

УДК 331.45

Бойченко Н. В.

Институт экономики промышленности
Национальной академии наук Украины

ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ВЛИЯНИЯ УСЛОВИЙ ТРУДА НА УРОВЕНЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

В качестве направления совершенствования системы безопасности труда предлагается экономико-математическое моделирование зависимости профессиональных рисков от условий труда. Характер зависимости уровня производственного травматизма от условий труда на основе эконометрических моделей аппроксимируется линейными регрессионными моделями с достаточно высоким уровнем точности и достоверности. Проведенный анализ показал, что условия труда определяют состояние производственной среды, уровень профессиональных рисков, сохранение здоровья и трудоспособности.

Ключевые слова: экономико-математические модели, условия труда, заболевание, травматизм.

Постановка проблемы. Условия рыночной экономики обосновывают необходимость экономического анализа всех сторон трудовой деятельности общества. Социально-экономические отношения в контексте трудовых отношений охватывают различные стороны трудовой жизни человека, среди которых социально-трудовые отношения, связанные с безопасностью труда, занимают одно из приоритетных мест.

Производственный травматизм и профессиональные заболевания вызывают значительный экономический ущерб, нанося ущерб здоровью работников, снижая технико-экономическую результативность предприятий, отрицательно сказываются на социально-экономическом потенциале и межгосударственном рейтинге страны.

Незавершенность разработки экономического механизма регулирования и совершенствования социально-экономических отношений в сфере охраны труда определяет необходимость проведения комплексного исследования причин возникновения профессиональных рисков, а также разработки мероприятий по их минимизации.

Анализ литературы. На XII Всемирном конгрессе по охране труда одним из основных целевых критериев деятельности определено улучшение условий труда на производстве как стратегическая цель, которую необходимо поставить и стремиться достичь [1, с. 28-29]. По мнению Е. Стасевой, основными проблемами эффективного управления охраной труда и, как следствие, проблемами научно обоснованного планирования мероприятий по обеспечению безопасности производственного процесса являются отсутствие системного подхода к решению проблем охраны труда и низкий уровень информационного обеспечения [2].

С. Пушенко формулирует концепцию управления профессиональными рисками следующим образом: «достижение требуемого уровня производственной безопасности работающих возможно путем адаптации методологии риск-менеджмента к технологическим условиям производства и организации охраны труда предприятия для выявления видов рисков, оценки приемлемости и выработки стратегии управления рисками с целью минимизации их негативных последствий при заданных ограничениях на затраченные ресурсы и прерогативе санитарно-гигиенических нормативов» [3, с. 212].

Управление безопасностью труда строится не на отдельных факторах, а на управлении системой человек-техника-среда, по мнению С.Д. Тулупова и В.В. Сабадаша [4, с. 113], происшествию несчастного случая, аварии или профессионального заболевания предшествует нарушение эргономических норм или условий профессиональной обстановки.

Проблемы развития подходов к обеспечению профессиональной безопасности набирают актуальности, большинство авторов едины во мнении, что система охраны труда должна строиться на предупреждении потенциальных опасностей путем обеспечения безопасных условий труда и прогнозирования потенциальных рисков с учетом экономических возможностей и потребностей всех заинтересованных сторон, что возможно путем анализа причин возникновения профессиональных рисков и выявления соответствующих закономерностей.

Целью работы является разработка экономико-математических моделей влияния условий труда на уровень травматизма и профессиональных заболеваний.

Основной материал. Причины производственного травматизма разделяются на следующие группы:

- нормативно-правовые причины: отсутствие нормативного обеспечения предприятий для построения системы управления охраной труда; несоблюдение правовых норм в некоторых направлениях, что приводит к возникновению критических ситуаций в сфере охраны труда.

