

Эффект от применения грамотных организационно-технических решений очевиден: сокращаются сроки строительства, обеспечивается сверхплановая прибыль за счет досрочного ввода, увеличивается производительность персонала, оборудования и др.

**Заключение.** В последнее время существует тенденция необходимости повышения организационно-технологической надежности подготовки строительства.

Строительство как сложная система носит вероятностный характер, так как функционирует в условиях действия разнообразных по природе случайных факторов, поэтому предсказать поведение данной системы достаточно сложно. Последствия воздействия большого числа факторов весьма разнообразны.

Для обеспечения организационно-технологической надежности необходимо интегрировать теоретические и практические подходы при решении организационных задач.

Таким образом, можно сделать вывод о необходимости подбора составляющих системы организационно-технологической надежности, поиска составляющих надежность критериев, организационных процедур, обеспечивающих целостность, завершенность и эффективность подготовки строительства.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Асаул, А.Н. Менеджмент корпорации и корпоративное управление / А.Н. Асаул, В.И. Павлов, Ф.И. Бескиер, О.А. Мышко – М.: Гуманистика, 2006. – 294 с.
2. Недавний, О.И. Оценка организационно-технологической надежности строительства объектов / О.И. Недавний, С.В. Базилевич, С.М. Кузнецов // Системы. Методы. Технологии, 2013. – 5 с.
3. Гусаков, А.А. Системотехника / Под ред. А.А. Гусакова. – М.: Фонд Новое тысячелетие, 2002. – 768 с.
4. Постановление Совета Министров Республики Беларусь 29.11.1999 № 1860 «Положение о государственном строительном надзоре в Республике Беларусь».
5. Цай, Т.Н. Организация строительного производства / Т.Н. Цай, П.Г. Грабовой. – М.: Изд-во «Ассоциация строительный вузов», 1999. – 432 с.
6. Организация строительного производства: ТКП 45-1.03-161-2009 (02250). – Введ. 07.12.2009. – Мн.: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2009. – 51 с. Технический кодекс установившейся практики.
7. Абдуллаев, Г.И. Основные направления повышения надежности строительных процессов // Инженерно-строительный журнал. – 2010. – №4(14). – С. 59–60.

Материал поступил в редакцию 27.02.15

#### KISEL E.I., ASAPRELKA R.M. Aspects of the formation of reliability organizational technological solutions in the preparation of construction production

The paper considers the relevance of the training of construction, as well as the types, value, and preparation stages. The main purpose is to identify improvements in the training of construction at a construction company.

УДК 658:002

Проровский А.Г., Дзык В.А.

### КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ СТРОИТЕЛЬНОГО РЫНКА В СТРАНАХ ЕЭП

Для того чтобы провести анализ строительного рынка в странах ЕЭП, необходимо оценить и сравнить ряд показателей, характеризующих данный рынок в динамике.

Индекс физического объема инвестиций в основной капитал является одним из важнейших макроэкономических показателей, характеризующих изменение инвестиционной активности. Он представляет собой отношение объемов инвестиций, осуществленных в сравниваемые периоды, из которого устранено влияние цен [1].

Этот индекс рассчитывается по формуле (1).

$$I_{\text{фи}} = K_{\text{осн}1} / K_{\text{осн}0} \cdot I_{\text{ц}}, \quad (1)$$

где  $I_{\text{фи}}$  – индекс физического объема инвестиций в основной капитал (в % к базовому периоду, с которым осуществляется сравнение);

$K_{\text{осн}1}$  – объем инвестиций в основной капитал в текущем периоде в фактических ценах этого периода;

$K_{\text{осн}0}$  – объем инвестиций в основной капитал в базовом периоде в ценах, действовавших в базовом периоде;

$I_{\text{ц}}$  – индекс цен на элементы основного капитала за текущий период в % к базовому периоду.

Расчет индексов физического объема инвестиций в основной капитал для трех стран представлен в таблице 1.

