

УДК 624.01

*И. Л. Опанасюк, С. В. Данилов*

## БЕТОННЫЕ РАБОТЫ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ КАЧЕСТВ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОЛОНН

UDC 624.01

*I. L. Apanasiuk, S. V. Danilov*

## CONCRETE WORK IN RESTORING THE PERFORMANCE OF REINFORCED-CONCRETE COLUMNS

### Аннотация

Выполнен анализ организационно-технологических решений подачи и укладки бетонной смеси при восстановлении эксплуатационных качеств железобетонных колонн.

### Ключевые слова:

железобетонные колонны, ремонтно-восстановительные работы, бетонная смесь, транспортирование и подача бетонной смеси, уплотнение и уход за бетоном.

### Abstract

The analysis of organizational and technological solutions of concrete mix feeding and placement is made in the course of restoring the performance of reinforced-concrete columns.

### Key words:

reinforced-concrete columns, repair and restoration works, transportation and feeding of concrete mix, concrete compaction and curing.

В настоящее время в Республике Беларусь, наряду с возрастанием объемов нового строительства, в большом объеме выполняют работы по реконструкции и модернизации зданий и сооружений. Как показывает практика технической и технологической эксплуатации, увеличение срока службы зданий и сооружений напрямую связано с восстановлением эксплуатационных качеств отдельных конструктивных элементов, особенно элементов первой степени ответственности, локальный отказ которых может привести к полному или ограниченному отказу системы элементов [1]. К таким конструктивным элементам относятся железобетонные колонны, так как они воспринимают и передают на фундаменты все постоянные и временные нагрузки, обеспечивают жесткость и устойчи-

вость каркасов гражданских и промышленных зданий.

Организационно-технологические и конструктивные решения по восстановлению эксплуатационных качеств железобетонных колонн зависят от характера повреждений и категории технического состояния. В соответствии с действующими нормами [2] техническое состояние строительных конструкций характеризуется пятью категориями технического состояния. Наиболее сложными и трудоемкими в исполнении являются технические решения по восстановлению эксплуатационных качеств железобетонных колонн, относящихся к IV категории технического состояния, которые характеризуются многочисленными значительными дефектами и физическим износом 41...60 %.

Для восстановления эксплуатаци-

онных качеств железобетонных колонн, относящихся к IV категорий технического состояния, существует значительный арсенал конструктивных решений, среди которых наибольшее распространение получили следующие: одностороннее и двухстороннее наращивание сечения; железобетонные обоймы и рубашки; стальные обоймы с обетонированием; предварительно-напряженные стальные распорки.

При восстановлении железобетонных колонн, относящихся к IV категории технического состояния, выполняются:

- подготовительные работы и процессы: установка и сдача в эксплуатацию подъемных механизмов, установка и подключение к существующей электросети сварочных трансформаторов; подведение воды и сжатого воздуха к рабочему месту; демонтаж трубопроводов и технологического оборудования, при необходимости отключение силовых кабелей; разгрузка усиливаемой колонны на 35...40 %; установка и закрепление средств подмащивания; подготовка поверхности усиливаемой конструкции (срубка слабопрочного бетона, очистка арматуры от коррозии и обеспыливание поверхности);

- основные работы и процессы: заготовка стальных элементов и арматуры усиления; монтаж стальных элементов и арматуры усиления; включение в совместную работу стальных элементов усиления и усиливаемой колонны; установка опалубки; подача, укладка и уплотнение бетонной смеси; распалубливание конструкции усиления;

- заключительные работы и процессы: уход за бетоном; приемка и сдача выполненных работ.

Бетонные работы, которые ведутся при восстановлении эксплуатационных качеств железобетонных колонн, являются одними из наиболее трудоемких и ответственных. От правильности подбора бетонной смеси и метода производства работ во многом зависит эффектив-

ность работы конструкции усиления железобетонной колонны.

