УДК 69.009

DOI 10.23968/1999-5571-2020-17-1-140-149

© А. Ф. Юдина, д-р техн. наук, профессор

© A. F. Yudina, Dr. Sci. Tech., Professor

© Нгуен Тхай Хиен, аспирант

© Nguyen Thai Hiep, post-graduate student

(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)

(Saint Petersburg State University of Architecture
and Civil Engineering)

E-mail: yudinaantonina2017@mail.ru, thaihiep80@gmail.com

E-mail: yudinaantonina2017@mail.ru, thaihiep80@gmail.com

МОДЕЛЬ СТРУКТУРНОГО УРАВНЕНИЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА В СТРОИТЕЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ ВЬЕТНАМА

STRUCTURAL EQUATION MODEL OF QUALITY CONTROL IN CONSTRUCTION PRODUCTION OF VIETNAM

Приведены результаты анализа факторов, влияющих на контроль качества в строительной отрасли Вьетнама, на основе метода подтвержденного факторного анализа (CFA) и модели структурного уравнения (SEM). Результаты показывают, что 25 факторов, шесть целей, которые расположены в пяти критериях, являются наиболее важными для контроля качества в строительной отрасли Вьетнама. Однако, чтобы иметь возможность более полно отражать результаты анализа, в соответствии с данными, полученными в результате опроса, необходимо добавить 17 взаимосвязей. Результаты анализа также показывают, что модель достигает сходимости, дискриминационного значения и высокой надежности, но без однонаправленности.

Ключевые слова: строительство, модель контроля качества, подтверждающий факторный анализ, строительно-монтажные работы, модель структурного уравнения, Вьетнам.

This article presents the results of the analysis of factors affecting quality control in the construction industry of Vietnam on the basis of the method of confirmation factor analysis (CFA) and structural equation model (SEM). The results show that 25 factors, 6 goals, which are located in 5 criteria, are the most important for quality control in the construction industry of Vietnam. However, to be able to more fully reflect the results of the analysis, according to the data obtained from the survey, it is necessary to add 17 relationships. The results of the analysis also show that the model achieves convergence, discriminatory value and high reliability, but without unidirectionality.

Keywords: construction, quality control model, confirmatory factor analysis, construction and installation works, structural equation model, Vietnam.

Управление качеством включает в себя четыре основные роли: планирование, обеспечение, контроль и улучшение качества¹. В частности, контроль качества играет важную роль в формировании качества продукции. Чтобы иметь возможность контролировать качество, необходимо выявить факторы, влияющие на качество продукции, создать систему контроля качества [1, 2]. В сфере строительства, особенно во Вьетнаме, строительная отрасль имеет свои особенности [3, 4], и качество продукции сильно зависит от качества строительно-монтажных работ. Поэтому, чтобы улучшить качество СМР, необходимо

выявить и контролировать факторы, влияющие на них [2].

На основе модели EFQM (*European Foundation for Quality Management*), в результате качественного анализа было выявлено 39 таких факторов [5–7]. Анкеты рассылались лицам, работающим в строительной отрасли Вьетнама, и в результате было получено 184 ответа. Более чем 84,2 % участников опроса имеют большой опыт работы в области строительства (более 10 лет), и непосредственно участвуют в производственном процессе 91,3 % [4]. Эти факторы оцениваются в соответствии с пятью уровнями (1 — влияния нет, 2 — малое влияние, 3 — влияние, 4 — большое влияние, 5 — очень большое влияние). Шесть

¹ ГОСТ Р ИСО 9000–2015. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь.

целей системы контроля качества оценивались по шкале из пяти уровней (1 — не важный, 2 — менее важный, 3 — важный, 4 — очень важный и 5 — наиболее важный).

После этого с помощью факторного анализа были исключены пять факторов, сохранены 34 фактора, сгруппированные в шести критериях [4] (рис. 1).

Уточнение результатов факторного анализа

В этом исследовании модель измерения состоит из 34 факторов (табл. 1), называемых наблюдаемыми переменными (X_i). Каждая наблюдаемая переменная имеет остаток e_i . Критерии F_i называются скрытыми переменными (рис. 2).

Связь между наблюдаемой переменной, скрытой переменной и остатком показана уравнением

$$X_i = \lambda_{ij}F_j + e_i, \quad (1)$$

где λ_{ij} — стандартизированные веса регрессии.

