоренную замену морально устаревших изделий не пришлось бы стимулировать при современных ценах на авиатопливо, поскольку условие (1) выполнялось бы естественным образом.

4. Определение ставок экологического налогообложения с учетом коррупционных рисков

Итак, даже минимально необходимые ставки налогов на выбросы могут привести к существенному повышению затрат и для владельцев новой, более экологически чистой техники, в то время как налогообложение старых изделий на них, официаль-

но, вообще не распространяется. Однако наибольшие – и отнюдь не безосновательные – опасения у экономистов либерального направления вызывает реальная практика применения дискреционных мер. То, что управляющие воздействия реализуются не в «автоматическом», а «в ручном режиме», открывает значительные возможности коррупции, оппортунистического поведения чиновников, принимающих решения, поиска ренты с их стороны. Вполне возможно, что при непосредственном налогообложении эксплуатации старой техники владельцам новой, более экологически чистой техники, придется доказывать чиновникам, что их не следует облагать соответствующими налогами. И нельзя исключать возможность несправедливого применения к ним этих налогов – несмотря на то, что они уже понесли дополнительные издержки на повышение экологической чистоты своего имущества. Однако, как это ни парадоксально, даже такое, очевидно несправедливое применение дискреционных мер (в данном случае – непосредственного налогообложения старой техники) может оказаться для владельцев новой техники более выгодным, чем справедливое (по определению) применение встроенных регуляторов (т.е. налогообложения выбросов). Рассмотрим затраты владельца новой техники, которого несправедливо облагают налогом на эксплуатацию старой техники по ставке t_{min} :

$$c_t^{HOB} = c^{HOB} + t_{min}$$

и сравним их с затратами владельца новой техники в случае налогообложения выбросов по ставке λ_{min} :

$$c_{\lambda}^{HOB} = c^{HOB} + \Delta c_{\lambda}^{HOB} = c^{HOB} + \frac{g^{HOB}}{(g^{стар} - g^{HOB})} * t_{min}$$

Найдем пороговое соотношение удельного расхода топлива старых и новых изделий, при котором первый вариант будет выгоднее для владельца изделий:

$$g_1^{\text{нов}} < g_2^{\text{нов}}, \quad \text{при} \quad t_{\min} < \frac{g^{\text{нов}}}{(g^{\text{стар}} - g^{\text{нов}})} * t_{\min} \quad \text{или}$$

$$g^{\text{нов}} > g^{\text{стар}} - g^{\text{нов}}, \text{ т.е. } g^{\text{нов}} > \frac{g^{\text{стар}}}{2}.$$

Итак, если для изделий нового поколения не удастся снизить удельный расход топлива, хотя бы, вдвое, минимально действенные ставки налогов на выбросы будут столь высоки, что даже владельцы новой техники, скорее, предпочтут стать жертвой несправедливого применения прямых налогов на эксплуатацию старых изделий. На данном этапе развития технологий, не приходится рассчитывать на столь радикальное повышение топливной экономичности тепловых двигателей – напротив, как было отмечено выше, вероятнее всего, $g^{\text{нов}} \approx g^{\text{стар}}$. Следовательно, на данном этапе технологического развития многих отраслей экономики дискреционные меры стимулирования ускоренной замены техники на более экологически чистую более предпочтительны для объектов регулирования, чем встроенные регуляторы, даже с учетом коррупционных рисков. Этот вывод, неочевидный без проведенного выше технико-экономического анализа, может иметь большое значение для обоснования государственной экономической политики.

При анализе эффективности дискреционных инструментов и определении их количественных параметров необходимо учитывать коррупционные риски. Если владелец оборудования

руководствуется критерием ожидаемой полезности, можно найти пороговую вероятность несправедливого обложения владельцев новой техники налогом на эксплуатацию старых изделий, по достижении которой всякие стимулы к обновлению оборудования пропадают (если же агенты не расположены к риску, этот порог сокращается). Пусть вероятность стать жертвой несправедливого применения налога равна $p < 1$. Тогда владелец старой техники, продолжая ее эксплуатацию, гарантированно несет издержки в размере $c_c^{стар} = c^{стар} + t$. В то же время, заменяя технику на новую и более экологически чистую, он приобретает лотерею:

- с вероятностью $(1 - p)$ он будет нести издержки в размере $c_c^{нов}$;
- с вероятностью p он подвергнется несправедливому обложению налогом t , и его издержки возрастут до уровня $c_c^{нов} = c^{нов} + t$.

