

## АВТОМОБИЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ

УДК 681.5

С. А. АЗЕМША, кандидат технических наук, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель,  
В. Б. ПАРФЁНОВА, магистр техники и технологии, Белорусский государственный университет транспорта,  
г. Гомель

### РАЗРАБОТКА ПУТЕЙ СНИЖЕНИЯ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ АВТОМОБИЛИЗАЦИИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ НА СОСТОЯНИЕ ЗДОРОВЬЯ И ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ЖИЗНИ НАСЕЛЕНИЯ

Одним из показателей качества жизни населения страны является уровень автомобилизации. Вместе с тем такой процесс несет ряд негативных аспектов, снижая продолжительность и качество жизни населения за счет снижения его физической активности и ухудшения экологической обстановки. Снизить такое влияние представляется возможным за счет управления процессом автомобилизации населения с применением научных методов, основанных на установлении управляемых параметров с последующим обоснованным воздействием на них.

В данной статье оценена динамика изменения автомобилизации населения Республики Беларусь и степени пользования автомобилями. Установлены факторы, статистически значимо влияющие на исследуемые величины. Разработаны обоснованные основные направления управления автомобилизацией и степенью пользования автомобилями с целью минимизации негативного воздействия данного процесса на состояние здоровья и продолжительность жизни населения.

Автомобилизация – показатель оснащенности легковыми автомобилями населения страны, который рассчитывается как число индивидуальных легковых автомобилей на 1000 жителей. Наряду с положительным эффектом для экономики страны (перемещение пассажиров и грузов), автомобилизация вызывает и ряд негативных аспектов – рост аварийности, ухудшение экологии и снижение физической активности населения и, как следствие, ухудшение состояния здоровья населения и снижение продолжительности жизни.

В Республике Беларусь уровень автомобилизации неуклонно растет, увеличивая негативные аспекты данного процесса. На рисунке 1 приведен график изменения общего числа зарегистрированных легковых транспортных средств на 1000 жителей в Беларуси [1].

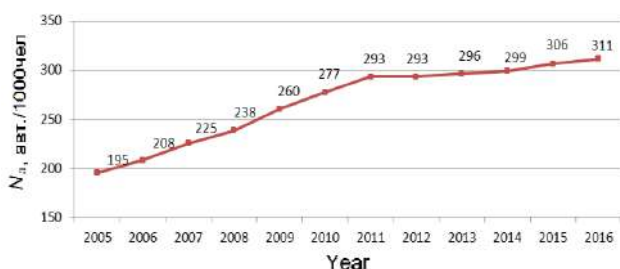


Рисунок 1 – Динамика изменения числа легковых автомобилей на 1000 жителей в Республике Беларусь

Проведенный статистический анализ позволил определить уравнения изменения количества числа легковых зарегистрированных транспортных средств на 1000 жителей ( $N_a$ ) в зависимости от календарного года:

$$N_a = -21391,8 + 10,7727 \text{ Year}, \quad (1)$$

где  $\text{Year}$  – календарный год.

Из уравнения (1) видно, что количество зарегистрированных транспортных средств на 1000 жителей в Рес-

публике Беларусь ежегодно увеличивается на 10 ед./1000 жителей.

В таблице 1 приведены критерии оценки полученного уравнения (1), а на рисунке 2 – диаграмма распределения остатков.

Таблица 1 – Критерии оценки уравнений регрессии

Коэффициент корреляции	Коэффициент детерминации, %	Стандартная ошибка	Статистика Дарбина-Уотсона	Критерий Фишера	Р-уровень
0,957739	91,7265	12,2346	0,35093	110,87	0,000

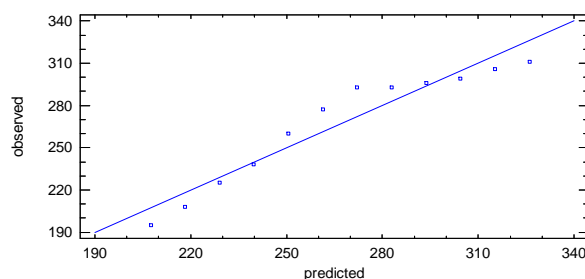


Рисунок 2 – Диаграмма распределения остатков зависимости количества легковых транспортных средств на 1000 жителей от календарного года

Приведенные критерии оценки уравнения (1) (см. таблицу 1) и диаграмма рассеивания остатков (см. рисунок 2) позволяют сделать вывод о статистической значимости полученной регрессионной модели (1).