Для оценки пригодности факторов (наблюдаемые переменные) для каждого критерия (скрытые переменные) в данном исследовании использовался подтверждающий факторный анализ (*confirmatory factor analysis, CFA*). CFA — это многомерный статистический тест, направленный на оценку соответствия теории измерений фактически собранным данным, это инструмент, используемый для принятия или отклонения теории измерений. В основе этого анализа лежит

Рис. 1. Результат факторного анализа [4]

Рис. 2. Модель измерения на основе CFA: λ_{ij} — стандартизированные веса регрессии; r_{ij} — коэффициент корреляции

Таблица 1

Факторы, влияющие на контроль качества в строительной отрасли Вьетнама

№	Критерий	Обозначение	Факторы
1	Люди (H)	H_1	Опыт, навыки и мастерство рабочих
2		H_2	Образование и обучение
3		H_3	Командная работа и коммуникация
4	Документы (C)	C_1	Кодексы, стандарты и нормативная документация
5		C_2	Проектная документация и четкие инструкции
6		C_3	Наличие технологических карт, схем операционного контроля по видам работ
7	Партнерство (D)	D_1	Активное участие застройщика/заказчика
8		D_2	Поддержка поставщиков
9		D_3	Сотрудничество субподрядчиков
10		D_4	Поддержка со стороны проектной организации
11		D_5	Поддержка со стороны организации технического надзора
12		C_4	Контракт на строительство
13		H_4	Поощрения, награды и узнавание
14	Ресурсы (R)	P_1	Топография и погода
15		P_2	Условия работы на стройплощадке
16		P_3	Календарный план
17		R_1	Финансы подрядчика
18		R_2	Фактор срока для завершения объекта строительства
19		R_3	Опыт подрядчика
20		R_5	Машины и инструменты подрядчика
21	Процессы (P)	P_4	Наличие документов о качестве применяемых строительных материалов, изделий, оборудования
22		P_5	Геодезическое обеспечение
23		P_6	Лабораторное обеспечение
24		P_7	Совещания участников строительства объекта по качеству, графику выполнения строительно-монтажных работ
25		P_8	Журнал работ
26		P_9	Присутствие персонала по надзору за качеством
27		P_{10}	Присутствие персонала по надзору за охраной труда
28		C_5	План контроля качества СМР
29	Цели (G)	G_1	Завершение в срок
30		G_2	Завершение в рамках бюджета
31		G_3	Соответствие проектным документам, кодексу, стандартам
32		G_4	Работа в безопасных условиях
33		G_5	Усовершенствование навыков, опыт
34		G_6	Охрана окружающей среды

метод максимального правдоподобия (*maximum likelihood, ML*) того, что наблюдаемые ковариации извлечены из предположительно той же самой популяции, что и оценки коэффициентов [8–10]. Основное уравнение этого метода:

$$ML = S - \Sigma, \quad (2)$$

где S — ковариационная матрица наблюдаемой выборки; Σ — оценочная ковариационная матрица.

В этом исследовании размер выборки ($N = 184$) согласуется с подтверждающим факторным ана-

лизом [8, 11]. Качество соответствия моделей эмпирическим данным оценивалось с помощью нескольких показателей: среднеквадратичная ошибка аппроксимации (*Root Mean Square Error of Approximation*, *RMSEA*), сравнительный показатель соответствия (*Comparative Fit Index*, *CFI*), индекс Такера – Льюиса (*Tucker – Lewis Index*, *TLI*), инкрементальный индекс соответствия (*Incremental Fit Index*, *IFI*), показатель частного хи-квадрат (χ^2) и число степеней свободы (*CMIN/df*) [8, 12]. Модель считается хорошо согласованной с полученными экспериментальными данными при значениях *CFI*, *TLI* и *IFI* $\geq 0,90$, *RMSEA* $< 0,08$ и *CMIN/df* < 5 [8, 13].

С помощью пакета *AMOS* (версия 20) были получены результаты расчетов (табл. 2), кото-

рые показали, что только два параметра модели измерения удовлетворяют требованиям: *CMIN/DF* < 5 и *RMSEA* $< 0,08$. Три параметра не являются удовлетворительными: *CFI*, *TLI*, *IFI* $< 0,9$.