- организационные причины: отсутствие системного подхода к построению управленческой деятельности в сфере охраны труда на предприятии и как следствие, некачественное проведение обучения и инструктажа; отсутствие «работающих» инструкций по обеспечению безопасности труда; недостаточный контроль за выполнением правил техники безопасности; нарушение правил эксплуатации оборудования; отсутствие анализа и мероприятий по предупреждению несчастных случаев и т.п.

- технические причины: устаревшее оборудование; несоответствие требованиям норм технологического оборудования; несоблюдение сроков планово-предупредительного ремонта, выявление неизвестных опасных свойств и качеств обрабатываемых материалов и др.;

- санитарно-гигиенические причины: не соблюдение санитарно-гигиенических требований; превышение допустимых значений влияния вредных веществ на организм человека; нарушение правил личной гигиены;

- психофизиологические причины: недостаточная профессиональная подготовленность, снижение качества медицинских профосмотров; низкая трудовая дисциплина, снижение внимательности, недостаточный учет и конкретизация действий в должностных инструкциях работников в сложных технических и производственных системах;

- экономические причины на макроуровне: в современных условиях наличие объективного

противоречия: производительность – охрана труда, а также усеченная для украинских условий модель экономического механизма управления риском потери трудоспособности на производстве, в соответствии с Законом Украины «Об обязательном государственном страховании от несчастного случая на производстве и профессионального заболевания», которые причинили потерю трудоспособности», в части вторичной дифференциации тарифов, что приводит к эффекту, собственно, и является экономическим механизмом мотивации профилактики работы по сокращению рисков;

- экономические причины на микроуровне: недостаточная заинтересованность собственников предприятий в финансировании мероприятий по охране труда, отсутствие экономических поощрений за реализацию предложений по охране труда на производстве, уклонение от материальной ответственности при реализации производственного риска путем перекладывания вины на потерпевшего.

Необходимо отметить, что полностью исключить из производственной среды неблагоприятные факторы невозможно, поэтому профессиональный риск имеется практически на каждом рабочем месте.

Уровень профессиональных рисков на производстве связан в первую очередь с условиями труда. В настоящее время в Украине проводится статистическое наблюдение «Условия труда на предприятиях», которым охвачены юридические лица и их обособленные подразделения, которые используют наемный труд и осуществляют следующие виды экономической деятельности: сельское хозяйство, охота и связанные с ними услуги; добывающая промышленность; производство и распределение электроэнергии, газа и воды; строительство; деятельность транспорта и связи. Не охватываются наблюдением малые предприятия, определенные в соответствии со статистическим цензом, а также физические лица – предприниматели.

Оценка состояния условий труда осуществляется на основе результатов проведенной аттестации рабочих мест по условиям труда (санитарно-гигиенических исследований факторов производственной среды и трудового процесса).

Особенности учета работников, которые работают в условиях, не отвечающих санитарно-гигиеническим нормам, учитываются по каждому вредному фактору производства, независимо от их количества, которые приходятся на одного работника. В то же время в общую численность занятых в неблагоприятных условиях каждый работник учитывается только один раз.

В Украине за 2005-2011 гг. абсолютная численность работников, которые работают в условиях, не отвечающих санитарно-гигиеническим нормам, существенно снизилась: 2005 г. – 1598,5 тыс. чел., 2007 г. – 1512,1; 2009 г. – 1309,4; 2011 г. – 1283,3 тыс. чел. соответственно, однако заметно увеличился их удельный вес по отношению к численности штатных работников. Темпы изменения численности занятых в неблагоприятных условиях труда представлены на рис. 1.

За 2005-2011 гг. абсолютная численность занятых в неблагоприятных условиях труда снизилась на 315,2 тыс. чел. или на 19,7%, т. е. ежегодное снижение составляло в среднем 5,6%. В то же время их удельный вес в общей учетной численности штатных работников за этот период возрос на 1,5%, – по состоянию на конец 2011 года практически каждый третий работник (из 100 – 29 человек) был занят на вредном производстве, не отвечающем санитарно-гигиеническим нормам.