Класс бетона при восстановлении эксплуатационных качеств железобетонных колонн рекомендуется принимать не ниже класса бетона усиливаемой колонны и не ниже класса бетона в соответствии с [3] в зависимости от условий эксплуатации и характеристики окружающей среды. Толщина наращиваний, рубашек и обойм определяется расчетом и принимается с учетом условий укладки и уплотнения бетонной смеси. Минимальная толщина составляет: при укладке бетона вибрированием (крупность заполнителя не более 20 мм) – 80 мм; при укладке бетона торкретированием – 50 мм. Подвижность бетонных смесей, уплотняемых вибрированием, рекомендуется назначать в зависимости от толщины обетонирования: при толщине до 120 мм осадка конуса принимается не менее 6...8 см; при толщине от 120 до 200 мм – от 3...6 см.

Технология производства бетонных работ при восстановлении железобетонных колонн состоит из приготовления, транспортировки, подачи, укладки и ухода за бетоном.

На действующих предприятиях цеха, в которых проводятся ремонтно-восстановительные работы, зачастую стесненные условия, и площадки, отведенные для приготовления бетонной смеси и складирования строительных материалов, строго ограничены. Необходимую бетонную смесь доставляют с бетонных заводов или приготавливают непосредственно на объекте.

Наибольшее применение для механизации приготовления бетонной смеси на объекте получили гравитационные смесители, представляющие собой установленный на опорах опрокидной двухконусный барабан с размещенными на его стенках лопастями. Важным параметром бетоносмесителя является объем приготовляемой за один цикл готовой бетонной смеси, который должен удовлетворять темпу производства бетонных работ. Для качественного

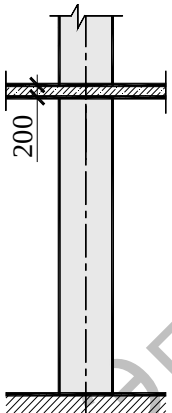
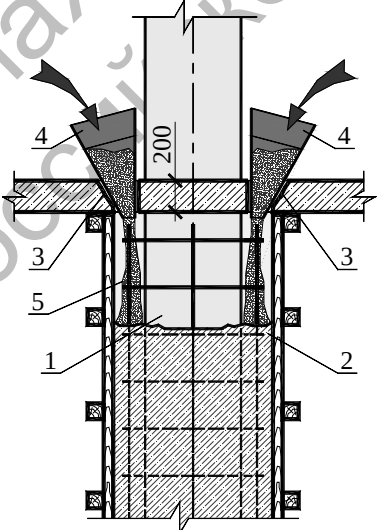
приготовления бетонных смесей необходимо соблюдать точное дозирование исходных составляющих. Способ подачи составляющих смеси к смесителю должен исключать распыл цемента, потери и отсеивание заполнителей.

Транспортирование и подачу бетонной смеси к месту укладки необходимо осуществлять методами, исключающими ее расслоение. Выбор средств механизации для подачи бетонной смеси необходимо производить с учетом объема, расщепленности и условий выполнения бетонных работ. Во всех обоснованных случаях следует применять высокомеханизированные методы подачи бетонной смеси, такие как малогабаритные погрузчики, подъемники, шнековые пи-