Как видно из таблицы для всех трех стран наблюдается положительная динамика индексов физического объема инвестиций в основной капитал, однако имеются и кризисные годы, в которых показатель уменьшается. Для Беларуси это 2012 год, для России – 2010 и 2013, для Казахстана – 2010.

Следующий показатель, характеризующий строительный рынок

рассматриваемых стран – это индекс введенного в действие жилья. Данный показатель позволяет оценить изменение вводимого в действие жилья по годам (таблица 2).

Из таблицы 2 видно, что показатель введенного в действие жилья имеет не однородную динамику, наблюдается как спады, так и подъемы. Для Беларуси снижение индекса введенного в действие жилья приходится на 2012–2013 годы, для России – 2010 год, а так же 2012–2013 года, для Казахстана период спада наблюдается в 2010 году.

Чтобы более наглядно оценить величину введенного в эксплуатацию жилья, необходимо рассмотреть этот показатель в натуральном выражении, то есть в квадратных метрах (таблица 3).

Объемы строительных работ для всех трех стран разные, поэтому будет не корректно сравнивать страны по количеству введенных квадратных метров общей площади. Чтобы сравнить данный показатель по трем странам, необходимо пересчитать его на 1000 населения. Как видно из таблицы, Республика Беларусь лидирует по введенному в эксплуатацию жилью на 1000 населения. Средняя величина введенного в эксплуатацию жилья на 1000 населения в России превышает этот же показатель в Казахстане.

Следующий показатель, по которому необходимо сравнить страны – это валовой внутренний продукт на душу населения (ВВП). Данный показатель является одним из наиболее важных показателей системы национальных счетов, который характеризует конечный результат производственной деятельности экономических единиц (резидентов) и измеряет стоимость товаров и услуг, произведенных этими единицами для конечного использования и потребления (таблица 5).

Проровский Андрей Геннадьевич, к.т.н., доцент заведующий кафедрой мировой экономики, маркетинга, инвестиций Брестского государственного технического университета.

Дзык Вероника Александровна, магистрант кафедры мировой экономики, маркетинга, инвестиций Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

Строительство и архитектура

Таблица 1. Индексы объема инвестиций в основной капитал (в постоянных ценах; в процентах к предыдущему году)

Страна	В процентах к предыдущему году						2013 в % к 2000
	2001	2005	2010	2011	2012	2013	
Беларусь	96,5	120,0	115,8	117,9	88,3	107,5	462
Россия	111,7	110,2	106,3	110,8	106,6	99,7	288
Казахстан	144,7	134,1	97,0	102,9	104,1	106,5	508

Таблица 2. Индексы введенного в действие жилья (в процентах к предыдущему году)

Страна	2001	2005	2010	2011	2012	2013	2013 в % к 2000
Беларусь	85,3	108,1	116,1	82,7	81,8	116,8	148,4
Россия	104,6	106,1	97,6	106,6	105,6	105,6	229
Казахстан	123,7	182,4	100,1	101,9	103,2	101,5	563

Таблица 3. Ввод в действие жилья за 2000–2013 год [2]

Годы	Ввод в эксплуатацию общей площади жилых домов					
	Беларусь		Россия		Казахстан	
	тыс.кв.м	кв.м. на 1000 нас.	тыс.кв.м	кв.м. на 1000 нас.	тыс.кв.м	кв.м. на 1000 нас.
1995	1944	191	41000	276	965	62
2000	3542	291	30300	276	1218	175
2001	3017	244	31500	206	1506	184
2002	2822	303	34800	215	1552	198
2003	3028	255	37200	240	2111	224
2004	3515	308	40100	257	2591	241
2005	3801	360	43600	278	4992	272
2006	4102	392	50600	303	6245	328
2007	4665	426	61200	353	6679	406
2008	5086	487	64100	429	6848	449
2009	5718	533	59900	419	6403	408
2010	6641	601	58400	425	6409	415
2011	5480	699	62300	429	6531	434
2012	4486	578	63900	436	6742	442
2013	5006	589	64056	447	6844	469

Таблица 4. Динамика курса доллара США за 2000–2014 год [2]

