

# **ОЦЕНКА МАКРОЭКОНОМИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ В МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРЕДЛОЖЕНИЯ НА РЫНКЕ ТРУДА В УСЛОВИЯХ ЭПИДЕМИИ**

**Е. А. Хмелевская<sup>1</sup>, А. А. Жукова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Московский государственный технический университета им. Н.Э. Баумана, Россия*

<sup>2</sup>*Московский физико-технический институт, Россия*

E-mail: marymar17091@gmail.com, zhukova.aa@phystech.edu

В данной работе соединены компартментные эпидемиологические модели и экономическая модель предложения труда. Рассчитаны трудовые ресурсы и их вклад в динамику ВВП. На основе модели SIR построены различные траектории динамики ВВП. Спецификой данной работы является то, что помимо динамики трудовых ресурсов мы добавляем динамику оптимального количества часов работы на каждого здорового человека. Представлены результаты расчетов при различных значениях параметров и длительности переходных процессов.

## **ASSESSMENT OF MACROECONOMIC EFFECTS IN THE MATHEMATICAL MODEL OF LABOR MARKET SUPPLY IN THE CONTEXT OF AN EPIDEMIC**

**E. A. Khmelevskaya, A. A. Zhukova**

In this work, the compartment epidemiological models and the economic model of labor supply are combined. The labor resources and their contribution to the dynamics of GDP are calculated. Based on the SIR model, various trajectories of GDP dynamics are constructed. The specifics of this work is that in addition to the dynamics of labor resources, we add the dynamics of the optimal number of hours of work for each healthy person. The results of calculations for different values of parameters and duration of transients are presented.

Несмотря на значительный прогресс в области медицины за последние столетия, инфекционные заболевания все еще являются значительной угрозой для общества. В то время как некоторые из них являются эндемичными, другие обладают способностью быстро распространяться, превращаясь в эпидемии или пандемии. Первым и наиболее важным аспектом влияния эпидемий на общество являются человеческие потери. Тем не менее, массовые заболевания также могут оказывать сильное воздействие на экономику всей стран или некоторых ее регионов. Ряд исследований, посвященных этой стороне проблемы воздействия эпидемий, показал, что последствия для экономики могут быть очень значительными.

Таким образом, перед каждым государством встает трудный выбор. С одной стороны, можно максимально сократить все контакты между людьми, не давать им работать, и таким образом сгладить пик эпидемии, но при этом испытывать огромные экономические потери. С другой стороны, можно не накладывать никаких ограничений на общество, что может повлечь за собой огромную заболеваемость и смертность. Чтобы решить данную дилемму, можно

привлечь математиков и эпидемиологов. В процессе совместной работы, с помощью методов математического моделирования, они могут найти наиболее предпочтительные сценарии развития ситуации в стране, которые не повлекут за собой большие как экономические, так и человеческие потери.

Объект исследования: модель пандемии (SIR). Предмет исследования: расчет последствий пандемии для экономики на основе модели пандемии.

Рабочей силой в стране являются только здоровые граждане трудоспособного возраста. В периоды эпидемий и пандемий количество людей готовых трудиться может сильно меняться с течением времени.

В данной работе будем считать, что трудовыми ресурсами являются только здоровые люди, которые либо еще не болели, либо уже выздоровели. Данные расчеты будут проводиться на основе эпидемиологической модели SIR. Таким образом, трудовые ресурсы будут вычисляться как сумма таких групп как восприимчивые (Susceptible) и устойчивые (Recovered) [1].

Учет трудовых ресурсов только с помощью модели SIR не дает нам полную картину того, как изменяется их количество. В такой модели еще нужно учитывать и другие факторы. Например, параметр, отвечающий за желания людей работать, а также возможный сторонний доход, который может снизить количество желаемых часов работы.

Для учета данных факторов объединим эпидемиологическую модель SIR и однопериодную модель поведения домашних хозяйств [2], выбирающих между предложением труда и отдыхом, а также расходами на потребление. В данной модели одним из ключевых параметров является  $\alpha$  – степень вклада ценности свободного времени в функцию полезности домашних хозяйств.

На основе объединённой модели были проведены расчеты. В первом сценарии рассмотрен случай увеличения коэффициента  $\alpha$  в период пандемии с 0.1 до 2. Это повлечет за собой падение желания работать на 60%.

Нереалистично говорить, что переоценка ценностей может произойти в один момент, для устранения данной проблемы было введено понятие переходного периода (рис. 1).