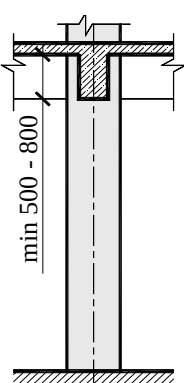
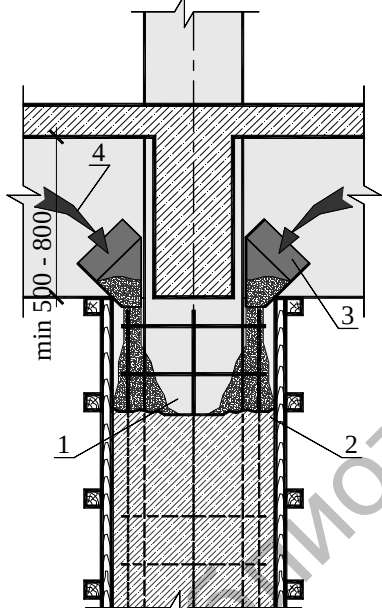
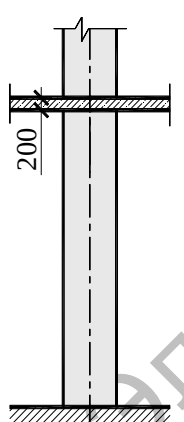
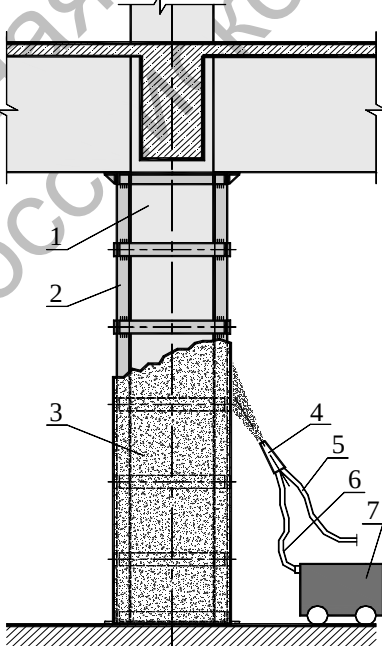
татели и автобетононасосы (при больших объемах бетонной смеси) [4].

При усилении и восстановлении железобетонных колонн самым ответственным и трудоемким процессом является бетонирование верхней части усиливаемой колонны под перекрытием и балками. Учитывая стесненность производства работ в таких местах, подачу бетонной смеси в основном производят вручную. В связи с этим подача и укладка бетонной смеси может производиться следующими способами (табл. 1): через технологические отверстия в перекрытии; через проемы в верхней части опалубки; торкретированием; напорным способом.

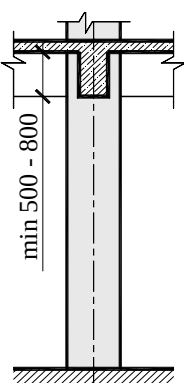
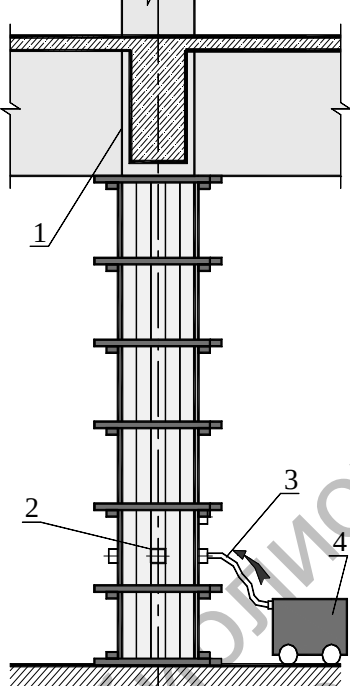
Табл. 1. Организационно-технологические решения подачи и укладки бетонной смеси

| Конструкция узла сопряжения колонны с перекрытием                                   | Способ подачи и укладки бетонной смеси                                                   | Схема подачи и укладки бетонной смеси                                                                                                                                                                                                                      | Примечание                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                                                                                   | 2                                                                                        | 3                                                                                                                                                                                                                                                          | 4                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|  | <p>1 Бетонирование конструкции усиления через технологические отверстия в перекрытии</p> |  <p>1 – усиливаемая колонна; 2 – железобетонная обойма усиления (обетонирование); 3 – технологические отверстия; 4 – распределительная воронка; 5 – бетонная смесь</p> | <p>Применяется при сопряжении усиливаемой колонны с плоским (безбалочным) перекрытием на завершающем этапе бетонирования оголовка колонны. Бетонная смесь подается через технологические отверстия в перекрытии и при помощи распределительной воронки укладывается в обойму усиления</p> |