Улучшение параметров модели измерения

На основе индекса модификации (*Modification Indices*, *MI*) необходимо добавить отношения между остатком наблюдаемой переменной. Результаты показывают, что модели имеют удовлетворительные параметры при *CMIN/DF* = 1,546 < 5 и *RMSEA* = 0,055 $< 0,08$; *CFI* = 0,913; *TLI* = 0,901; *IFI* = 0,915 (табл. 3, рис. 3).

Оценка модели измерения

Модель оценивается на основе четырех характеристик: надежность, сходимость, дискриминантность и однонаправленность.

1. *Надежность* можно оценить с помощью коэффициента α [14] или коэффициента *CR* [8]. Если $\alpha > 0,6$ и *CR* $> 0,7$, надежность модели измерения подтверждена. Результаты расчетов пока-

Таблица 2
Параметры модели измерения CFA

<i>CMIN</i>	<i>df</i>	<i>CMIN/df</i>	<i>RMSEA</i>	<i>CFI</i>	<i>TLI</i>	<i>IFI</i>
1035,12	512	2,022	0,075	0,831	0,815	0,834

Таблица 3

Параметры модели измерения CFA после ее улучшения

№	Модель	Новая модель измерения	<i>CMIN</i>	<i>df</i>	ρ	<i>CMIN/DF</i>	<i>RMSEA</i>	<i>CFI</i>	<i>TLI</i>	<i>IFI</i>
1	CFA-1		1035,12	512	0,0	2,022	0,075	0,831	0,815	0,834
2	CFA-2	CFA-1 + Cov (eG_1, eG_2)	969,93	511	0,0	1,898	0,070	0,852	0,838	0,854
3	CFA-3	CFA-2 + Cov (eP_1, eP_2)	930,73	510	0,0	1,825	0,067	0,864	0,851	0,867
4	CFA-4	CFA-3 + Cov (eP_{10}, eP_9)	910,42	509	0,0	1,789	0,066	0,871	0,857	0,873
5	CFA-5	CFA-4 + Cov (eD_1, eD_2)	896,42	508	0,0	1,765	0,065	0,875	0,862	0,877
6	CFA-6	CFA-5 + Cov (eR_3, eR_5)	882,79	507	0,0	1,741	0,064	0,879	0,866	0,881
7	CFA-7	CFA-6 + Cov (eG_1, eG_6)	870,62	506	0,0	1,721	0,063	0,882	0,87	0,885
8	CFA-8	CFA-7 + Cov (eP_5, eP_4)	858,04	505	0,0	1,699	0,062	0,886	0,874	0,888
9	CFA-9	CFA-8 + Cov (eP_8, eP_7)	847,05	504	0,0	1,681	0,061	0,889	0,877	0,891
10	CFA-10	CFA-9 + Cov (eR_1, eR_5)	836,24	503	0,0	1,663	0,060	0,893	0,88	0,895
11	CFA-10	CFA-10 + Cov (eP_3, eR_3)	824,10	502	0,0	1,642	0,059	0,896	0,884	0,898
12	CFA-12	CFA-11 + Cov (eR_1, eR_2)	815,92	501	0,0	1,629	0,059	0,899	0,886	0,900
13	CFA-13	CFA-12 + Cov (eP_9, eP_7)	808,90	500	0,0	1,618	0,058	0,9	0,888	0,902
14	CFA-14	CFA-13 + Cov (eP_2, eR_5)	802,57	499	0,0	1,608	0,058	0,902	0,89	0,904
15	CFA-15	CFA-14 + Cov (eP_9, eC_5)	795,26	498	0,0	1,597	0,057	0,904	0,892	0,906
16	CFA-16	CFA-15 + Cov (eD_2, eD_3)	788,75	497	0,0	1,587	0,057	0,906	0,894	0,908
17	CFA-17	CFA-16 + Cov (eD_5, eH_4)	781,39	496	0,0	1,575	0,056	0,908	0,896	0,910
18	CFA-18	CFA-17 + Cov (eP_{10}, eP_6)	774,66	495	0,0	1,565	0,056	0,91	0,898	0,912
19	CFA-19	CFA-18 + Cov (eH_1, eH_3)	763,70	494	0,0	1,546	0,055	0,913	0,901	0,915

Примечание. Cov — ковариация; ρ — уровень значимости ($< 5\%$); *df* — число степеней свободы.