Годы	Курс доллара США		
	к белорусскому рублю	к российскому рублю	к казахскому тенге
2000	630	28,1358	142,63
2001	1383	29,1717	146,81
2002	1784	31,3492	154,17
2003	2052	30,6892	149,107
2004	2160	28,8058	136,038
2005	2154	28,6104	132,891
2006	2145	27,1411	126,082
2007	2146	25,56	122,538
2008	2137	24,8645	120,292
2009	2792	31,76	147,392
2010	2979	30,3681	147,341
2011	5002	29,3864	146,621
2012	8337	31,1023	149,104
2013	8881	31,6826	152,184
2014	9714	35,56	168,416

Чтобы сравнить валовой внутренний продукт на душу населения по трем странам, необходимо пересчитать данный показатель в одной валюте (в нашем случае – доллар США) по курсам за 2000–2014 годы (таблица 4).

Из таблицы видно, что лидером по показателю валового внутреннего продукта на душу населения является Россия, так же высокие показатели наблюдаются в Казахстане, в Беларуси данный показатель почти в два раза меньше, чем в России.

Еще один показатель, позволяющий оценить строительный рынок с экономической точки зрения – это средняя цена на рынке жилья (в долларах США за квадратный метр общей площади) (таблица 6). Информация о средних ценах жилья используется не только для оценки его рыночной стоимости при определении размера выплат различного вида субсидий, а также мониторинга реализации госу-

дарственных целевых программ и проектов. Показатели динамики цен на рынке жилья используются для сравнительного анализа индексов цен. Кроме того, индексы цен одного квадратного метра общей площади квартир используются при исчислении валового внутреннего продукта в сопоставимых ценах и других макроэкономических показателей, при проведении ретроспективного анализа и прогнозирования, а также в научных исследованиях [1].

Как видно из таблицы, на сегодняшний день самые высокие цены на недвижимость сложились в Казахстане, на втором месте – Беларусь, на третьем – Россия. Данное положение стран весьма парадоксально, так как, несмотря на самый высокий уровень ВВП на душу населения в России самые низкие цены на недвижимость и наоборот в Республике Беларусь.

Таблица 5. ВВП на душу населения за 2000–2013 год [2]

Годы	Валовой внутренний продукт на душу населения					
	Беларусь		Россия		Казахстан	
	ВВП на душу населения, тыс. руб.	ВВП на душу населения, \$	ВВП на душу населения, млрд. руб.	ВВП на душу населения, \$	ВВП на душу населения, тенге	ВВП на душу населения, \$
2000	915	1452	49664	1765	174 682	1 229
2001	1730	1251	61132	2096	218 772	1 491
2002	2649	1485	74590	2379	254 142	1 658
2003	3732	1819	91091	2968	309 341	2 068
2004	5138	2379	117999	4096	391 004	2 874
2005	6733	3126	150277	5253	501 128	3 771
2006	8253	3848	187969	6926	667 212	5 292
2007	10163	4736	232826	9109	829 865	6 772
2008	13622	6374	289054	11625	1 024 175	8 514
2009	14457	5178	271950	8563	1 056 804	7 165
2010	17330	5817	324063	10671	1 336 466	9 070
2011	31368	6271	391653	13328	1 665 102	11 357
2012	56036	6721	435094	13989	1 807 049	12 119
2013	67271	7575	465843	14703	1 967 494	12 933

Таблица 6. Средние цены на рынке жилья за 2000–2014 год (долларов США за квадратный метр общей площади) [2]

Годы	Цена за квадратный метр общей площади, \$		
	Беларусь	Россия	Казахстан
2000	350	144	133
2001	478	181	161
2002	524	219	238
2003	600	278	333
2004	780	347	515
2005	1030	409	697
2006	1108	511	983
2007	1255	652	1317
2008	1309	1055	1226
2009	1451	954	931
2010	1514	1051	977
2011	1600	1133	1051
2012	1240	1021	1159
2013	1100	1070	1243
2014	1 281	966	1465

Проведенный анализ строительного рынка трех стран позволяет говорить о его неоднородности. На первый взгляд сложно выявить какие-то закономерности и зависимости показателей, однако с помощью более подробного статистического исследования этих связей можно выявить причинно-следственные зависимости между показателями, т.е. насколько изменение одного показателя зависит от изменения других показателей.