Было предположено, что на уровень автомобилизации ( $N_a$ ) влияет отношение номинальной начисленной среднемесячной заработной платы к средней стоимости автомобильного топлива ( $Z_p/C$ ). На рисунке 3 приведена диаграмма рассеивания соответствующих величин.

Из рисунка 3 видно, что уровень автомобилизации увеличивается с ростом отношения заработной платы к средней стоимости автомобильного топлива. Также обратим внимание на наличие «выброса» в 2011 году. Его можно объяснить увеличением стоимости таможенных

платежей за ввоз легковых автомобилей на территорию Республики Беларусь 2011 года.

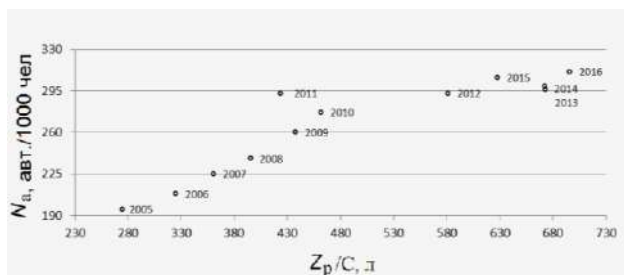


Рисунок 3 – Диаграмма рассеивания общего числа ТС на 1000 человек в зависимости от отношения заработной платы к стоимости топлива [2–5]

После проведения регрессионного анализа была получена следующая модель:

$$N_a = 129,359 + 0,273901 Z_p/C, \quad (2)$$

где  $Z_p/C$  – отношение заработной платы к средней стоимости топлива, л.

В таблице 2 приведены критерии оценки полученного уравнения, а на рисунке 4 – диаграмма распределения остатков.

Таблица 2 – Критерии оценки уравнения регрессии

Параметр	Значение	Стандартная ошибка	Критерий Стьюдента	P-уровень	Коэффициент корреляции	Коэффициент детерминации, %	Критерий Фишера	P-уровень
Intercept	129,3	13,506	9,577	0,00	0,96377	92,8859	104,4	0,0
Slope	0,274	0,0268	10,22	0,00				

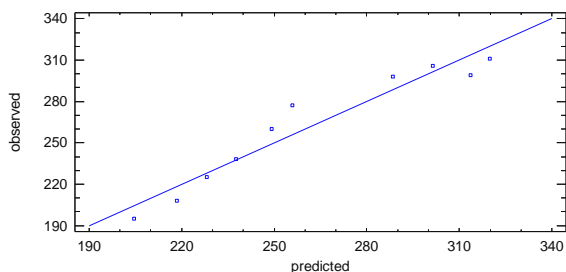


Рисунок 4 – Диаграмма распределения остатков между уровнем автомобилизации и отношением заработной платы к средней стоимости литра автомобильного топлива

Исходя из проведенного анализа (см. таблицу 2), а также диаграммы распределения остатков (см. рисунок 4) можно сделать вывод о наличии статистической значимости между общим числом легковых транспортных средств на 1000 человек населения ( $N_a$ ) и отношением номинальной начисленной среднемесячной заработной платы к стоимости автомобильного топлива ( $Z_p/C$ ).

Если посмотреть на проблему загрязнения окружающей среды и воздействия на количество заболеваний и продолжительность жизни, то одним из факторов, определяющих степень негативного воздействия автомобилизации, является не только количество транспортных средств, но также и активность их использования.

Основными показателями, которые характеризуют активность использования автомобилей принято считать:

- 1) частоту использования автомобиля (раз/сут).
- 2) величину среднесуточного пробега (км/сут).