зывают, что модель измерения является надежной (табл. 4):

$$\alpha = \frac{kr}{1 + (k-1)r}; \quad (3)$$

$$CR = \frac{\left(\sum_{i=1}^n \lambda_i\right)^2}{\left(\sum_{i=1}^n \lambda_i\right)^2 + \sum_{i=1}^n (1 - \lambda_i^2)}, \quad (4)$$

где k — число пунктов шкалы; r — средний коэффициент корреляции между каждым пунктом и суммой остальных пунктов; λ — стандартизированные веса регрессии.

2. *Сходимость.* Модель измерения достигает сходящихся значений при стандартизованном весе регрессии $\lambda > 0,5$ и статистическом уровне значимости $p < 0,05$ (см. табл. 4, рис. 3).

Таблица 4

Регрессионные веса и надежность моделей измерений

Наблюдаемые переменные	Скрытые переменные	Веса регрессии		Статистический уровень значимости p	Надежность	
		Стандартизованная форма λ	Нестандартизованная форма β		CR	α
P_1	R	0,64	1	<0,05	0,854	0,865
P_2	R	0,73	1,049			
P_3	R	0,72	1,024			
R_1	R	0,60	0,888			
R_2	R	0,76	1,155			
R_3	R	0,65	0,73			
R_5	R	0,62	0,811			
P_{10}	P	0,71	1		0,871	0,872
P_9	P	0,66	0,779			
P_8	P	0,76	1,058			
P_7	P	0,53	0,64			
P_6	P	0,78	1,014			
P_5	P	0,61	0,74			
P_4	P	0,77	1,058			
C_5	P	0,59	0,635			
G_1	G	0,59	1		0,846	0,860
G_2	G	0,65	1,134			
G_3	G	0,56	0,711			
G_4	G	0,82	1,25			
G_5	G	0,81	1,218			
G_6	G	0,70	1,121			
D_1	D	0,51	1		0,829	0,830
D_2	D	0,63	1,132			
D_3	D	0,63	1,146			
D_4	D	0,71	1,386			
D_5	D	0,68	1,143			
C_4	D	0,62	1,264			
H_4	D	0,70	1,339			
C_1	C	0,63	1		0,770	0,759
C_2	C	0,73	0,961			
C_3	C	0,81	1,213			
H_1	H	0,80	1		0,815	0,761
H_2	H	0,70	0,93			
H_3	H	0,82	1,175

Рис. 3. Результаты подтвержденного факторного анализа (CFA)

3. **Дискриминантность.** Коэффициент корреляции между скрытыми переменными $r < 0,9$ (табл. 5, рис. 3) — модель измерения достигает дискриминантного значения [8]. Значение указывает на отсутствие дублирования между скрытыми переменными (критерии).

4. **Однонаправленность.** Модель измерения не является однонаправленной, поскольку остатки наблюдаемых переменных коррелируют друг с другом (18 отношений между остатками) (см. табл. 3, 6, рис. 3).

Модель структурного уравнения (Structural Equation Model, SEM)

Результаты CFA являются основой для создания модели структурного уравнения [8]. Основная цель SEM — объяснить взаимосвязь между наблюдаемыми и скрытыми переменными (критерии). Это объяснение может быть представлено математическими уравнениями и диаграммами.

Основываясь на модели EFQM, это исследование включает следующие гипотезы: ресурсы (R), партнерство (D), документы (C), люди (H) влияют на процессы (P), и процессы (P) влияют на цели (G) (рис. 4).

Полученные с помощью пакета AMOS (версия 20) результаты расчетов (табл. 6, 7) показали, что отношения между P и H незначительны, $p > 0,05$, таким образом, критерии H удалены из модели SEM.

В новой модели есть только критерии R, C, D, P, G. Результаты показывают, что модель имеет удовлетворительные параметры (табл. 8). В то же время модель достигает надежности ($CR > 0,7$), сходимости (стандартизированные веса регрессии между наблюдаемыми и скрытыми переменными $\lambda > 0,5$ и статистический уровень значимости $p < 0,05$) при дискриминантности $p < 0,9$ (табл. 9, 10; рис. 5).