Для установления факта наличия связи используется **корреляционный анализ** — метод обработки статистических данных, заключающийся в изучении коэффициентов корреляции между переменными. При этом сравниваются коэффициенты корреляции между одной парой или множеством пар признаков для установления между ними статистических взаимосвязей [2].

**Целью корреляционного анализа** – является получение некоторой информации об одной переменной с помощью другой переменной. В случаях, когда возможно достижение цели, говорят, что переменные коррелируют. В самом общем виде принятие гипотезы о наличии корреляции означает что изменение значения переменной А, произойдет одновременно с пропорциональным изменением значения Б.

Наиболее простым вариантом корреляционной зависимости является зависимость между двумя признаками (результативным и факторным или между двумя факторными). Математически эту зависимость можно выразить как зависимость результативного показателя Y от факторного показателя X. Связи могут быть прямые и обратные. В первом случае с увеличением признака X увеличивает-

ся и признак Y, при обратной связи с увеличением признака X уменьшается признак Y [2].

В начале корреляционного анализа необходимо выдвинуть гипотезу. Предположим, что количество введенного в эксплуатацию жилья влияет на цену за квадратный метр общей площади, а именно, чем больше количество введенного в эксплуатацию жилья, тем выше цена за квадратный метр общей площади.

Для доказательства данной гипотезы будет использован корреляционный анализ зависимости между двумя признаками: цена за квадратный метр общей площади (\$) и общая площадь введенного в эксплуатацию жилья (кв.м. на 1000 населения) за 2000–2013 года.

Имеются следующие данные о строительном рынке за 2000–2013 годы (таблица 7).

Для второго этапа статистического анализа необходимо выделить результативный и факторный признаки. Ввод в эксплуатацию общей площади жилых домов (кв.м. на 1000 населения) – **факторный признак (X)**, а цена за квадратный метр общей площади (\$) – **результативный (Y)**.

Для начала **проверим первичную информацию на однородность** по признаку фактору с помощью коэффициента вариации.

Для простоты расчета все данные будем вносить в таблицу 8.

$$X_{СРБ} = 6066/14 = 433.$$

$$X_{СРР} = 4713/14 = 337.$$

$$X_{СРК} = 4645/14 = 332.$$

$$\sigma_{XB} = \sqrt{64747691/14} = 143.$$

Таблица 7. Статистические данные о строительном рынке за 2000-2013 [2]

Годы	Ввод в эксплуатацию общей площади жилых домов, кв.м. на 1000 нас.			Цена за квадратный метр общей площади, \$		
	Беларусь	Россия	Казахстан	Беларусь	Россия	Казахстан
2000	291	276	175	350	144	133
2001	244	206	184	478	181	161
2002	303	215	198	524	219	238
2003	255	240	224	600	278	333
2004	308	257	241	780	347	515
2005	360	278	272	1030	409	697
2006	392	303	328	1108	511	983
2007	426	353	406	1255	652	1317
2008	487	429	449	1309	1055	1226
2009	533	419	408	1451	954	931
2010	601	425	415	1514	1051	977
2011	699	429	434	1600	1133	1051
2012	578	436	442	1240	1021	1159
2013	589	447	469	1100	1070	1243