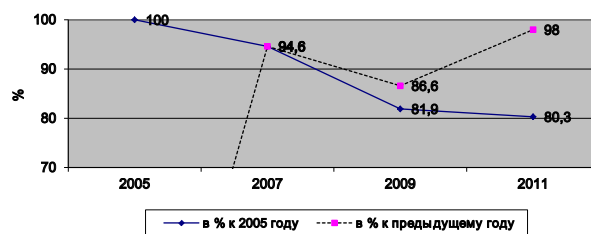


Рис. 1. Темпы изменения численности занятых в неблагоприятных условиях труда

Возникновение профессиональных болезней во многом зависит от вредных и опасных условий труда, а также несовершенства технологического процесса и оборудования. Проблема профессиональной патологии – это не только медицинская проблема, это проблема также и социальная, и экономическая. Изучение профессиональной заболеваемости необходимо для принятия соответствующих мер, направленных на совершенствование научно-технического прогресса и внедрение профилактических мероприятий, с обеспечением безопасных условий труда.

По данным Госкомстата Украины [5, 6], количество работающих в основных отраслях экономики в условиях, которые не соответствуют санитарным нормам, составляет 27,4% от учетного количества штатных работников, каждый четвертый работает в условиях действия вредных производственных факторов, уровни которых превышают допустимые. Самые плохие условия труда сложились в добывающей промышленности (угольная) и обрабатывающей (химическая, металлургическая, машиностроение) видам промышленной деятельности.

Установлено, что в большинстве случаев на рабочих местах (более 90,0%) уровни вредных факторов превышали допустимые, в том числе в 31,3% случаев – в 10-100 раз, в 7,3% – более чем в 100 раз.

Обстоятельствами и причинами, которые способствуют развитию профессиональной патологии у работников, являются: несовершенство технологий, машин, механизмов и инструментов (51,4-56,3%), неэффективности или отсутствие средств индивидуальной защиты (19,9-21,4%), несовершенство рабочих мест (2,9-3,1%), отсутствие и не исправити санитарно-технічних установок и оборудования (3,8-4,2%), отсутствие физиотерапевтических профилактических мероприятий, допуск к работе лиц с противопоказаниями, повышенная чувствительность и алергизация к вредным факторам, несвоевременное выявление и поздняя диагностика профзаболеваний.

Необходимо отметить существенную дифференциацию условий труда по отдельным видам экономической деятельности, на которых проводится статистический учет. В частности, в добывающей промышленности 69,5%, а по добыче угля – 74,4% штатных работников заняты в условиях, не отвечающих санитарно-гигиеническим нормам. Более половины штатных работников – по производству кокса, продуктов нефтепереработки (55,9%), производству готовых металлических изделий (54,6%), более трети (37,5%) – в химическом производстве. Естественно, существенно отличаются и региональные распределения, так как большинство занятых на производстве с вредными и опасными условиями труда сосредоточены в восточных промышленных областях страны: по

Луганской области почти половина штатных работников (48,9%), по Донецкой – около 43%, по Днепропетровской – 39,1%, а по Запорожской – свыше 35,8% заняты во вредных и опасных производствах.

Характер зависимости уровня производственного травматизма от условий труда на основе эконометрических моделей за 2004-2011 гг. аппроксимируется линейными регрессионными моделями с достаточно высоким уровнем точности и достоверности.

$$\hat{y}_1x_1 = -27,28 + 0,031x_1; d\hat{y}_1x_1 = 0,974; E_{отн.} = 2,5\%; K_{эл.}\hat{y}_1x_1 = 2,6\%; \quad (1)$$

$$\hat{y}_2x_1 = 198,3 + 1,007x_1; d\hat{y}_2x_1 = 0,95; E_{отн.} = 1,1\%; K_{эл.}\hat{y}_2x_1 = 0,95\%. \quad (2)$$