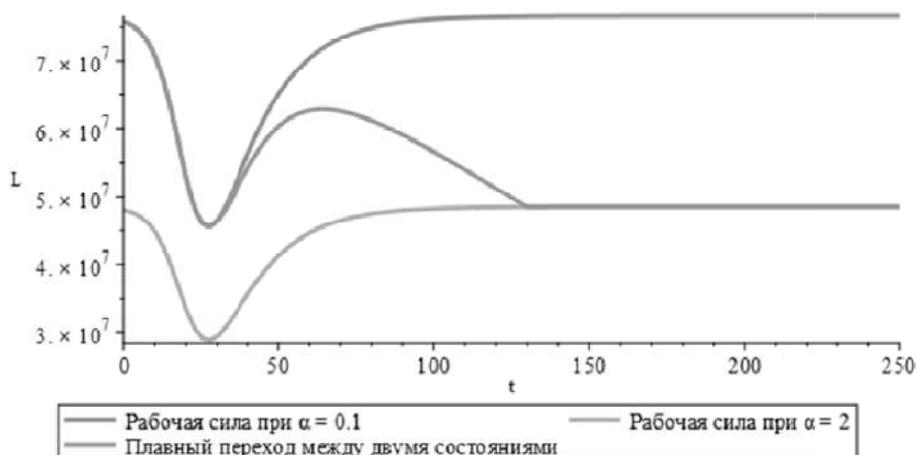


Рис. 1. Динамика трудовых ресурсов с учетом изменения коэффициента  $\alpha$  и переходного периода

В процессе выполнения данной работы были построены трубки траекторий. Как и раньше будем предполагать, что в первое время динамика трудовых ресурсов была вызвана лишь пандемией, но в какой-либо момент времени свободное время стало более ценным для людей, что повлекло за собой увеличение параметра  $\alpha$  и вторую волну снижения количества рабочей силы, что повлечет за собой падение ВВП.

В зависимости от того, в какой момент времени стал изменяться параметр ценности свободного времени, а также как быстро произошёл скачек его значения можно получить разные траектории динамики трудовых ресурсов.

Рассмотрим то, как изменение параметра  $\alpha$  повлияет на траекторию динамики рабочей силы. Предположим, что переходный период начался на 25 день, а параметр отвечающий за ценность свободного времени будем изменять от 0.1 до 2 с некоторым нефиксированным интервалом (рис. 2).

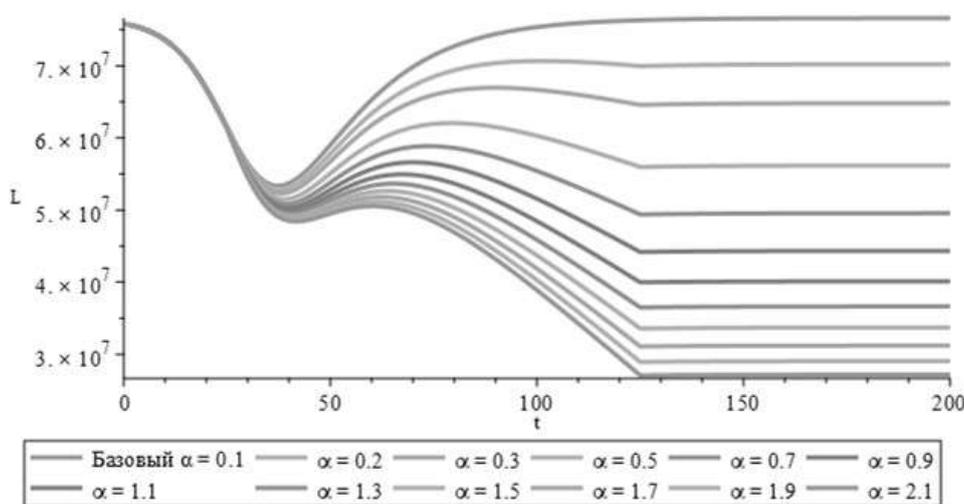


Рис. 2. Трубка траекторий при изменении параметра  $\alpha$

Исходя из графика, можно заметить, что падение количества рабочей силы на 30% связано с эпидемиологической обстановкой, но данное явление является временным, основное влияние оказывает фактор ценности свободного времени.

Если параметр  $\alpha$  остается неизменным, то с течением времени происходит полное восстановление количества рабочей силы. В остальных случаях, можно заметить, что сначала траектория начинает идти вверх, но, в конечном счете, если начать увеличивать параметр  $\alpha$ , то возникает падение рабочей силы, которое влечет за собой новое стационарное состояние на рынке предложения труда, что, безусловно, будет негативно сказываться на ВВП и других макроэкономических показателях.

Также разобран случай для рассмотрения того, как повлияет время начала переходного периода на траекторию (рис. 3).

