

The structural model of industrial enterprise is presented, for which the differential form of interrelations between characteristics of human capital and characteristics of economical indices is developed.

Н. В. АНДРИАНОВ, РУП «БМЗ», А. Н. ЧИЧКО, БНТУ

УДК 519:669.27

О НОВЫХ ПОДХОДАХ К ОЦЕНКЕ ВЛИЯНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО КАПИТАЛА ПРЕДПРИЯТИЯ НА ДИНАМИКУ ЕГО ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Одной из важнейших проблем экономики промышленного предприятия является проблема определения доли различных факторов, связанных с накоплением человеческого капитала в экономические показатели промышленного предприятия. Актуальность этой задачи обусловлена тем, что методы и подходы в определении роли характеристик человеческого капитала предприятия и их вклада в экономические показатели до сих пор не являются однозначными. Следует отметить, что эта задача — одна из ключевых в управлении промышленным предприятием и от ее решения зависит уровень функционирования организационных структур, что было проанализировано в работе [1]. Сложность решения поставленной задачи заключается в том, что математические модели, описывающие, с одной стороны, характеристики динамики человеческого капитала, а с другой — динамику изменения экономических показателей, недостаточно изучены. Поэтому цель настоящей работы — разработка новых подходов по описанию динамических характеристик человеческого капитала и экономических показателей с позиций дифференциального исчисления. Характеристики дифференциального исчисления основаны на изменении основных показателей промышленного предприятия во времени. В этом случае структурную геометрическую схему функционирования предприятия, по которой протекают информационные и материальные потоки, можно заменить системой дифференциальных уравнений, отражающих перечисленные потоки.

На основе анализа характеристик показателей продукции РУП «БМЗ» и

характеристик человеческого капитала была предложена дифференциальная математическая модель для описания изменений в параметрах, характеризующих работу предприятия. Схема информационных и материальных потоков в виде структурной модели показана на рис. 1. Каждый блок структурной модели отражает изменение показателя

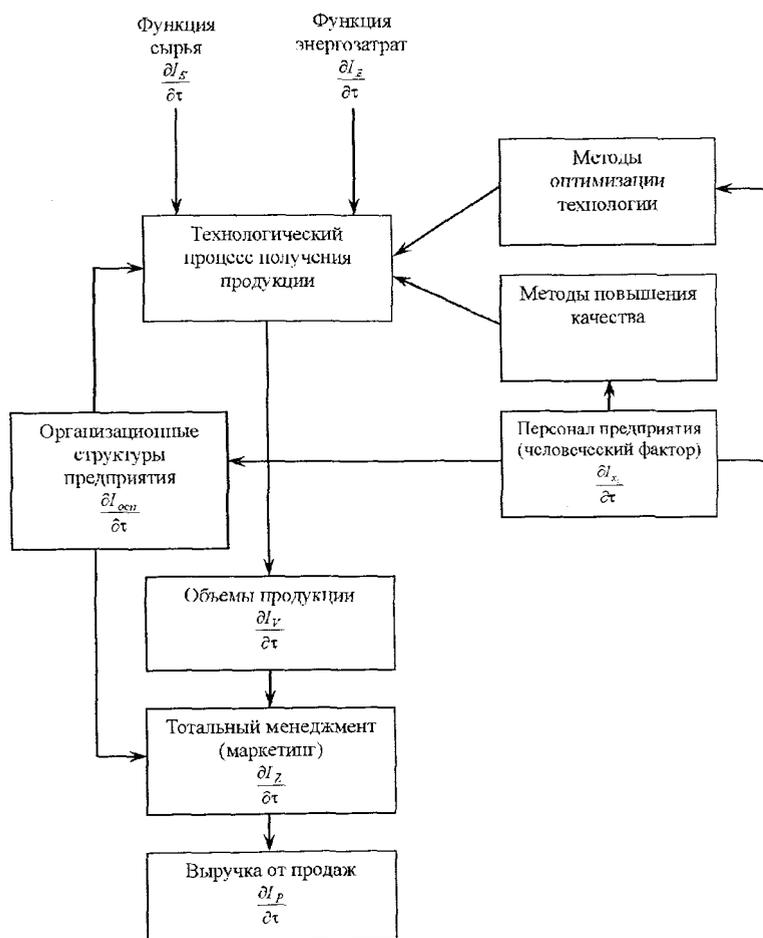


Рис. 1. Динамическая структурная модель изменения показателей РУП «БМЗ»