Параметр $a_1 = 0,031$ линейной модели (1) свидетельствует о наличии прямой зависимости между количеством работников, которые работают в условиях, не отвечающих санитарно-гигиеническим

нормам (x_1), и количеством потерпевших в результате производственного травматизма (y_1). Так, прирост численности работников, которые работают во вредных и опасных условиях труда, на тысячу человек сопровождается приростом количество потерпевших на 31 человека, при этом между ними сложилась ультраэластичная зависимость на уровне 2,6%. Прямая же связь сложилась и между численностью работающих в неблагоприятных условиях труда и численностью работников, которым установлено хотя бы один вид льгот и компенсаций (x_2), при этом эластичность практически пропорциональна ($K_{эл.}y_2x_1 = 0,95\%$), – только 5 из 100 работающих в неблагоприятных условиях не устанавливается хотя бы один вид льгот или компенсаций.

В региональном аспекте также подтверждаются достаточно тесные связи между условиями труда (x_1) и уровнями производственного травматизма (y_1) и профессиональных заболеваний (y_2), – табл. 1, табл. 2.

Таблица 1

Экономико-математические модели влияния условий труда на уровень производственного травматизма

Виды условий труда, которые не отвечают санитарно-гигиеническим нормам	усл. об-ия	Форма модели	Коэффициент детерминации, эластичность
Условия труда, которые не отвечают санитарно-гигиеническим нормам	x_1	$\hat{y}_1x_1 = 173,0254 + 0,072x_1 + 0,051x_1^2$	0,921 $K_{эл.} = 0,48\%$
В том числе: -вредные химические вещества 1,2 и 3-4 класса опасности	x_2	$\hat{y}_1x_2 = -990,9 + 276x_2 - 9,616x_2^2$	0,121 –
-пыль преимущественно фиброгенного действия	x_3	$\hat{y}_1x_3 = -189,4 + 93,74x_3$	0,684 $K_{эл.} = 1,4\%$
-вибрация	x_4	$\hat{y}_1x_4 = 1769,6 - 1118,3x_4 + 180,313x_4^2$	0,64 $K_{эл.} = 0,36\%$
-шум, инфразвук, ультразвук	x_5	$\hat{y}_1x_5 = -161,6 + 22,3x_5 + 1,8x_5^2$	0,32 –
-микроклимат в помещении	x_6	$\hat{y}_1x_6 = -528,7 + 192,4x_6 - 5,7x_6^2$	0,167 –
-температура внешнего воздуха или атмосферного давления	x_7	$\hat{y}_1x_7 = -640 + 599,6x_7 - 70,3x_7^2$	0,041 –
-тяжести труда	x_8	$\hat{y}_1x_8 = 287,91 - 68,45x_8 + 11,85x_8^2$	+0,64 $K_{эл.} = 0,75\%$
-рабочей позы	x_9	$\hat{y}_1x_9 = -361 + 80,9x_9 + 0,658x_9^2$	0,287
-напряжения труда	x_{10}	$\hat{y}_1x_{10} = 127,84 - 33,9x_{10} + 6,72x_{10}^2$	0,4 $K_{эл.} = 1,57\%$

Таблица 2

Экономико-математические модели влияния условий труда на уровень профессиональных заболеваний