Так как получить данные частоты использования автомобиля и величины среднесуточного пробега для Республики Беларусь не предоставляется возможным ввиду отсутствия такой информации в государственной статистической отчетности, то в качестве критерия, описывающего активность использования автомобиля, выбрано количество потребленного автомобильного топлива (таблица 3).

Таблица 3 – Потребление автомобильного топлива

Год	В тысячах тонн										
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Бензина ( $P_{ai}$ )	465,5	560,5	553,7	590,7	605,1	635,6	637,1	675,8	729,7	758,4	758,5
Дизельного топлива ( $P_{di}$ )	305,5	447,8	399,5	526,7	313,9	341,1	705,4	781,8	761,8	635,3	485,4
Всего автомобильного топлива ( $P$ )	771	1008,3	953,2	1117,4	919	976,7	1342,5	1457,6	1491,5	1393,7	1243,9

На рисунке 5 приведен график изменения потребления автомобильного топлива в зависимости от календарного года.

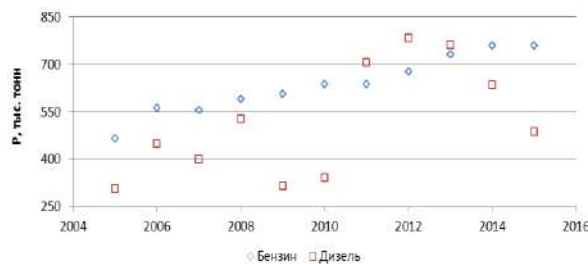


Рисунок 5 – Изменение потребления автомобильного топлива в зависимости от календарного года

Дальнейший регрессионный анализ позволил определить уравнения изменения потребления автомобильного бензина ( $P_{ai}$ ) от календарного года:

$$P_{ai} = -53943,3 + 27,1527 Year \quad (3)$$

Из уравнения (3) видно, ежегодно объем потребления автомобильного бензина в Республике Беларусь возрастает на 27 тыс. т.

В таблице 4 приведены критерии оценки полученного уравнения регрессии, а на рисунке 6 – диаграмма распределения остатков.

Таблица 4 – Критерии оценки уравнения регрессии

Параметр	Значение	Стандартная ошибка	Критерий Стьюдента	P-уровень	Коэффициент корреляции	Коэффициент детерминации, %	Критерий Фишера	P-уровень
Intercept	-53943	3909	-13,88	0,0	0,98	95,59	194,9	0,0
Slope	27,15	1,95	13,96	0,06				

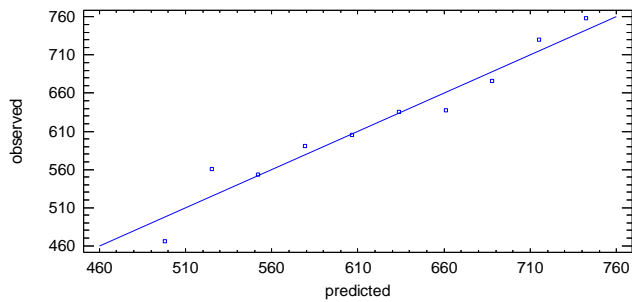


Рисунок 6 – Диаграмма распределения остатков между количеством потребленного автомобильного бензина и календарным годом

На основании критериев оценки уравнения регрессии (см. таблицу 4), диаграмм распределения остатков (см. рисунок 6) можно утверждать, что полученная регрессионная модель (3) статистически значима.

Получить статистически значимую модель зависимости потребления дизельного топлива от календарного года не удалось.

График изменения суммарного потребления автомобильного топлива (бензина и дизельного топлива) в зависимости от календарного года представлен на рисунке 7.