теля во времени в зависимости от движения информационных и материальных потоков. Математическая форма структурной модели может быть представлена в виде системы дифференциалов в частных производных для экономических показателей и отражает временную динамику изменения их показателей в зависимости от основных факторов технологической цепочки управления, в том числе и человеческого фактора:

$$\begin{cases} \frac{\partial I_P}{\partial \tau} = k_Z \frac{\partial I_Z}{\partial \tau} + k_V \frac{\partial I_V}{\partial \tau}, \\ \frac{\partial I_V}{\partial \tau} = k_S \frac{\partial I_S}{\partial \tau} + k_E \frac{\partial I_E}{\partial \tau} + k_{\text{осп}} \frac{\partial I_{\text{осп}}}{\partial \tau} + k_i \frac{\partial I_{x_i}}{\partial \tau}, \end{cases} \quad (1)$$

где $i=1,7$; $\frac{\partial I_P}{\partial \tau}$ – интегральная функция динамики изменения выручки от продаж продукции

предприятия; $\frac{\partial I_Z}{\partial \tau}$ – интегральная функция тотального менеджмента предприятия, зависящая от эффективности работы маркетинга и менеджмента;

$\frac{\partial I_V}{\partial \tau}$ – интегральная функция объемов про-

дукции предприятия; $\frac{\partial I_S}{\partial \tau}$ – интегральная фун-

кция, зависящая от объемов и стоимости сырья,

используемого при получении продукции; $\frac{\partial I_E}{\partial \tau}$ –

интегральная функция, зависящая от объемов и

стоимости энергоресурсов, затрачиваемых на тех-

нологические процессы; $\frac{\partial I_{\text{осп}}}{\partial \tau}$ – интегральная

функция, характеризующая организационную

структуру управления; $\frac{\partial I_{x_i}}{\partial \tau}$ – i -я интегральная

функция эффективности работы персонала, зависящая от уровня его квалификации; $k_Z, k_V, k_S, k_E, k_{\text{осп}}, k_i$ – соответственно весовые коэффициенты, определяющие долю интегральных функций тотального менеджмента, объемов продукции, сырья, энергозатрат, организационных структур предприятия и эффективности персонала в динамику изменения выручки от продаж продукции.

Как видно из модели, интегральная функция изменения выручки от продаж продукции предприятия зависит от интегральной функции тотального менеджмента предприятия и интегральной функции объемов продукции предприятия, т.е. модель основывается на тривиальном факте, что выручка зависит от объема продаж и эффективности работы маркетинга и управленцев менеджмента. В то же время объемы продаж пред-

приятия определяются объемами сырья, энергоресурсов, стоимостью сырья и энергоресурсов, а также эффективностью работы персонала, которая зависит от уровня квалификации. Повышение уровня квалификации персонала приводит к повышению объемов продукции. Это связано с повышенным контролем технологии, своевременным принятием решений, оптимизацией технологического процесса получения продукции, а также правильной расстановкой кадров снизу доверху. Как показывает опыт работы РУП «БМЗ», человеческий фактор играет определяющую роль в технологической цепочке и производстве готовой продукции. Нет специалиста, нет управленца, не будет и эффективности работы предприятия. Из представленной модели можно видеть, что чем больше изменений в работе с персоналом, тем больше объемы продаж и прибыль предприятия. Важным фактором является стоимость энергоносителей, которая закладывается в стоимость готовой продукции. Человек посредством научно-технических разработок оптимизирует технологическую цепочку с точки зрения энергоносителей, минимизируя расходы материалов (снижение брака), а также путем использования эффективных технологий при производстве продукции (оптимизация режимов термической обработки, оптимизация режимов разливки стали и т. д.). В качестве выходной характеристики структурной модели можно использовать выручку от продаж продукции предприятия. Анализ работы РУП «БМЗ» показал, что в основе модели черного ящика, имитирующего работу предприятия (структурная модель материальных и информационных потоков), можно выделить следующие элементы управления. Так, среди наиболее важных факторов, определяющих показатели предприятия (Y), с одной стороны, и показатели человеческого капитала предприятия (X), с другой стороны, и функции основных показателей, можно выделить следующие:

Y1 – функция производства товарной продукции;

Y2 – функция выручки от продажи продукции;

Y3 – функция выручки от реализации на одного работника;

Y4 – функция роста собственного капитала;

Y5 – функция динамики освоения инвестиций;

X1 – фактор уровня образованности персонала (высшее образование);

X2 – фактор экономической эффективности повышения квалификации рабочих;

X3 – фактор затрат на обеспечение процесса обучения персонала;

X4 – фактор затрат на материальную базу обучения;

X_5 – фактор повышения квалификации ИТР (рассчитывается как накопительная функция за последние 3 года);

X_6 – фактор повышения уровня квалификации линейных менеджеров (рассчитывается как накопительная функция за последние 3 года);

X_7 – фактор повышения уровня квалификации специалистов системы менеджеров качества (рассчитывается как накопительная функция за последние 3 года).