Итоговое уравнение модели (стандартизированная форма):

Рис. 4. Компоненты модели структурного уравнения (SEM):
R, C, D, H — независимые переменные;
P — промежуточные переменные; G — зависимые переменные; λ — стандартизированные веса регрессии;
 r — коэффициент корреляции

Таблица 5

Коэффициент корреляции r

№	Скрытые переменные	r	Остаток	r
1	R и P	0,76	eG_1 и eG_2	0,61
2	R и G	0,82	eP_1 и eP_2	0,48
3	R и D	0,71	eP_{10} и eP_9	0,32
4	R и C	0,60	eD_1 и eD_2	0,31
5	R и H	0,58	eR_3 и eR_5	0,31
6	P и G	0,67	eG_1 и eG_6	0,23
7	P и D	0,74	eP_5 и eP_4	-0,32
8	P и C	0,66	eP_8 и eP_7	0,28
9	P и H	0,48	eR_1 и eR_5	0,29
10	G и D	0,70	eP_3 и eR_3	-0,29
11	G и C	0,56	eR_1 и eR_2	0,21
12	G и H	0,43	eP_9 и eP_7	0,19
13	D и C	0,57	eP_2 и eR_5	0,15
14	D и H	0,56	eP_9 и eC_5	-0,19
15	C и H	0,54	eD_2 и eD_3	0,21
16			eD_5 и eH_4	-0,25
17			eP_{10} и eP_6	-0,22
18			eH_1 и eH_3	-0,65

Таблица 6

Параметры модели SEM

CMIN	df	CMIN/df	RMSEA	CFI	TLI	IFI
811,919	498	1,63	0,059	0,899	0,886	0,901

Таблица 7

Веса регрессии модели SEM

Переменные	Веса регрессии, нестандартизованная форма β	Уровень значимости p	Оценка
P R	0,542	<0,05	
P D	0,514	0,001	
P C	0,365	0,003	
P H	-0,139	0,117	Удаление, $p > 0,05$
G P	0,679	<0,05	

Таблица 8

Параметры модели SEM после удаления H

CMIN	df	CMIN/df	RMSEA	CFI	TLI	IFI	Оценка
673,459	410	1,643	0,059	0,907	0,895	0,909	Принятие

Таблица 9

Веса регрессии модели SEM после удаления H

Переменные		Веса регрессии		Статистический уровень значимости p	Надежность CR
		Стандартизованная форма λ	Нестандартизованная форма β		
P	R	0,43	0,51	<0,05	
P	D	0,33	0,49		
P	C	0,23	0,32		
G	P	0,74	0,68		
P ₁	R	0,65	1,00	<0,05	0,85
P ₂	R	0,73	1,04		
P ₃	R	0,75	1,04		
R ₁	R	0,60	0,88		
R ₂	R	0,73	1,11		
R ₃	R	0,64	0,70		
R ₅	R	0,63	0,82		
P ₁₀	P	0,69	1,00	<0,05	0,87
P ₉	P	0,65	0,79		
P ₈	P	0,75	1,07		
P ₇	P	0,53	0,65		
P ₆	P	0,76	1,00		
P ₅	P	0,60	0,74		
P ₄	P	0,76	1,07		
C ₅	P	0,58	0,63	<0,05	0,85
G ₁	G	0,59	1,00		
G ₂	G	0,65	1,12		
G ₃	G	0,57	0,71		
G ₄	G	0,82	1,24		
G ₅	G	0,80	1,20		
G ₆	G	0,71	1,13		
D ₁	D	0,50	1,00	<0,05	0,83
D ₂	D	0,63	1,13		
D ₃	D	0,62	1,14		
D ₄	D	0,72	1,41		
D ₅	D	0,69	1,17		
C ₄	D	0,62	1,27		
H ₄	D	0,69	1,33		
C ₁	C	0,64	1,00	<0,05	0,77
C ₂	C	0,74	0,97		
C ₃	C	0,80	1,17		