Таблица 8. Расчетные данные для нахождения коэффициента вариации

Годы	Введенное жилье, кв.м. на 1000 нас.			Xi-Хсреднее			(Xi-Хсреднее) <sup>2</sup>		
	Б	Р	К	Б	Р	К	Б	Р	К
2000	291	276	175	-142	-61	-157	20245	3678	24582
2001	244	206	184	-189	-131	-148	35829	17068	21841
2002	303	215	198	-130	-122	-134	16974	14797	17899
2003	255	240	224	-178	-97	-108	31786	9340	11618
2004	308	257	241	-125	-80	-91	15697	6343	8242
2005	360	278	272	-73	-59	-60	5371	3439	3574
2006	392	303	328	-41	-34	-4	1705	1132	14
2007	426	353	406	-7	16	74	53	268	5508
2008	487	429	449	54	92	117	2885	8530	13739
2009	533	419	408	100	82	76	9943	6783	5809
2010	601	425	415	168	88	83	28128	7807	6925
2011	699	429	434	266	92	102	70604	8530	10448
2012	578	436	442	145	99	110	20942	9872	12147
2013	589	447	469	156	110	137	24247	12179	18828
Σ	6066	4713	4645	0	0	0	284409	109763	161172

$B_{XP} = \sqrt{269739277/14} = 89.$

$B_{XK} = \sqrt{201951383/14} = 107.$

$V_{XB} = 2,75\%.$

$V_{XP} = 2,8\%.$

$V_{XK} = 3,12\%.$

Значение коэффициента вариации по всем трем странам получилось < 33%, а это говорит нам о том, что совокупность рассматриваемых значений во всех случаях является однородной.

Далее проведем проверку на нормальность распределения с помощью правила «трех сигм». Результаты проверки представим в шаблонной форме (таблица 9). Интервалы для проверки значений признака-фактора:  $(X_{CP} \pm 6)$ ;  $(X_{CP} \pm 26)$ ;  $(X_{CP} \pm 36)$ .

Результаты таблицы позволяют провести оценку нормальности распределения выборочных данных. Видно, что результаты находятся в пределах  $(X_{CP} \pm 36)$ , поэтому можно говорить о нормальности распределения исследуемых факторных признаков.

Для установления факта наличия связи проведем аналитическую группировку по признаку-фактору (таблица 10). Группировка выполняется при равных интервалах и числе групп 4. Для начала найдем величину интервала.

$h_B = (699 - 244) / 4 = 113,75.$

$h_P = (447 - 206) / 4 = 60,25.$

$h_K = (469 - 175) / 4 = 73,5.$

Из таблицы видно, что с увеличением величины введенного в эксплуатацию жилья цена за квадратный метр общей площади также увеличивается. Чтобы наглядно увидеть данную зависимость построим график связи (рис. 1).

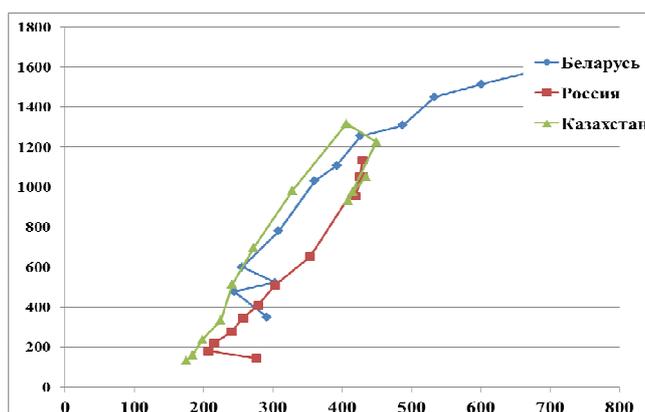


Рис. 1. График связи между факторным и результативным признаком

Эмпирические линии связи состоят из прямых отрезков и преимущественно имеют положительный наклон. Следовательно, можно предположить наличие прямых связей между показателями. Нестабильные участки связаны с кризисными явлениями в странах и имеют временный характер.

Для совокупности наблюдаемых значений рассчитаем средне-квадратическую ошибку уравнения регрессии  $S_e$ , которая представляет собой среднее квадратическое отклонение фактических значений  $Y_i$  относительно значений, рассчитанных по уравнению регрессии.