Виды условий труда, которые не отвечают санитарно-гигиеническим нормам	усл. об-ия	Форма модели	Коэффициент детерминации, эластичность
Условия труда, которые не отвечают санитарно-гигиеническим нормам	x_1	$\hat{y}_2x_1 = -104,689 + 6,411x_1 - 0,003x_1^2$	0,816 $K_{эл.} = 1,6\%$
В том числе: -вредные химические вещества 1,2 и 3-4 класса опасности	x_2	$\hat{y}_2x_2 = -534,5 + 139,2x_2 - 5,06x_2^2$	0,131 –
-пыль преимущественно фиброгенного действия	x_3	$\hat{y}_2x_3 = -90,67 + 26,9x_3 + 0,803x_3^2$	0,828 $K_{эл.} = 1,5\%$
-вибрация	x_4	$\hat{y}_2x_4 = 441,1 - 325,9x_4 + 61,5x_4^2$	0,634 $K_{эл.} = 1,3\%$
-шум, инфразвук, ультразвук	x_5	$\hat{y}_2x_5 = 157,85 - 39,9x_5 + 2,67x_5^2$	0,619 $K_{эл.} = 2,0\%$
-микроклимат в помещении	x_6	$\hat{y}_2x_6 = -238,0 + 60,92x_6 - 0,505x_6^2$	0,34 –
-температура внешнего воздуха или атмосферного давления	x_7	$\hat{y}_2x_7 = -523,6 + 361,2x_7 - 39,95x_7^2$	0,088 –
-тяжести труда	x_8	$\hat{y}_2x_8 = -40,21 - 0,172x_8 + 4,56x_8^2$	0,907 $K_{эл.} = 1,59\%$
-рабочей позы	x_9	$\hat{y}_2x_9 = -16,5 - 13,05x_9 + 2,842x_9^2$	0,545 $K_{эл.} = 2,13\%$
-напряжения труда	x_{10}	$\hat{y}_2x_{10} = 114,6 - 51,434x_{10} + 5,37x_{10}^2$	0,765 $K_{эл.} = 2,14\%$

Необходимо отметить, что в целом по всем видам неблагоприятных условий труда численность несчастных случаев, по которым составлены акты Н-1 в 2011 г., (y_1) сложилась прямоускоренная связь, которая аппроксимируется параболической моделью. Средний коэффициент эластичности показывает, что каждый процент прироста удельного веса работников, занятых в неблагоприятных условиях труда, сопровождается приростом случаев производственного травматизма на 0,48%. В то же время не все виды вредных и опасных воздействий в равной мере повышают вероятность реализации профессионального риска данного вида.

Сравнение парных коэффициентов детерминации ($dy_1 x_i$) показывает, что наиболее существенная связь сложилась с фактором x_3 , x_4 и x_8 , которые, соответственно, связаны с несоответствием санитарно-гигиенических норм по пыли преимущественно фиброгенного действия (x_3), вибрации (x_4) и тяжести труда (x_8), – теснота связи сложилась на уровне 0,64-0,684. В то же время воздействие температуры внешнего воздуха или атмосферного давления (x_7), влияние вредных химических веществ 1,2 и 3-4 класса опасности (x_2), микроклимата в помещении (x_6) очень слабо связаны с изменением уровня производственного травматизма.

Более тесная связь выявлена между уровнем профессиональных заболеваний (y_2) и условиями труда. Например, фактор x_8 – «тяжесть труда» на 90,8%, а фактор x_3 – «пыль преимущественно фиброгенного действия» на 82,8% определяют вероятность наступления профессиональных заболеваний. По большинству факторов сложилась ультраэластичность, т. е. коэффициенты эластичности изменения профзаболеваний от факторов

условий труда > 1 , что свидетельствует об опережающем росте вероятности наступления профзаболеваний по сравнению с ростом удельного веса занятых на производстве с соответствующими видами вредных и опасных условий труда. Например, по фактору x_{10} – «напряжение труда» и фактору x_9 – «превышение гранично допустимых нормативов рабочей позы» коэффициент эластичности составляет 2,13-2,14%, каждый процент прироста занятых на производстве, где присутствуют данные вредные и опасные факторы, сопровождается приростом случаев профессиональных заболеваний на 2,13-2,14%.

Выводы. Проведенный анализ показывает, что условия труда как совокупность взаимосвязанных производственных, санитарно-гигиенических, психофизиологических, эстетических и социальных факторов конкретного труда обусловлены уровнем развития производительных сил, определяют в первую очередь состояние производственной среды, уровень профессиональных рисков, сохранение здоровья и трудоспособности, и в конечном итоге, трудового потенциала общества.