Для определения коэффициентов вклада факторов можно использовать данные, в которых ежемесячно расписаны динамика изменения показателей предприятия и динамика изменения характеристик персонала. Эти данные можно представить в виде матрицы, которая может быть использована для построения коэффициентов регрессионной математической модели:

январь	y_{11}	S_{11}	E_{11}	X_{11}	X_{12}	...	X_{17}
февраль	y_{21}	S_{21}	E_{21}	X_{21}	X_{22}	...	X_{27}
...
декабрь	y_{121}	S_{121}	E_{121}	X_{121}	X_{122}	...	X_{127}

Предположим, что вид математической модели, которую необходимо построить, – линейный

$$y = B_0 + B_1S + B_2E + \sum_{i=3}^7 B_i X_i. \text{ Тогда } y_{i1} - \text{ значение}$$

функции объемов товарной продукции в i -м месяце (объемы продукции, выручка предприятия в целом); S_{i1} – объемы (стоимость) сырья (аргумент S), использованного в производственном цикле в i -м месяце; E_{i1} – объемы (стоимость) энергозатрат (аргумент E) в производственном цикле в i -м месяце.

Количественные характеристики изменения персонала (затраты на обучение, повышение квалификации): X_{i1} – фактор уровня образованности персонала (доля лиц с высшим образованием, где $i=1, \dots, 12$ (помесячно)); X_{21} – фактор экономической эффективности повышения квалификации рабочих, рассчитываемый как количество рабочих, повысивших квалификацию за данный промежуток времени; X_{31} – фактор затрат на обеспечение процесса обучения персонала; X_{41} – фактор затрат на материальную базу обучения; X_{51} – фактор повышения квалификации ИТР (рассчитывается как функция числа ИТР, повысивших квалификацию за данный промежуток времени: с 2004 по 2006 г. ежемесячно); X_{61} – фактор повышения уровня квалификации линейных менеджеров (рассчитывается как функция числа линейных менеджеров, повысивших квалификацию за данный промежуток времени: с 2004 по 2006 г. ежемесячно); X_{71} – фактор повышения уровня квалификации менеджеров качества (рассчитывается как функция числа менеджеров качества, повысивших

квалификацию за данный промежуток времени: с 2004 по 2006 г. ежемесячно).

Для определения вкладов каждого фактора можно использовать регрессионную функцию

$$Y = B_0 + \sum_{i=3}^7 B_i X_i, \quad (2)$$

где $\sum_{i=3}^7 B_i X_i$ – долевая регрессионная функция вклада факторов персонала в экономические показатели (Y) предприятия.

На следующем этапе работы была поставлена задача – оценить на полуколичественном уровне вклад факторов, связанных с некоторыми характеристиками человеческого фактора РУП «БМЗ», на функцию выручки от продаж продукции. Для этого в рамках предложенного выше подхода был сформулирован частный случай модели (1), отражающей изменения выручки от продаж в зависимости от характеристик персонала:

$$\frac{dy}{d\tau} = k_1 \frac{dx_1}{d\tau} + k_2 \frac{dx_2}{d\tau} + k_3 \frac{dx_3}{d\tau} + k_5 \frac{dx_5}{d\tau} + k_6 \frac{dx_6}{d\tau} + k_7 \frac{dx_7}{d\tau}, \quad (3)$$

где $k_1, k_2, k_3, k_5, k_6, k_7$ – весовые коэффициенты функции изменений человеческого капитала РУП «БМЗ».

В данной модели исключен 4-й фактор, связанный с затратами на материальную базу обучения. Это связано с тем, что затраты на материальную базу обучения проводятся предприятием поквартально и фактически говорить о корреляции объемов выручки предприятия и объемов этих затрат сложно в силу неадекватности ситуации. К тому же объем выборки в этом случае пришлось бы сократить в 4 раза.