Таблица 9. Расчетные данные для проверки на нормальность распределения

Страна	Интервал знач. признака X, кв.м. на 1000 нас.	Число единиц, входящих в интервал	Уд. вес числа ед, входящих в интервал, в общ. их числе, %	Уд. вес числа ед, входящих в интервал, при нормальном распределении, %
Беларусь	(290 – 576)	8	57	68,3
	(147 – 719)	14	100	95,4
	(4 – 862)	14	100	99,7
Россия	(248 – 426)	7	50	68,3
	(159 – 515)	14	100	95,4
	(70 – 604)	14	100	99,7
Казах-стан	(225 – 439)	7	50	68,3
	(118 – 546)	14	100	95,4
	(11 – 653)	14	100	99,7

Таблица 10. Расчетные данные для установления факта наличия связи

Страна	Интервал значений признака X, кв.м. на 1000 нас.	Число единиц, входящих в интервал	Сумма значений Y, входящих в интервал	Усреднее
Беларусь	(244 – 357,75)	5	350+478+524+600+780=2732	546
	(357,75 – 471,5)	3	1030+1108+1255=3393	1131
	(471,5 – 585,25)	3	1309+1451+1240=4000	1333
	(585,25 – 699)	3	1514+1600+1100=4214	1405
	<b>Сумма</b>	<b>14</b>	<b>14339</b>	–
Россия	(206 – 266,25)	4	181+219+278+347=1025	256
	(266,25 – 326,5)	3	144+409+511=1064	355
	(326,5 – 386,75)	1	652	652
	(386,75 – 447)	6	1055+954+1051+1133+1021+ +1070=6284	1047
	<b>Сумма</b>	<b>14</b>	<b>9025</b>	–
Казахстан	(175 – 248,5)	5	133+161+238+333+515=1380	276
	(248,5 – 322)	1	697	697
	(322 – 395,5)	1	983	983
	(395,5 – 469)	7	1317+1226+931+977+1051+ +1159+1243=7904	1129
	<b>Сумма</b>	<b>14</b>	<b>10964</b>	–

$$S_{еБ} = \sqrt{461353 / (14 - 2)} = 196.$$

$$S_{еР} = \sqrt{96819 / (14 - 2)} = 90.$$

$$S_{еК} = \sqrt{198069 / (14 - 2)} = 128.$$

В качестве меры достоверности уравнения корреляционной зависимости используем процентное отношение среднеквадратической ошибки уравнения регрессии к среднему уровню результативного признака.

$$S_{еБ} / Y_{CP} \cdot 100\% = 196 / 1024,21 \cdot 100 = 14,14.$$

$$S_{еР} / Y_{CP} \cdot 100\% = 90 / 644,64 \cdot 100 = 13,93.$$

$$S_{еК} / Y_{CP} \cdot 100\% = 128 / 783,14 \cdot 100 = 14,41.$$

Так как полученные значение меньше 15%, то уравнения:  $U_{линБ} = 2,465X - 44$ ;  $U_{линР} = 4,091X - 732,443$ ;  $U_{линК} = 3,691X - 441,499$  достаточно хорошо отображают взаимосвязь двух признаков и могут быть использованы в практической работе.

Для результативного признака необходимо определить доверительные границы, в пределах которых с заданной доверительной вероятностью будет находиться теоретическое значение Y.

$t_a$  определяется в соответствии с уровнем значимости по  $t$ -распределению Стьюдента с  $n-m$  степенями свободы. В нашем случае  $t_a = t(0,01; 14-2) = 3,055$ .

$$Y_{X_0} - 160,1 \cdot \sqrt{1 + (X_0 - 433,29)^2 / 20315} \leq Y_B \leq Y_{X_0} + 160,1 \cdot \sqrt{1 + (X_0 - 433,29)^2 / 20315}.$$

$$Y_{X_0} - 73,5 \cdot \sqrt{1 + (X_0 - 336,64)^2 / 7840} \leq Y_P \leq Y_{X_0} + 73,5 \cdot \sqrt{1 + (X_0 - 336,64)^2 / 7840}.$$

$$Y_{X_0} - 104,6 \cdot \sqrt{1 + (X_0 - 331,79)^2 / 11512} \leq Y_K \leq Y_{X_0} + 104,6 \cdot \sqrt{1 + (X_0 - 331,79)^2 / 11512}.$$

Например, при  $X_0 = 500$  получим:

- $1012 \leq Y_B \leq 1365$ ;
- $1159 \leq Y_P \leq 1467$ ;
- $1209 \leq Y_K \leq 1599$ .