$$G = 0,74P + 0,74P(0,43R + 0,33D + 0,23C) =$$

$$= 0,74P + 0,32PR + 0,24PD + 0,17PC;$$

$$P = 0,43R + 0,33D + 0,23C;$$

$$P = 0,69P_{10} + 0,65P_9 + 0,75P_8 + 0,53P_7 + 0,76P_6 +$$

$$+ 0,60P_5 + 0,76P_4 + 0,58C_5;$$

$$R = 0,65P_1 + 0,73P_2 + 0,75P_3 + 0,60R_1 + 0,73R_2 +$$

$$+ 0,64R_3 + 0,63R_5;$$

$$D = 0,5D_1 + 0,63D_2 + 0,62D_3 + 0,72D_4 + 0,69D_5 +$$

$$+ 0,62C_4 + 0,69H_4;$$

$$C = 0,64C_1 + 0,74C_2 + 0,8C_3;$$

$$G = 0,59G_1 + 0,65G_2 + 0,57G_3 + 0,82G_4 + 0,80G_5 +$$

$$+ 0,71G_6.$$

Выводы

Для того чтобы улучшить контроль качества в строительном секторе Вьетнама, необходимо сосредоточиться в основном на четырех основных группах причин, в числе которых ресурсы (R, семь факторов), партнерство (D, семь фак-

Таблица 10

Коэффициент корреляции после удаления H

№	Переменные	r	Остаток	r
1	R и D	0,71	eG_1 и eG_2	0,61
2	R и C	0,60	eP_1 и eP_2	0,47
3	D и C	0,57	eP_{10} и eP_9	0,35
4			eD_1 и eD_2	0,32
5			eR_3 и eR_5	0,30
6			eG_1 и eG_6	0,22
7			eP_5 и eP_4	-0,30
8			eP_8 и eP_7	0,28
9			eR_1 и eR_5	0,28
10			eP_3 и eR_3	-0,29
11			eR_1 и eR_2	0,23
12			eP_9 и eP_7	0,19
13			eP_2 и eR_5	0,14
14			eP_9 и eC_5	-0,18
15			eD_2 и eD_3	0,22
16			eD_5 и eH_4	-0,25
17			eP_{10} и eP_6	-0,17

Рис. 5. Модель структурного уравнения (SEM)

торов), документы (С, три фактора), процессы (Р, восемь факторов). Это улучшение позволит достичь необходимых целей (G, шесть целей) контроля качества в строительной отрасли Вьетнама.

Библиографический список

1. Low Sui Pheng, Peh Ke-Wei. A framework for implementing TQM in construction // The TQM Magazine. 1996. Vol. 8 (5). Pp. 39–46.
2. Нгуен Тхай Хиен, Юдина А. Ф. Анализ факторов, влияющих на качество строительства // 70-я Всерос. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых «Актуальные проблемы современного строительства». СПб.: СПбГАСУ, 2017. С. 74–80.
3. Юдина А. Ф., Нгуен Тхай Хиен. Механизмы контроля качества в строительной области в условиях Вьетнама // Вестник гражданских инженеров. 2018. № 1 (66). С. 88–96.
4. Нгуен Тхай Хиен. Группы факторов, влияющих на систему контроля качества монтажных работ в условиях Вьетнама // Вестник гражданских инженеров. 2019. № 3 (74). С. 80–86.
5. Маслов Д. В., Вылгина Ю. В. Современные инструменты управления: модель совершенствования EFQM. Иваново: Ивановский гос. энергетический ун-т, 2006. 107 с.
6. Нгуен Тхай Хиен, Юдина А. Ф. Применение модели EFQM для разработки системы контроля качества строительных работ // 74-я науч. конф. профессорско-преподавательского состава и аспирантов университета. Ч. I. Архитектура и строительство. СПб.: СПбГАСУ, 2018. С. 83–89.
7. Нгуен Тхай Хиен. Факторы, влияющие на систему контроля качества строительного-монтажных работ на основе модели EFQM // Вестник гражданских инженеров. 2019. № 2 (73). С. 85–92.
8. Hair J. F., Black W. C., Babin B. J., Anderson R. E. Multivariate Data Analysis. 7th ed. New York: Pearson, 2014. 734 p.
9. Harrington D. Confirmatory factor analysis. New York: Oxford University Press, 2009. 133 p.
10. Timothy A. B. Confirmatory factor analysis for applied research. New York: Guilford Press, 2006. 493 p.
11. Anderson J. C., Gerbing D. W. Structural equation modeling in practice: A review and recommended two step approach // Psychological Bulletin. 1988. Vol. 103. Pp. 411–423.