Продолжение табл. 1

| 1                                                                                   | 2                                                                                 | 3                                                                                                                                                                                                                                            | 4                                                                                                                                                                                                                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | <p>2 Бетонирование конструкции усиления через проемы в верхней части опалубки</p> |  <p>1 – усиливаемая колонна; 2 – железобетонная обойма усиления (обетонирование); 3 – распределительная воронка; 4 – бетонная смесь</p>                    | <p>Применяется при сопряжении усиливаемой колонны с балочным перекрытием на завершающем этапе бетонирования оголовка колонны</p>                                                                                              |
|  | <p>3 Бетонирование конструкции усиления торкретированием</p>                      |  <p>1 – усиливаемая колонна; 2 – усиление стальной обоймой; 3 – торкрет-бетон; 4 – сопло; 5 – материальный шланг; 6 – шланг для воды; 7 – компрессор</p> | <p>Применяется при усилении и ремонте железобетонных конструкций, в том числе и колонн.<br/>Торкретирование обеспечивает более высокую плотность, водонепроницаемость, морозостойкость, адгезию к ранее уложенным бетонам</p> |

Окончание табл. 1

| 1                                                                                 | 2                                                             | 3                                                                                                                                                                                                | 4                                                                                          |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <p>4 Бетонирование конструкции усиления напорным способом</p> |  <p>1 – усиливаемая колонна; 2 – технологическое окно в опалубке; 3 – патрубок бетоновода; 4 – бетононасос</p> | <p>Применяется при усилении и ремонте железобетонных конструкций, в том числе и колонн</p> |

Бетонирование конструкций усиления железобетонных колонн через технологические отверстия в перекрытии целесообразно выполнять при безбалочном сопряжении усиливаемых колонн с перекрытием (см. табл. 1, п. 1).

Бетонирование конструкций усиления железобетонных колонн через проемы в верхней части опалубки рекомендуется применять при сопряжении усиливаемых колонн с балочным перекрытием или покрытием на завершающих этапах бетонирования (см. табл. 1, п. 2).

В некоторых случаях восстановления и усиления железобетонных колонн эффективным методом подачи и укладки бетона является торкретирование (см. табл. 1, п. 3). Различают сухой и мокрый способы торкретирования [5].

Мокрый торкрет-бетон обеспечивает более благоприятные санитарные условия для рабочих и является пред-

почтительным при ремонтно-восстановительных работах внутри цеха. Мокрый способ торкретирования основан на подаче готовой смеси питателями. В сопло для разгона смеси подводят сжатый воздух. Толщина слоя мокрого торкрет-бетона, наносимого на вертикальную поверхность колонны, составляет 15...18 мм и наносится снизу вверх. Сопло установки находится обычно на расстоянии 0,8 м от старого бетона колонны. Оно располагается под прямым углом к поверхности нанесения, но при наличии арматуры допускается наклон сопла под углом на  $5...7^\circ$  от нормали.

Для лучшего сцепления «старого» и «нового» бетона при торкретировании поверхность усиливаемой колонны необходимо обработать сухим песком с помощью пескоструйного аппарата [5].

Торкретирование необходимо производить с соблюдением следующих тре-

бований [5]:

- для обеспечения оптимальных условий работы максимальная крупность заполнителя должна быть не более 5 мм для торкретбетона и 15 мм для бетона, наносимого набрызгом;

- до начала работ следует производить пробные набрызги, позволяющие отрегулировать давление воды и воздуха;

- сопло цемент-пушки должно устанавливаться на 0,7...1,0 м от обрабатываемой поверхности, а сопло бетоншприца машины – на расстоянии 1,0...1,2 м;

- в процессе нанесения торкретного слоя сопло следует непрерывно перемещать, толщину наносимого слоя контролировать по маякам;

- при нанесении нескольких слоев каждый следующий необходимо наносить с интервалом, который не должен превышать времени схватывания цемента, чтобы обеспечить хорошее сцепление между слоями;

- поверхность бетона в процессе укладки должна иметь равномерный жирный блеск и не иметь сухих пятен;

- после окончания торкретирования последний слой должен быть выровнен.