Статистический анализ строительного рынка трех стран выявил наличие тесной прямой связи между количеством введенного в эксплуатацию жилья и ценой за квадратный метр общей площади, а именно, чем больше количество введенного в эксплуатацию жилья, тем выше цена за квадратный метр общей площади ( $r_B=0,96$ ;  $r_P=0,98$ ;  $r_K=0,96$ ). Следует отметить, что данная зависимость противоречит законам рынка – «чем больше предложение, тем выше цена», однако связь есть, следует лишь поменять результативный и факторный признак местами, то есть чем выше цена за квадратный метр общей площади, тем больше количество введенного в эксплуатацию жилья. Таким образом, увеличение цены на жилье, стимулирует работу застройщиков.

Так же были построены уравнения линейной регрессии  $U_{линБ}=2,5X-44$ ;  $U_{линР}=4,1X-732,4$ ;  $U_{линК}=3,7X-441,5$  и доказаны возможности применения их на практике. Для результативного признака были определены доверительные границы, в пределах которых с заданной доверительной вероятностью будет находиться теоретическое значение Y.

**Заключение.** В ходе статистического анализа строительного рынка Республики Беларусь, Российской Федерации и Республики Казахстан при помощи корреляционно-регрессионного метода, была определена зависимость между тремя наиболее важными факторами данного рынка, а именно, валовым внутренним продуктом на душу населения, количеством введенного в эксплуатацию жилья (кв.м. на 1000 населения) и ценой на 1 квадратный метр общей площади.

Статистический анализ строительного рынка трех стран позволил доказать гипотезу о том, что с увеличением цены за квадратный метр общей площади величина введенного в эксплуатацию жилья также увеличивается.

Выявление данной взаимосвязи позволяет, учитывая изменение величины валового внутреннего продукта на душу населения, прогнозировать изменение количества введенного в эксплуатацию жилья, а так же изменение средней цены за квадратный метр общей площади.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Методика по расчету валового внутреннего продукта в постоянных ценах. Постановление Национального статистического комитета Республики Беларусь от 13.12.2010 № 261
2. Беларусь и страны мира: статистический сборник / В.И.Зиновский // Национальный статистический комитет Республики Беларусь, 2014. – 385 с.

Материал поступил в редакцию 21.01.15

#### PRAROUSKI A.G., DZIK V.A. Correlation analysis of the construction market in the ces

The statistical analysis of the construction market countries CES helped to prove the hypothesis that with increasing prices per square meter of the total area value of commissioned housing also increases.

УДК 625.855

Добрунова В.М.

### РОЛЬ МИНЕРАЛЬНОГО НАПОЛНИТЕЛЯ В СОСТАВЕ АСФАЛЬТОБЕТОНА

На эксплуатационное состояние автомобильных дорог, как известно, влияют природно-климатические факторы и транспортные нагрузки.

Определены [1] основные показатели технического уровня дорог, включающие оценку геометрических параметров поперечного профиля, плана и продольного профиля дорог, состояние дорожного покрытия и прочности дорожной одежды, продольной и поперечной ровности, сцепных качеств дорожного покрытия, состояние обочин мостов и путепроводов, движения и состава транспортных потоков.

К основным видам разрушений дорожных покрытий в зависимости от характера месторасположения и величины относятся: трещины, выбоины, заплатки, колеи, выкрашивание, шелушение, разрушение кромок. По результатам диагностики 2000-2010 основным видом разрушения являются трещины, количество которых увеличивается с повышением жесткости асфальтобетонной смеси, интенсивности движения, со старением материала покрытия. Часто причиной выхода из строя асфальтобетонного покрытия является недостаточная прочность, усталостная и коррозионная стойкость асфальтобетона [2].