12. Наследов А. IBM SPSS statistics 20 и AMOS: профессиональный статистический анализ данных. СПб.: Питер, 2013. 419 с.

13. Schumacker R. E., Lomax R. G. A beginner's guide to structural equation modeling. 3rd ed. New York: Routledge Taylor & Francis Group, 2010. 536 p.

14. Cronbach L. J. Coefficient alpha and the internal structure of tests // *Psychometrika*. 1951. Vol. 16. Issue 3. Pp. 297–334.

References

1. Low Sui Pheng, PehKe-Wei. A framework for implementing TQM in construction. *The TQM Magazine*, 1996, vol. 8 (5), pp. 39–46.

2. Nguyen Thai Hiep, Yudina A. F. *Analiz faktorov, vliyayushchikh na kachestvo stroitel'stva* [Analysis of factors affecting the quality of construction]. *Trudy 70-y Vseross. nauch.-prakt.konf. studentov, aspirantov i molodykh uchenykh «Aktual'nye problemy sovremennogo stroitel'stva»* [Proc. of the 70-th All-Russian sci. - prac. conf. of students, postgraduates and young scientists "Actual problems of modern construction"]. St. Petersburg, SPbGASU Publ., 2017, pp. 74–80.

3. Yudina A. F., Nguyen Thai Hiep, *Mekhanizmy kontrolya kachestva v stroitel'noy oblasti v usloviyakh V'etnama* [Quality control mechanisms in the construction industry of Vietnam]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2018, no. 1 (66), pp. 88–96.

4. Nguyen Thai Hiep. *Gruppy faktorov, vliyayushchikh na sistemu kontrolya kachestva montazhnykh rabot v usloviyakh V'etnama* [Groups of factors affecting the quality control system of installation works in Vietnam]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2019, no. 3 (74), pp. 80–86.

5. Maslov D. V., Vylgina Yu. V. *Sovremennye instrumenty upravleniya: model' sovershenstvovaniya EFQM* [Modern management tools: a model of perfection of EFQM]. Ivanovo, Ivanovskiy gos. energeticheskiy un-t Publ., 2006, 107 p.

6. Nguyen Thai Hiep, Yudina A. F. *Primenenie modeli EFQM dlya razrabotki sistemy kontrolya kachestva stroitel'nykh rabot* [Application of the EFQM model for the development of a quality control system for construction works]. *Trudy 74-y nauch.konf. professorsko-prepodavatel'skogo sostava i aspirantov universiteta. Ch.I. Arkhitektura i stroitel'stvo* [Proc. of the 74-th scientific research. conf. of the faculty and post-graduate students of the University. Part I. Architecture and construction]. St. Petersburg, SPbGASU Publ., 2018, pp. 83–89.

7. Nguen TkhayKhiep. *Faktory, vliyayushchie na sistemu kontrolya kachestva stroitel'no-montazhnykh rabot na osnove modeli EFQM* [Factors affecting the quality control system of construction and installation works based on the EFQM mode]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2019, no. 2 (73), pp. 85–92.

8. Hair J. F., Black W. C., Babin B. J., Anderson R. E. *Multivariate Data Analysis*. 7th ed. New York, Pearson Publ., 2014, 734 p.

9. Harrington D. *Confirmatory factor analysis*. New York, Oxford University Press Publ., 2009, 133 p.

10. Timothy A. B. *Confirmatory factor analysis for applied research*. New York, Guilford Press Publ., 2006, 493 p.

11. Anderson J. C., Gerbing D. W. Structural equation modeling in practice: A review and recommended two step approach. *Psychological Bulletin*, 1988, vol. 103, pp. 411–423.

12. Nasledov A. *IBMSPPS statistics20 i AMOS: professional'niy statisticheskiy analiz dannykh* [IBMSPPSstatistics20 and AMOS: professional statistical data analysis]. St. Petersburg, Piter Publ., 2013, 419 p.

13. Schumacker R. E., Lomax R. G. *A beginner's guide to structural equation modeling*. 3rd ed. New York, Routledge Taylor & Francis Group Publ., 2010, 536 p.

14. Cronbach L. J. Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika*, 1951, vol. 16, iss. 3, pp. 297–334.