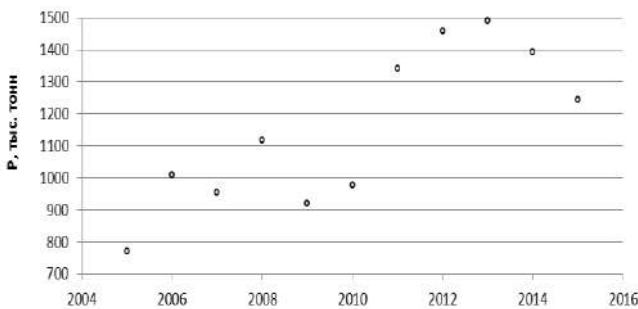


Рисунок 7 – Изменение суммарного потребления автомобильного топлива в зависимости от календарного года

Проведенный регрессионный анализ зависимости изменения суммарного потребления автомобильного топлива от календарного года позволил получить модель следующего вида:

$$P = -123496 + 62,0097 \text{ Year}, \quad (4)$$

где  $P$  – суммарное потребление автомобильного топлива, тыс. т.

Из выражения (4) видно, что в среднем суммарное потребление автомобильного топлива возрастает на 62 тыс. т ежегодно.

В таблице 5 приведены критерии оценки полученного уравнения, а на рисунке 8 – диаграмма распределения остатков.

Таблица 5 – Критерии оценки уравнения регрессии

Параметр	Значение	Стандартная ошибка	Критерий Стьюдента	P-уровень	Коэффициент корреляции	Коэффициент детерминации, %	Критерий Фишера	P-уровень
Intercept	-123496	30616	-4,03	0,0	0,84	70,6	19,2	0,0
Slope	62,00	15,234	4,03	0,00				

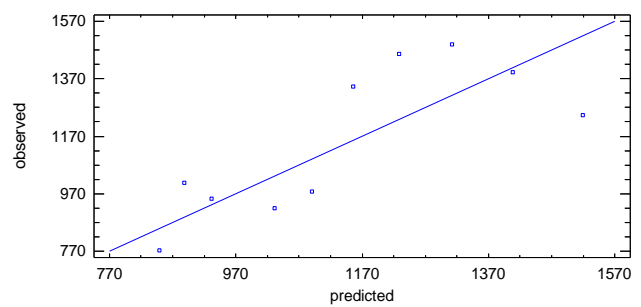


Рисунок 8 – Диаграмма распределения остатков между суммарным количеством потребленного автомобильного топлива и календарным годом

На основании критериев оценки уравнения регрессии (см. таблицу 5) и диаграммы распределения остатков (см. рисунок 8) можно утверждать, что полученная регрессионная модель (4) статистически значима.

Была выдвинута гипотеза о наличии связи между уровнем автомобилизации и количеством потребленного автомобильного топлива. Диаграмма рассеивания соответствующих величин приведена на рисунке 9.

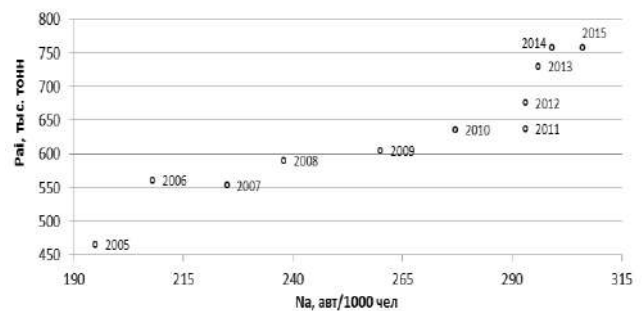


Рисунок 9 – Диаграмма рассеивания количества потребленного бензина в зависимости от уровня автомобилизации

Из рисунка 9 видно, что с ростом автомобилизации увеличивается и объем потребляемого бензина.

Дальнейший регрессионный анализ позволил установить, что зависимость изменения потребления автомобильного топлива ( $P_{ai}$ ), тыс. т от уровня автомобилизации в Республике Беларусь имеет следующий вид:

$$P_{ai} = 72,5521 + 2,12582 N_a. \quad (5)$$

В таблице 6 приведены критерии оценки уравнения регрессии зависимости потребления автомобильного бензина от количества легковых транспортных средств, зарегистрированных на 1000 человек населения, а на рисунке 10 – диаграмма распределения остатков.