Эффективное обеспечение безопасности труда, адекватное рыночной экономике, защищающее интересы работника и повышающее ответственность собственника и в то же время защищающее его экономические интересы, может быть реализовано путем построения эффективной системы управления профессиональными рисками на производстве. Что обосновывает необходимость выявления экономико-математических зависимостей и закономерностей с целью осуществления локального воздействия на условия труда с целью повышения эффективности мероприятий по охране труда.

Список литературы:

1. Варення Е.А. Секретный код, або як підвищити ефективність функціонування системи охорони праці / Г.А. Варення. – К.: Основа, 2009. – 364 с.
2. Стасева Е.В. Проблемы эффективного и научно-организованного управления охраной труда в организациях строительного комплекса / Е.В. Стасева // Вестник Волгогр. гос. арх.-строит. ун-та; Сер.: Строительство и архитектура. – Волгоград: Волг.ГАСУ, 2011. – Вып. 24(43). – С. 103-112.
3. Пушенко С.Л. Идентификация факторов профессионального риска в повышении эффективности организации охраны труда на предприятиях стройиндустрии / С.Л. Пушенко // Научный вестник Воронежского ГАСУ. Строительство и архитектура. – 2012. – № 1(25). – С. 211-217.
4. Тулупов С.Д. Судова експертиза порушень у галузі безпеки життєдіяльності, охорони праці та ергономічного забезпечення / С.Д. Тулупов, В.В. Сабадаш // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. – 2006. – № 32. – С. 113-116.
5. Стан умов праці найманих працівників у 2011 році: стат.бюл. / Державна служба статистики України; відп. за вип. І.В. Сенік. – Київ, 2012. – 26 с.
6. Бойченко Н.В. Анализ тенденций уровня травматизма и профессиональных заболеваний в Украине / Н.В. Бойченко // Экономика и управление. – 2013. – № 6. – С. 54-58.

Бойченко М. В.

Інститут економіки промисловості
Національної академії наук України

ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ВПЛИВУ УМОВ ПРАЦІ НА РІВЕНЬ ПРОФЕСІЙНОЇ БЕЗПЕКИ

Резюме

В якості напрямку вдосконалення системи безпеки праці запропоновано економіко-математичне моделювання залежності професійних ризиків від умов праці. Характер залежності рівня виробничого травматизму від умов праці апроксимується лінійними регресійними моделями з достатньо високим рівнем достовірності. Проведений аналіз показав, що умови праці визначають стан виробничого середовища, рівень професійних ризиків, збереження здоров'я та працездатності.

Ключові слова: економіко-математичні моделі, умови праці, захворювання, травматизм.

Boyshenko N. V.

Institute of Industrial Economics
National Academy of Sciences of Ukraine

ECONOMIC AND MATHEMATICAL MODELING OF INFLUENCE OF LABOUR CONDITIONS ON PROFESSIONAL SAFETY

Summary

As direction of perfection of the system of labour protection the economic and mathematics modeling of dependence of occupational risk is offered from the terms of labour. Character of dependence of level of production traumatism from the terms of labour on the basis of econometrics models is approximated linear regressive models with the high enough level of exactness and authenticity. The conducted analysis rotined that the terms of labour, determine the state of production environment, level of occupational risk, maintainance of health and ability to work.

Key words: economic and mathematical models, terms of labour, disease, traumatism.

УДК 519.8

Горбачук В. М.

Інститут кібернетики імені В. М. Глушкова
Національної академії наук України

МОДЕЛЮВАННЯ РІВНОВАГ В АЛЬЯНСАХ СПІЛЬНОГО ГРОМАДСЬКОГО ПРОДУКТУ

Оглядаються основні теоретичні й емпіричні здобутки економіки військових альянсів. Розглядаються моделі чистого громадського та спільного продукту, а також емпіричні методи їхньої перевірки. Обговорюються питання, що стосуються поділу тягаря і стратегічної доктрини НАТО (North Atlantic Treaty Organization, NATO).