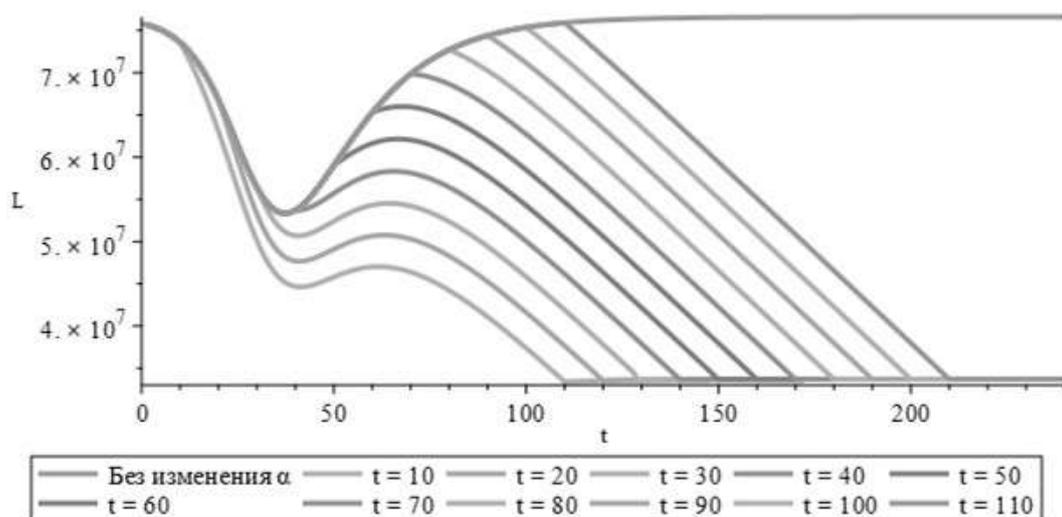


Рис. 3. Траектории при разном переходном периоде

Можно заметить, что резкий спад происходит только при значениях  $t > 50$ . В то время как, если  $t \leq 50$ , то вначале происходит некоторое восстановление количества трудовых ресурсов, за счет эпидемиологических сил, данный эффект может немного сгладить последствия для экономики.

Данный график еще раз показывает, что эпидемиологический фактор в итоге не влияет на систему и возвращает ее к исходному состоянию, а психологический фактор меняет динамику качественно.

На основе функции Кобба-Дугласа [3], модели экономического роста Солю [2] и ранее рассчитанной динамике трудовых ресурсов были построены графики динамики ВВП.

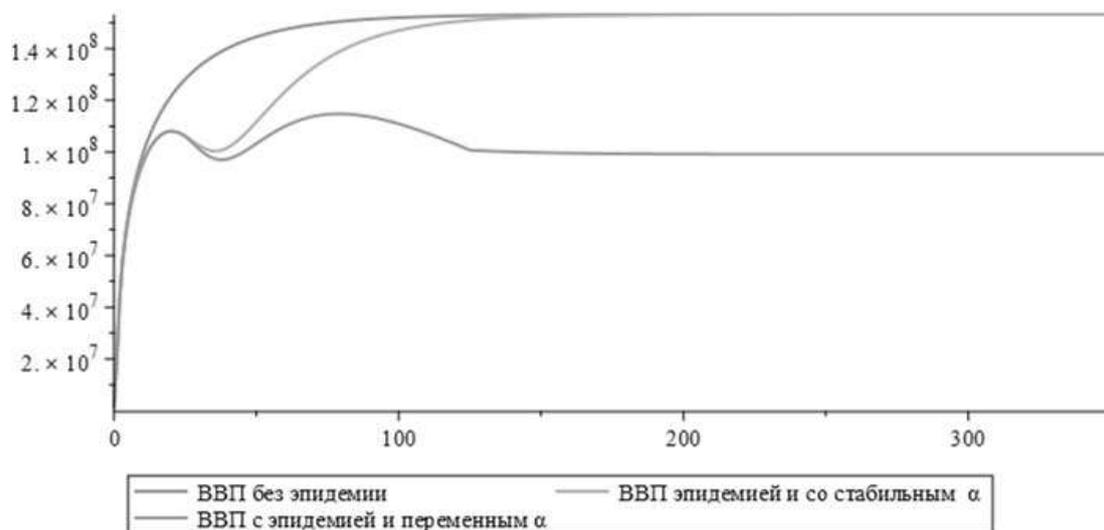


Рис. 4. Динамика ВВП с различными режимами

Рассмотрим траектории из рис. 4. Стоит отметить, что если параметр ценности свободного времени не изменится, то динамика ВВП с эпидемией, в конечном счете, будет медленно приближаться к графику ВВП без эпидемии, и в итоге примет такое же стационарное значение.

Более интересным является тот сценарий, при котором значение параметра  $\alpha$  все же не является константой. В данном случае мы получаем совершенно новый график динамики ВВП, который вначале стремился к базовой траектории ВВП (без эпидемии), но, по итогу, изменения на рынке предложения труда оказывает слишком сильно влияние на экономику в целом. Это повлечет за собой сильное изменение динамики внутреннего валового продукта, и смещение его стационарного положения в худшую сторону.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Debarre F.* SIR models of epidemics, Level 1 module in Modelling course in population and evolutionary biology. 2012. [Electronic resource]. URL: <http://www.tb.ethz.ch/education/model/SIR/sir.pdf> (date of the application: 22.09.2022).
2. *Туманова Е. А., Шагас Н. Л.* Макроэкономика. Элементы продвинутого подхода. М. : Московский гос. ун-т им. М. В. Ломоносова, 2004.
3. *Розанова Н.* Экономика фирмы в 2 ч. Часть 2. Производственный процесс / учебник для вузов / М. : Изд-во Юрайт, 2022. 265 с.