Таблица 6 – Критерии оценки уравнения регрессии

Параметр	Значение	Стандартная ошибка	Критерий Стьюдента	P-уровень	Коэффициент корреляции	Коэффициент детерминации, %	Критерий Фишера	P-уровень
Intercept	72,55	76,92	0,943	0,37	0,9262	85,7	54,3	0,0
Slope	2,1	0,29	7,37	0,0				

На основании критериев оценки уравнения регрессии (см. таблицу 6) и диаграммы распределения остатков (см. рисунок 10) можно утверждать, что полученная модель (5) является статистически значимой.

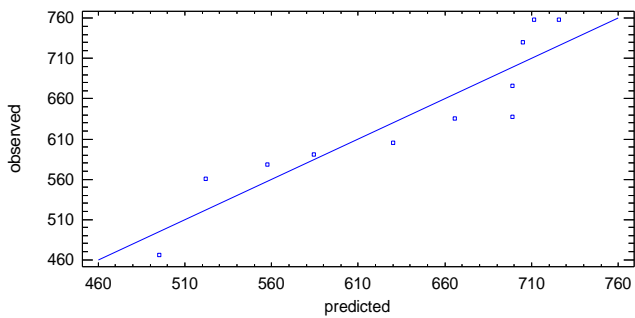


Рисунок 10 – Диаграмма распределения остатков между количеством потребленного автомобильного бензина и уровнем автомобилизации

Получить статистически значимую модель зависимости количества потребленного дизельного топлива от уровня автомобилизации не удалось.

График изменения суммарного потребления автомобильного топлива в зависимости от уровня автомобилизации приведен на рисунке 11.

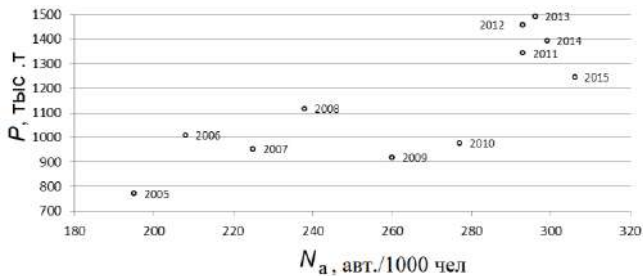


Рисунок 11 – Диаграмма распределения остатков между суммарным количеством потребленного автомобильного топлива и уровнем автомобилизации

Проанализировав рисунок 11, видим, что с ростом автомобилизации растет объем суммарного потребления автомобильного топлива (бензина и дизельного топлива). Дальнейший статистический анализ позволил определить изменение суммарного потребления автомобильного топлива,  $P$ , тыс. т, от уровня автомобилизации в Республике Беларусь:

$$P = -266,1 + 5,39746 N_a, \quad (6)$$

где  $P$  – суммарное потребление автомобильного топлива, тыс. т.

Из выражения (6) видно, что с ростом автомобилизации на 1 авт./1000 жителей годовой объем потребляемого автомобильного топлива (бензина и дизельного топлива) увеличивается более чем на 5 тыс. т.

В таблице 7 приведены критерии оценки уравнения регрессии, а на рисунке 12 – диаграмма распределения остатков.

Таблица 7 – Критерии оценки уравнения регрессии

Параметр	Значение	Стандартная ошибка	Критерий Стьюдента	P-уровень	Коэффициент корреляции	Коэффициент детерминации, %	Критерий Фишера	P-уровень
Intercept	-266,1	414,2	-0,64	0,5443	0,8	69,7	11,37	0,02
Slope	5,4	1,6	3,37	0,0150				

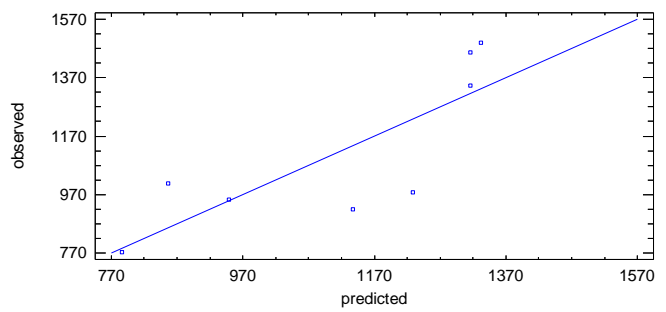


Рисунок 12 – Диаграмма распределения остатков между суммарным количеством потребленного автомобильного топлива и уровнем автомобилизации

На основании критериев оценки уравнения регрессии (см. таблицу 7) и диаграммы распределения остатков (см. рисунок 12) можно утверждать, что полученная модель (6) является статистически значимой.