Ключові слова: альянс, громадський продукт, розподіл, тягар, рівновага.

Постановка проблеми полягає в ефективному розміщенні ресурсів для виробництва громадського продукту, спільного для кількох держав [2, 8].

Аналіз проблеми порівнює процеси розміщення Неша (Nash) й Ліндаля (Lindahl), враховуючи моделі медіанного виборця й альтернативні технології постачання громадського продукту (Неш – Нобелівський лауреат 1994 р.)

Нерозв'язану проблемою для України залишається всебічне економічне розуміння вироблення таких громадських продуктів, як дороги, охорона навколишнього природного середовища і здоров'я, оборона [1].

Мета даної роботи – провести економічний аналіз рівноваг Неша і Парето в альянсах (товариствах) спільного громадського продукту.

Основні результати виходять з епохальної праці [13], з часів якої політології й економісти застосовують засоби громадської економіки для вивчення військових альянсів. Розглянемо ці дослідження з наголосом на теоретичній та емпіричній поведінці окремих держав, які належать військовому альянсу. За визначенням, військовий альянс – це група держав, які зобов'язані надавати захист усім її членам від агресії спільних ворогів [13]. З погляду окремого союзника, рівень захисту (безпека чи стримування) є громадським продуктом. Незалежно від того, чи є оборона чистим або частковим громадським продуктом, властивості неунікнення та несуперництва породжують кілька перевірюваних гіпотез щодо поведінки окремих союзників. Висвітliamo ці гіпотези, а також вкажемо емпіричні методи їхньої перевірки.

Багато робіт, наслідуючи традицію [13], торкається поділу тягаря й ефективності розміщення ресурсів. Що стосується поділу тягаря, то за гіпотезою експлуатації [11] тягарі для захисту альянсу розподілятимуться нерівномірно, а великі багатші союз-

ники здійснюватимуть порівняно більший внесок в оборону. Емпіричні перевірки цієї гіпотези загалом вивчають зв'язок між мірами тягаря й мірами багатства. Хоча аналіз ефективності розміщення ресурсів пов'язаний з поділом тягаря, цей аналіз загалом торкається поведінкових припущень для союзників.

Якщо союзники дотримуються поведінки Неша [16], то можна очікувати деякого вияву поведінки безбілетника й суб-оптимального рівня забезпечення відносно поведінки Парето (Pareto). Проте з часом союзники можуть додержуватися кооперативної поведінки, скажімо, торговельних стосунків [15], після чого можна спостерігати менше поведінки безбілетника й більше розподільчої ефективності. Емпіричні тести відносно розподільчої ефективності залежать від вимірювання ступеня поведінки безбілетника, а також відмінності конкуренції Неша від кооперації.

Помічено тісний зв'язок між теоретичною літературою стосовно військових альянсів і літературою приватного надання громадських продуктів [19]. Цей зв'язок має інтерес, в основному, через походження деяких моделей. Наприклад, виявилось, що модель спільного продукту бере свій початок від військових альянсів. Згодом ця модель була прив'язана до інших застосувань економіки громадського сектора.

Модель чистого громадського продукту характеризує поведінку союзника, який належить до альянсу n країн. Припускається, що союзник i розміщує свій національний дохід (income) I^i між військовою діяльністю q^i та приватним невоєнним базовим (numeraire) продуктом y^i . Військова діяльність виробляє чистий громадський продукт z^i для всіх союзників (назвемо його стримуванням). Виробничий зв'язок задається рівнянням

$$z^i = f(q^i), \quad (1)$$

де $f' = \frac{df}{dq^i} > 0$, $f'' = \frac{d^2f}{d(q^i)^2} < 0$. У літературі використову-