Таким образом, ожидаемый уровень затрат владельца новой техники с учетом коррупционных рисков составит

$$\bar{c}_c^{нов} = p * (c^{нов} + t) + (1 - p) * c^{нов} = c^{нов} + p * t$$

До сих пор считалось (см. формулу (14)), что минимально действенная ставка налога на эксплуатацию старого изделия t_{min} должна уравнивать эксплуатационные затраты владельцев новой техники (с учетом амортизации) и старой,

т.е. $c_t^{\text{стар}} = c^{\text{нов}}$. Однако, если учесть коррупционные риски, при такой ставке налога замена техники на новую станет заведомо невыгодной. Следовательно, минимально действенная ставка налога на эксплуатацию старой техники должна удовлетворять следующему условию:

$$c^{\text{нов}} < c_t^{\text{стар}}, \text{ или } c^{\text{нов}} + p * t < c^{\text{стар}} + t, \text{ т.е.}$$

$$(19) \quad t_{\min} = \frac{c^{\text{нов}} - c^{\text{стар}}}{1 - p}$$

Таким образом, чем выше коррупционные риски, тем выше должна быть ставка дискреционного налога, чтобы он оказывал стимулирующее воздействие. В то же время, выше было обосновано, что дискреционное налогообложение предпочтительнее встроенного регулятора (в виде платежей за выбросы) именно потому, что ставки могут быть сравнительно невысокими. Сохранится ли такое соотношение с учетом коррупционных рисков? Фактически, ставку налога на эксплуатацию старых изделий следует умножать на $\frac{1}{1+p}$. Но и с учетом коррупционного риска такой налог останется априори предпочтительнее для владельца новой техники, чем налог на выбросы, при выполнении следующего условия:

$$c^{\text{нов}} = c^{\text{нов}} + p * t < c_{\lambda}^{\text{нов}}, \text{ где}$$

$$\begin{aligned}
 c_1^{\text{нов}} &= c^{\text{нов}} + \Delta c_1^{\text{нов}} \\
 &= c^{\text{нов}} + \frac{g^{\text{нов}}}{(g^{\text{стар}} - g^{\text{нов}})} * (c^{\text{нов}} - c^{\text{стар}})
 \end{aligned}$$

Таким образом, ставка налога на летный час эксплуатации изделий старого типа должна быть не выше следующего уровня (условие предпочтительности перед налогообложением выбросов):

$$(20) \quad t_{\max} = \frac{g^{\text{нов}}}{(g^{\text{стар}} - g^{\text{нов}})} * \frac{c^{\text{нов}} - c^{\text{стар}}}{p}$$

и одновременно, как показано выше – не менее $t_{\min} = \frac{c^{\text{нов}} - c^{\text{стар}}}{1-p}$ (условие действенности с точки зрения стимулирования обновления техники, см. формулу (20)).

Диапазон допустимых ставок налога $(t_{\min}; t_{\max})$ будет непустым, если $\frac{g^{\text{нов}}}{(g^{\text{стар}} - g^{\text{нов}})} > \frac{p}{1-p}$. Вероятность того, что владелец новой, более экологически чистой техники подвергнется штрафу за использование старой техники, должна удовлетворять следующему неравенству (полученному преобразованием вышеуказанного условия непустоты диапазона допустимых ставок налога):

$$p < p_{\text{кр}} = \frac{g^{\text{нов}}}{g^{\text{стар}}}$$

Заметим, что, чем радикальнее повышение топливной экономичности изделий нового поколения, тем ниже допустимый уровень коррупционного риска. И наоборот, если улучшение

технико-экономических параметров изделий замедляется ($q_{\text{нов}} \approx q_{\text{стар}}$), экономические агенты будут более «терпимо» относиться даже к высокому риску несправедливого применения дискреционных мер, предпочитая его «справедливым» и «беспристрастным», но слишком жестким встроенным регуляторам.