Было предположено, что на активность использования будет влиять отношение среднегодовой заработной платы ( $Z_p$ ) к среднегодовой стоимости автомобильного топлива ( $C$ ). В таблице 8 представлена динамика отношения заработной платы к стоимости автомобильного топлива.

Таблица 8 – Динамика отношения заработной платы к стоимости бензина

Год	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
$Z_p/C_{ai}$	273,3	310,1	334,5	356,0	398,6	410,1	388,4	549,0	633,2	616,1	567,1
$Z_p/C_{di}$	233,7	285,9	318,2	342,9	367,9	388,3	345,5	464,3	576,3	580,0	529,6
$Z_p/C$	258,7	301,6	328,9	351,5	387,8	402,6	373,0	517,5	613,0	603,6	554,0

На рисунке 13 приведена диаграмма рассеивания суммарно потребленного автомобильного топлива в зависимости от отношения начисленной среднегодовой месячной заработной платы к среднегодовой цене на автомобильное топливо.

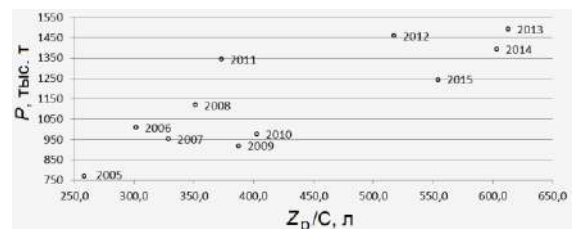


Рисунок 13 – Диаграмма рассеивания суммарно потребленного автомобильного топлива в зависимости от отношения заработной платы к стоимости топлива

Из рисунка 13 видно, что с ростом отношения начисленной среднегодовой месячной заработной платы к среднегодовой цене на автомобильное топливо увеличивается суммарный объем потребляемого автомобильного топлива (бензина и дизельного топлива). Соответствующий регрессионный анализ позволил

установить, что между исследуемыми величинами имеется связь следующего вида:

$$P = 375,486 + 1,75131 Z_p/C, \quad (7)$$

где  $P$  – суммарное потребление автомобильного топлива, тыс. т;  $Z_p/C$  – отношение заработной платы к средней стоимости литра бензина, л.

В таблице 9 приведены критерии оценки полученного уравнения регрессии, а на рисунке 14 – соответствующая диаграмма остатков.

Таблица 9 – Критерии оценки уравнения регрессии

Параметр	Значение	Стандартная ошибка	Критерий Стьюдента	P-уровень	Коэффициент корреляции	Коэффициент детерминации, %	Критерий Фишера	P-уровень
Intercept	375,5	131,7	2,85	0,02	0,904	81,69	35,7	0,01
Slope	1,75	0,29	5,97	0,00				

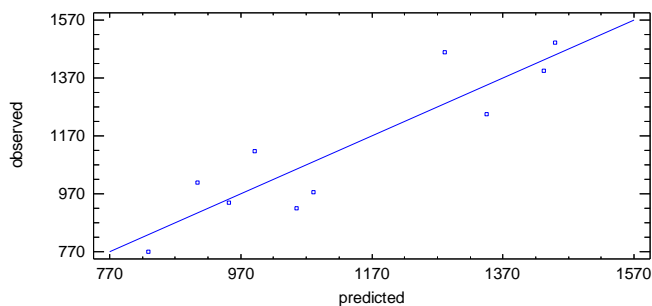


Рисунок 14 – Диаграмма распределения остатков между количеством потребленного бензина и отношением заработной платы к средней стоимости бензина

Значения критериев оценки уравнения регрессии (см. таблицу 9) и диаграмма распределения остатков (см. рисунок 14), позволяют сделать вывод о том, что полученная модель (7) является статистически значимой.