Используя понятие дифференциала, уравнение (3) приближенно можно представить в виде

$$\Delta y = B_1 \Delta x_1 + B_2 \Delta x_2 + B_3 \Delta x_3 + B_5 \Delta x_5 + B_6 \Delta x_6 + B_7 \Delta x_7 + B_0, \quad (4)$$

где Δy_i – разность в изменениях входной характеристики модели; Δx_i – разность в изменениях входных факторов модели за выделенный промежуток времени; B_i – регрессионный коэффициент, приближенно равный коэффициенту k_i дифференциальной математической модели; B_0 – свободный член модели, определяющий основной уровень отсчета выходной характеристики.

Форма уравнения (4) позволяет применить методы регрессионного анализа к оценке весовых коэффициентов. Для вычисления регрессионных коэффициентов была сформирована входная матрица, включающая изменения входных и выход-

ных характеристик, причем при расчете Δx_i и Δy учитывались их абсолютные значения. В таблице приведены ежемесячно (2004–2006 гг.) дифференциальные характеристики входных и выходных параметров модели. На рис. 2 показана динамика изменения выручки товарной продукции от продаж РУП «БМЗ», которая была использована при построении регрессионных зависимостей для выходной характеристики $\cdot Y$.

Использование месячных данных в расчетах позволило увеличить представительность выборки для оценки регрессионных коэффициентов. Использование только годовых данных создает проблему

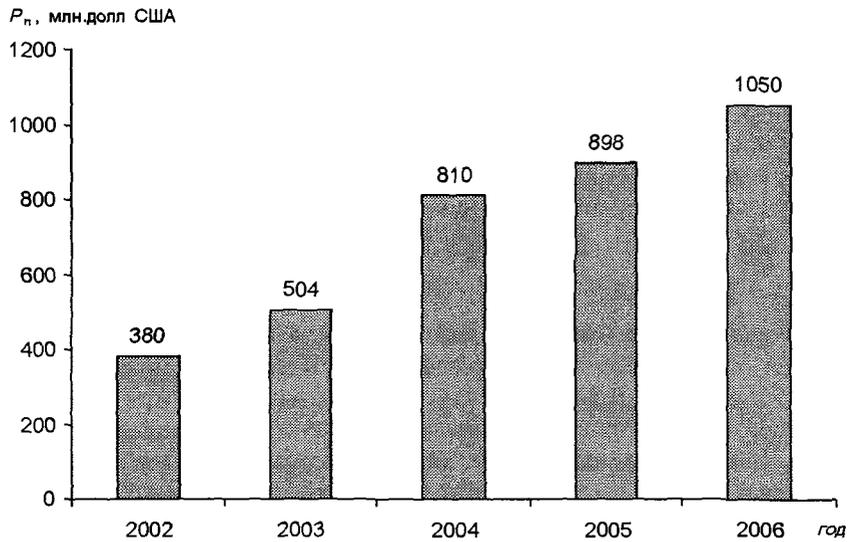


Рис. 2. Динамика по годам выручки от реализации продукции РУП «БМЗ»: P_n – выручка от реализации товарной продукции

Исходные данные по факторам математической модели (2), использованные для получения регрессионных коэффициентов

Год	Месяц	y	x_1	x_2	x_3	x_5	x_6	x_7
2004	Январь	–	–	–	–	–	–	–
	Февраль	2,91991	1,34615	3,19797	21,3945	52,5	14	51,1538
	Март	7,01865	0	21,6751	17,2471	30,625	154	70
	Апрель	15,8466	0	0,53299	7,23266	26,25	168	5,38462
	Май	14,0206	0	17,7665	5,51301	70	21	16,1538
	Июнь	15,1201	1,34615	2,30964	3,74277	253,75	21	45,7692
	Июль	5,7939	4,03846	1,59898	4,75434	26,25	126	140
	Август	3,06327	2,69231	2,13198	6,11994	30,625	0	64,6154
	Сентябрь	22,7455	0	11,9036	13,7066	201,25	175	21,5385
	Октябрь	15,8702	0	13,1472	13,7066	21,875	7	137,308
	Ноябрь	78,7361	1,34615	20,4315	4,40029	35	7	223,462
	Декабрь	13,315	1,34615	11,3706	5,51301	35	175	129,231
2005	Январь	155,227	1,34615	24,1624	10,3685	144,375	133	129,231
	Февраль	7,41252	1,34615	4,44162	3,23699	52,5	28	148,077
	Март	15,0422	0	0,53299	10,1662	30,625	0	148,077
	Апрель	1,91645	1,34615	8,52792	0,65751	26,25	7	70
	Май	4,12796	0	15,4569	1,6185	70	168	70
	Июнь	26,5242	0	23,2741	3,38873	262,5	133	0
	Июль	10,171	8,07692	8,88325	4,40029	35	133	61,9231
	Август	4,95049	4,03846	12,6142	6,77746	17,5	0	45,7692
	Сентябрь	14,2739	0	27,5381	8,85116	201,25	154	29,6154
	Октябрь	6,77927	1,34615	6,39594	5,10838	26,25	0	78,0769
	Ноябрь	72,9422	0	7,28426	5,86705	35	154	0
	Декабрь	17,0421	0	14,0355	37,4783	35	126	145,385
2006	Январь	178,646	1,34615	13,8579	34,4942	113,75	126	96,9231
	Февраль	41,0917	0	13,1472	19,7254	52,5	175	48,4615
	Март	0,9464	0	17,7665	19,3208	30,625	7	0
	Апрель	22,6092	0	14,0355	6,92919	26,25	168	0
	Май	88,5257	1,34615	13,8579	7,99133	105	0	0
	Июнь	56,7421	1,34615	11,3706	0,10116	253,75	126	80,7692
	Июль	5,1022	4,03846	22,2081	3,18642	21,875	126	80,7692
	Август	17,3984	1,34615	14,3909	21,091	30,625	0	53,8462
	Сентябрь	11,006	1,34615	6,5736	17,5506	196,875	0	10,7692
	Октябрь	16,6121	0	1,95431	2,68064	26,25	0	64,6154
	Ноябрь	31,2951	0	13,6802	12,9986	65,625	0	53,8462
	Декабрь	75,4307	0	8,52792	30,3974	35	133	13,4615