Разумеется, если коррупция станет тотальной, т.е. если все владельцы новой техники будут гарантированно¹ несправедливо облагаться налогом на эксплуатацию старых изделий ($p \equiv 1$), стимулирующий эффект таких мер пропадет, поскольку априори не будет выгодно инвестировать в приобретение новой техники. В то же время, в рамках данной работы не представляется возможным описать все многообразие проявлений «отказов государства» (начиная, хотя бы, с уклонения экономических агентов от уплаты любых экологических налогов и штрафов), не говоря уже о выработке мер противодействия этим явлениям.

• **Заключение**

1. Досрочная замена оборудования, имеющего остаток ресурса, эффективна, если цена производства нового изделия ниже разности цен эксплуатации старого и нового изделий (т.е. если экономия в эксплуатации превышает дополнительные затраты, связанные с производством нового изделия). Такое правило справедливо для экономических цен (денежных затрат), энергетических цен (энергозатрат) и экологических цен (вредных выбросов).

¹ Впрочем, в этом случае уже не приходится говорить о «коррупционных рисках», поскольку понятие «риск», при всей широте его интерпретации, все-таки, обязательно связано с неопределенностью.

2. На данном этапе технологического развития, ускоренная замена тепловых двигателей вначале становится эффективной с экологической и энергетической точек зрения, и лишь затем – с экономической. Поэтому, даже если повышение экологической чистоты транспортного и энергетического оборудования сопровождается повышением его экономичности, естественных экономических стимулов может быть недостаточно для ускоренной замены изделий на более экологически чистые. Для обеспечения обновления парка государство может использовать административное принуждение либо экономическое стимулирование. Для некоторых видов изделий длительного пользования (например, бытовой техники и электроники), наоборот, вначале досрочная замена становится эффективной с экономической точки зрения, и лишь затем – с экологической. В соответствующих отраслях, во избежание излишнего потребления ресурсов и избыточной нагрузки на окружающую среду, целесообразно блокировать излишне частую замену изделий длительного пользования (также экономическими инструментами либо прямым административным принуждением).

3. При замедлении темпов совершенствования технологий, встроенные регуляторы (например, налогообложение вредных выбросов) становятся менее эффективными, чем дискреционные меры (например, прямое налогообложение эксплуатации старых изделий). Если уровни выбросов при эксплуатации новых изделий лишь незначительно ниже, чем старых, для стимулирования ускоренной замены изделий ставки налогов на выбросы должны быть настолько высокими, что даже владельцы новой и более экологически чистой техники испытают многократное повышение эксплуатационных расходов. Поэтому дискреционные меры становятся более предпочтительными для владельцев оборудования, чем встроенные регуляторы, даже с учетом коррупционных рисков.

Литература

1. БУРИЧЕНКО Л.А., ЕНЕНКОВ В.Г., НАУМЕНКО И.М., ПРОТОЕРЕЙСКИЙ А.С. *Охрана окружающей среды в гражданской авиации* // М.: Машиностроение – 1992.
2. ГУСМАНОВ Т.М., КЛОЧКОВ В.В. *Экономические проблемы развития авиационной промышленности в условиях нестабильного спроса на авиаперевозки* // Экономическая наука современной России – 2008 – № 3 – С.98–109.
3. ДМИТРИЕВ В.Г., МУНИН А.Г. *Экологические проблемы гражданской авиации* // Аэрокосмический курьер – 2003 – № 2 – С.15–17.
4. КЛИНСКИЙ Б., НАЗАРЕНКО Ю. *К вопросу об антропогенном изменении климата, и о проблемах с Монреальским и Киотским протоколами* // Двигатель – № 6 – 2005.
5. КЛОЧКОВ В.В. *Управление инновационным развитием гражданского авиастроения* // М.: ГОУ ВПО МГУЛ – 2009 – С.280.
6. КЛОЧКОВ В.В., ГУСМАНОВ Т.М. *Экологические стандарты как инструмент стимулирования спроса на продукцию авиационной промышленности* // Маркетинг в России и за рубежом – 2007 – № 3 – С.39–45.
7. КЛОЧКОВ В.В., ИГНАТЬЕВА А.И. *Эколого-экономические проблемы обновления мирового парка авиатехники* // Экономика природопользования – 2009 – № 2 – С.23–40.
8. КЛОЧКОВ В.В., ШКАДОВА А.А., ЖДАНОВСКИЙ А.В. *Экономические аспекты морального устаревания техники* // Технология машиностроения – 2008 – № 11 – С.65–70.