Таким образом, проведенный анализ позволяет сформулировать следующие основные выводы.

1 Уровень автомобилизации в Республике Беларусь увеличивается с каждым годом в среднем на 11 автомобилей на 1000 человек населения (см. (1)).

2 Основным фактором, статистически значимо влияющим на уровень автомобилизации, является отношение заработной платы к средней стоимости автомобильного топлива, т. е. величина, показывающая, сколько литров топлива можно купить за среднюю заработную плату. Увеличение среднемесячной зарплаты, приводящее к возможности дополнительной покупке одно-

го литра топлива, увеличивает уровень автомобилизации на 0,27 авт. / 1000 жителей (см. (2)).

3 Одним из факторов, определяющим наряду с уровнем автомобилизации степень его негативного воздействия на качество жизни является объем потребляемого населением автомобильного топлива. Этот показатель выбран как мера активности и пользования автомобилем. Было установлено, что с каждым годом объем потребляемого топлива (бензина и дизельного топлива) увеличивается на 62 тыс. т (см. (4)).

4 Суммарный объем потребляемого автомобильного топлива (бензина и дизельного топлива) увеличивается с ростом автомобилизации и ростом отношения заработной платы к средней стоимости автомобильного топлива. При этом увеличение автомобилизации на 1 авт./1000 жителей приводит к дополнительному годовому потреблению автомобильного топлива в 5,4 тыс. т (см. (6)). Рост отношения заработной платы к средней стоимости автомобильного топлива на один литр / месяц приводит к годовому приросту в расходе топлива на 1,75 тыс. т.

Таким образом, основным фактором, влияющим на величину автомобилизации и объем его негативного воздействия на окружающую среду, является отношение среднегодовой месячной заработной платы к средней стоимости автомобильного топлива. Это позволяет определить эту величину как управляющую переменную при разработке мероприятий, направленных на снижение негативного воздействия автомобилизации за счет управления ее уровнем и степенью пользования автомобилями.

#### Список литературы

- 1 Транспорт и связь в Республике Беларусь : стат. сборник // Национальный статистический комитет Республики Беларусь / редкол.: И. В. Медведева [и др.]. – Минск, 2016. – 115 с.
- 2 Социальное положение и уровень жизни населения Республики Беларусь : стат. сборник // Национальный статистический комитет Республики Беларусь / редкол.: И. В. Медведева [и др.]. – Минск, 2016. – 386 с.
- 3 Стоимость автомобильного топлива в Беларуси / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.belorusneft.by/sitebeloil/ru/center/azs/center/fueland/Service/price>. – Дата доступа: 17.12.16.
- 4 Беларусь в цифрах : стат. сборник // Национальный статистический комитет Республики Беларусь / редкол.: И. В. Медведева [и др.]. – Минск, 2017. – 72 с.
- 5 Цены на потребительском рынке в Республике Беларусь : стат. сборник // Национальный статистический комитет Республики Беларусь / редкол.: И. В. Медведева [и др.]. – Минск, 2016. – 236 с.
- 6 **Парфенова, В. Б.** Статистическое исследование влияния уровня автомобилизации на количество заболеваний и продолжительность жизни населения : магистерская дис. / В. Б. Парфенова. – Гомель : БелГУТ, 2017. – 120 с.

Получено 01.09.2017

**S. A. Azemsha, V. B. Parfenava.** Development of activities to reduce the negative impact of automobilization in the Republic of Belarus on health status and life period of living.

One of the indicators of the quality of life of the country's population is the level of motorization. At the same time, such a process carries a number of negative aspects, reducing the duration and quality of life of the population. It is possible to reduce this influence by controlling the population's motorization using scientific methods based on the establishment of controlled parameters.

This article assesses the dynamics of changes in the motorization of the population of the Republic of Belarus and the degree of use of cars. The factors statistically significantly influencing the investigated values are established. The justified directions of motorization management and the degree of car use have been developed in order to minimize the negative impact of this process on the health status and life expectancy of the population.