Накоплен значительный объем информации о влиянии технологических факторов на долговечность асфальтобетонных покрытий. Асфальтобетонная смесь рассматривается как высококонцентрированная дисперсная система, с проходящими в ней физико-химическими процессами и свойствами входящих в состав компонентов. Целый ряд физико-химических свойств определяет структуру и её разрушение: предельное напряжение сдвига (прочность персной системы), средняя сила сцепления в контакте между частицами, число этих контактов в единице объема, относительная плотность, удельная поверхность минеральной части размеры частиц дисперсной фазы.

Существенное значение в технологии приготовления асфальтобетонной смеси имеют сложные физико-химические процессы, происходящие при взаимодействии битума с зернами минеральных составляющих - минерального порошка.

Минеральный порошок представляет собой тонко дисперсный материал, в основном состоящий из частиц размером меньше 0,071 мм.

Повысить качество минерального порошка возможно обработкой ПАВ, такие минеральные порошки определяются как активированные. К минеральным порошкам предъявляются определенные требования: по зерновому составу, значению истинной плотности и плотности в уплотненном состоянии, пористости, битумоёмкости, влажности и гидрофобности.

Зерновой состав характеризует тонкость помола минерального порошка, которая определяет его структурирующую способность. Плотность минерального порошка определяется как масса единицы

объёма, а плотность в уплотненном состоянии при помощи специальной разборной формы для уплотнения порошка с нагрузкой до 40 МПа. Пористость рассчитывается через относительную плотность. Сущность метода определения битумоёмкости заключается в определении количества масла, при котором смесь его со 100 см<sup>3</sup> имеет заданную консистенцию. Влажность минерального порошка определяется традиционными методами: выдержкой не менее 30 мин при температуре 105,5<sup>0</sup> в сушильном шкафу. Для более длительного сохранения технологических свойств минеральные порошки должны обладать гидрофобными свойствами, которые определяются способностью смачиваться или не смачиваться водой [3].

Использование минерального порошка из карбонатной горной породы обеспечивает хорошее обволакивание его частиц битумом [4]. Это объясняется тем, что на поверхности зерен минерального порошка, суммарная поверхность которого составляет 85% от всей поверхности минеральной части асфальтобетонной смеси, образуются специфические адсорбционно- сольватные слои (структурированные) вяжущего, т.е. минеральный порошок с высокой степенью дисперсности и большой суммарной удельной поверхностью адсорбирует битум с образованием тонкой оболочки, образуя так называемые адсорбционные сольватные слои.

На поверхности зерен минерального порошка концентрация смолисто- асфальтеновых компонентов больше (это - структурированный или пленочный битум), а на периферии оболочки создается повышенная концентрация масел - «свободный битум». При взаимодействии битума с минеральными частицами характерно проявление капиллярной диффузии более легких компонентов во внутрь зерна [5] или хемосорбции, т.е. прохождения химического взаимодействия между асфальто-геновыми кислотами битума и CaCO<sub>3</sub>.

Свойства, этих двух образовавшихся слоёв, отличаются друг от друга: при большом содержании минерального наполнителя частицы взаимодействуют по микроконтактам, а при малом - по прослойкам мало структурированного битума с изменением вязкости.

По мере уплотнения асфальтобетонной смеси происходит упрочнение единичных контактов. На этом этапе происходит химическая реакция взаимодействия между частицами минерального порошка с кислотами жирного ряда битума.

В результате химической реакции образуются нерастворимые в воде кальциевые мыла, повышающие водостойкость асфальтобетона. Образование малорастворимой соли кальция высокомолекулярных кислот способствует повышению прочности асфальтобетонного покрытия за счет образования прочных химических связей.

Таким образом, основная роль минерального порошка в составе асфальтобетонной смеси состоит в переводе битума из объемного

Добрунова В.М., кандидат технических наук, доцент кафедры технологии бетона и строительных материалов Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.