9. КЛОЧКОВ В.В., ШУСТОВ А.В., ГУСМАНОВ Т.М. *Экологические нормы как фактор конкурентной борьбы на рынках авиаперевозок и авиатехники* // *Авиакосмическая техника и технология* – 2007 – № 3 – С.61–70.
10. КОСТРОМИНА Е.В. *Экономика авиакомпаний в условиях рынка* // М.: НОУ ВКШ “Авиабизнес” – 2002. – С.304.
11. СКИБИН В., ВОЛКОВ С. *Выбросы вредных веществ от авиационных двигателей* // *Аэрокосмический курьер* – 2003 – № 2 – С.18–19.
12. УШАКОВ Е.П. *Экологически чистые технологии в преодолении экономического кризиса: модельный анализ* // *Экономическая наука современной России* – 2009 – № 4 – С.54– 64.
13. ФЕДОРОВ Б.Г. *Экономико-экологические аспекты выбросов углекислого газа в атмосферу* // *Проблемы прогнозирования* – 2004 – № 5 – С.86–101.
14. ФЕДОРОВ Б.Г. *Посткиотская экономика России* // *Проблемы прогнозирования* – 2007 – № 4 – С.74–83.
15. Aircraft Engine and Engine Parts Manufacturing: 2002 / in: 2002 Economic Census. Manufacturing. Industry series. U.S. Census Bureau, 2004 – P.47.
16. BRÄNNLUND, R. Environmental policy without costs? A review of the Porter hypothesis // S-WoPEc, Swedish Working Papers in Economics, Umeå Economic Studies – 2009 – № 766 – P.49.
17. HERRING, H. Rebound effect // in: Encyclopedia of Earth. Eds. Cutler J. Cleveland (Washington, D.C.: Environmental Information Coalition, National Council for Science and the Environment) – 2008. URL: http://www.eoearth.org/article/Rebound_effect
18. PORTER M.E. America’s Green Strategy // *Scientific American* – 1991 – Vol. 264, № 4 – P.96.

19. PORTER M.E., VAN DEN LINDEN C. Toward a New Conception of the Environment-Competitiveness Relationship // Journal of Economic Perspectives – 1995 – Vol. 9, № 4.
20. WAGNER, M. The Porter Hypothesis Revisited. A Literature Review of Theoretical Model and Empirical Test / Lüneburg: Centre for Sustainability Management – 2003 – P.46.
21. XEPAPADEAS, A. & DE ZEEUW, A. Environmental Policy and Competitiveness: The Porter Hypothesis and the Composition of Capital // Journal of Environmental Economics and Management – 1999 – Vol. 37, № 2 – P. 165–182. URL: <http://ideas.repec.org/a/eee/jeeman/v37y1999i2p165-182.html>

THE ROLE OF TAXES IN ECOLOGICAL COMPATIBILITY IMPROVEMENT OF DURABLE EQUIPMENT

Vladislav Klochkov, Institute of Control Sciences of RAS, Moscow, Doctor of Science (Moscow, Profsoyuznaya st., 65, vlad_klochkov@mail.ru).

Sergey Grivskiy, Moscow Institute of Physics and Technology, Moscow, postgraduate (serg.mipt@gmail.com).

Anastasia Ignatieva, Moscow Institute of Physics and Technology, Moscow, postgraduate.

Abstract: Mathematical and Economical models were used to analyze economic interest of durable equipment owners in acceleration of ecologically pure equipment renewal. Conditions when the government has to stimulate acquisition of ecologically safer equipment (even if it is cheaper) were revealed. Comparative analysis of stimulation discretionary instruments (such as taxation of old goods) and built-in regulators (such as taxation of toxic emission) was made.

Keywords: durable equipment, ecology, economic effectiveness
Porter hypothesis, stimulation, corruption risks