мало объема выборки, что не позволяет получить адекватные данные (фактически используются три года). Следует отметить, что данные были пронормированы по отношению к среднему, чтобы уменьшить влияние эффекта масштаба при сравнении регрессионных коэф-

фициентов. В качестве метода для расчета регрессионных коэффициентов использовали формулы и алгоритмы, приведенные в [2].

В результате было получено многомерное линейное уравнение, связывающее изменение объемов выручки от продукции и изменения факторов, характеризующих квалификацию персонала:

$$\Delta y = -21,7618 + 0,3934\Delta x_1 + 0,8446\Delta x_2 + 1,4331\Delta x_3 + 0,1410\Delta x_5 + 0,0642\Delta x_6 + 0,1622\Delta x_7. \quad (5)$$

Коэффициент Фишера в данной модели равен 0,9141, а коэффициент множественной корреляции составляет 0,52. Оценку информативности фактора можно проводить на основе сравнительного анализа величины регрессионного коэффициента. Как видно из модели, наиболее значимым фактором является фактор затрат на обучение персонала, на втором месте – фактор квалификации рабочих, на третьем – фактор уровня образованности персонала. Самый низкий (по коэффициенту регрессии) вклад в формирование выручки от продаж оказался для функции повышения квалификации линейных менеджеров. Это может свидетельствовать о том, что на данном временном промежутке (2004–2006 гг.) этому фактору в сравнении с остальными не уделялось нужного внимания. Следует отметить, что данное уравнение статистическое и, скорее, носит полуколичественную оценку. Оно не учитывает изменения в объемах энергоносителей и сырья, которые могут изменить уровень свободного члена B_0 . К сожалению, использование помесечных данных для учета изменения стоимости и объемов энергоносителей и сырья затруднено в силу техниче-

ских причин, что не позволяет получить общее регрессионное уравнение, учитывающее все блоки модели, структурная схема которой представлена на рис. 1. Следует отметить, что изменения в организационной структуре РУП «БМЗ», сделанные в последние годы, сложно математически формализовать, что затрудняет количественную оценку этого вклада в изменения экономических показателей предприятия.

Таким образом, представленные выше корреляционные оценки свидетельствуют о существенном вкладе человеческого капитала предприятия и, в частности, факторов, связанных с повышением квалификации персонала, в формирование такого важного экономического показателя РУП «БМЗ», как объемы выручки от продаж.

Вывод

Представлена структурная модель промышленного предприятия, для которого предложена дифференциальная форма взаимосвязей между характеристиками человеческого капитала и характеристиками экономических показателей. На примере одного из экономических показателей РУП «БМЗ» построено регрессионное уравнение, показывающее степень влияния характеристик человеческого капитала предприятия на объемы выручки товарной продукции РУП «БМЗ».

Литература

1. Чичко А.Н. Математическое моделирование организационных структур управления металлургическим предприятием // Сталь. 2006. № 5. С. 122–124.
2. Чичко А.Н. Математическое моделирование технологических процессов. Мн.: Изд-во БГПА, 2001.