При бетонировании конструкции усиления колонны в стесненных условиях реконструируемых объектов может быть рекомендован напорный метод подачи смеси (см. табл. 1, п. 4). Суть метода заключается в непрерывном нагнетании бетонной смеси. Гидродинамическое давление обеспечивается пригрузочным слоем смеси в опалубке, высота которого зависит от консистенции, состава смеси, характера армирования и поперечного сечения конструкции усиления. Для укладки используют бетонные смеси с осадкой конуса 20...25 см при расходе цемента 400...500 кг/м<sup>3</sup>. Целесообразно использование суперпластификаторов, которые являются и замедлителями схватывания [5].

Достоинства напорного метода – высокая степень механизации труда, исключение вибрационного воздействия на укладываемый бетон, гарантированное качество бетона. Применение напорного метода снижает трудоемкость бетонирования (примерно на одну треть), ускоряет рабочий процесс и уменьшает энергозатраты.

Уплотнение бетонной смеси является самой важной операцией при бетонировании: от качества его выполнения зависит прочность и долговечность бетона, а следовательно, и эффективность конструкции усиления. Основной и наиболее распространенный способ уплотнения бетонной смеси – вибрирование. При вибрировании бетон уплотняется гораздо лучше, чем при ручном уплотнении штыкованием.

Вибрационный способ уплотнения наиболее эффективен при умеренно пластичных бетонных смесях с подвижностью 6...8 см. При применении более подвижных смесей (с осадкой конуса более 10 см) и литых смесей, чтобы избежать расслоения бетона, рекомендуется выполнять уплотнение штыкованием вручную. При применении литых бетонных смесей подвижностью до 22 см следует использовать кратковременную вибрацию (от 2 до 4 с) для удаления заземленного воздуха и полного заполнения смесью бетонируемой конструкции. При подвижности бетонной смеси свыше 22 см допускается безвибрационный метод укладки.

Бетонную смесь конструкции усиления железобетонных колонн вибрируют внутренними (глубинными) и наружными вибраторами [6]. Наиболее удобны для работы в стесненных условиях глубинные вибраторы с гибким валом, которые состоят из рабочего наконечника с эксцентриком, электродвигателя и гибкого вала. В бетонную смесь погружают только рабочий наконечник. Применяя такой вибратор, ра-

бочий большей частью переставляет лишь легкий наконечник; тяжелый электродвигатель переносится значительно реже. Внутренние (глубинные) вибраторы наиболее производительны, дают наилучшее уплотнение бетонной смеси. Наружные вибраторы прикрепляют при помощи имеющихся у них тисков к опалубке и сотрясанием последней передают колебания бетону. Шаг перестановки поверхностных вибраторов должен обеспечивать перекрытие площадкой вибратора границы уже провибрированной зоны на величину от 10 до 20 см. Ввиду трудоемкости перестановки и неравномерности уплотнения бетонной смеси наружные вибраторы в настоящее время при усилении колонн применяют крайне редко.

При укладке бетонную смесь необходимо тщательно уплотнять и распределять вокруг арматуры, а также по углам опалубки до образования сплошной массы без пустот, прежде всего в защитном слое бетона. Продолжительность виброуплотнения устанавливается в зависимости от формы и размеров конструкции, степени армирования и характеристик бетонной смеси. В процессе укладки следует принять соответствующие меры для исключения расслоения бетонной смеси при свободном падении с определенной высоты.

Выбор толщины укладываемого слоя бетонной смеси должен осуществляться с учетом характеристик применяемых вибраторов. Ручные глубинные вибраторы типа «вибробулавы» могут погружаться в бетонную смесь при ее уплотнении на глубину, равную 1,25 длины рабочей части вибратора. Толщина укладываемых слоев не должна превышать 50 см. В случае применения поверхностных вибраторов толщина уплотняемого слоя не должна превышать 25 см в неармированных конструкциях или в конструкциях с одиночной арматурой и 12 см в конструкциях с двойной арматурой [7].

После вынужденной приостановки бетонные работы могут быть возобновлены по достижении ранее уложенным бетоном прочности не менее 2,5 МПа. При этом должны быть выполнены все работы, предусмотренные при подготовке оснований к бетонированию. При многоярусном бетонировании не допускается опирать работающие вибраторы на арматуру и другие закладные части, выступающие из бетона, не набравшего критической прочности.

Для того чтобы уложенный бетон приобрел требуемую прочность в назначенный срок, за ним необходим правильный уход. В противном случае возможно получение низкокачественного, а иногда и непригодного бетона, что вызовет разрушение конструкции усиления колонны, несмотря на хорошие материалы, правильный подбор состава бетона и тщательное бетонирование.

Уход за твердеющим бетоном должен быть организован сразу же после окончания его укладки в конструкцию усиления путем увлажнения и укрытия для поддержания нормальных температурно-влажностных условий твердения. Бетоны на основе расширяющихся цементов до приобретения прочности 10...15 МПа следует укрывать от потери влаги, а после этого (как правило, одновременно со снятием опалубки) увлажнять в течение 7 сут при нормальном твердении. При невозможности увлажнения его поверхность должна быть защищена пленкообразующими материалами. В летнее время уход за бетоном должен вестись непрерывно в течение 7 сут [4]. Поверхность бетона, уложенного в конструкции усиления торкретированием или набрызгом, необходимо покрыть пленкообразующими материалами, препятствующими испарению воды из бетона, или увлажнить. Твердеющий бетон следует предохранять от ударов и сотрясений.

Особенно важен уход за бетоном в

течение первых дней после укладки. Чрезмерная жара, холод, удары и сотрясения тем опаснее для бетона, чем меньше его возраст. Следует помнить, что недостатки ухода в первые дни практически нельзя возместить тщательным уходом в последующем.

Для интенсификации твердения бетона с целью загрузки усиливаемой конструкции в более короткие сроки целесообразно предусматривать тепло-влажностную обработку. Наиболее просто и целесообразно в условиях действующих предприятий осуществлять тепло-влажностную обработку конструкций усиления под брезентом или с использованием паровых рубашек. Для обеспечения равномерности прогрева пар следует подавать через 3...4 м по высоте усиливаемой колонны. Дополнительно должны быть предусмотрены мероприятия для отвода конденсата [7]. Распалубливание усиливаемых конструкций колонн по окончании тепло-

влажностной обработки должно производиться на основании результатов испытаний контрольных кубов, пропариваемых совместно с усиливаемыми колоннами.

### Заключение

Выполненный анализ бетонных работ при восстановлении эксплуатационных качеств железобетонных колонн показал, что во всех обоснованных случаях следует применять высокомеханизированные методы подачи и укладки бетонной смеси, такие как малогабаритные погрузчики, подъемники, шнековые питатели, бетононасосы и автобетононасосы (при больших объемах бетонной смеси).

Рекомендации по производству бетонных работ при восстановлении железобетонных колонн были реализованы при выполнении реконструкции подготовительного отделения завода АЦИ ПРУП «Кричевцементношифер».

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **ТКП 45-1.04-14-2005 (02250).** Техническая эксплуатация жилых и общественных зданий и сооружений. Порядок проведения / МАиС РБ. – Минск, 2006. – 44 с.
2. **ТКП 45-1.04-208-2010 (02250).** Здания и сооружения. Техническое состояние и обслуживание строительных конструкций и инженерных систем, оценка их пригодности к эксплуатации / МАиС РБ. – Минск, 2011. – 27 с.
3. **СНБ 5.03.01-02.** Бетонные и железобетонные конструкции (с изменениями) / МАиС РБ. – Минск, 2003. – 144 с.
4. **П2-2000 к СнИП 3.03.01-87.** Производство бетонных работ на строительной площадке / МАиС РБ. – Минск, 2001. – 54 с.
5. **Совалов, И. Г.** Бетонные и железобетонные работы / И. Г. Совалов, Я. Г. Могилевский, В. И. Остроогольский ; под ред. И. Г. Совалова. – М. : Стройиздат, 1988. – 336 с.
6. **Стаценко, А. С.** Технология бетонных работ : учеб. пособие / А. С. Стаценко. – Минск : Выш. шк., 2005. – 207 с.
7. **ТКП 45-5.03-131-2009 (02250).** Монолитные бетонные и железобетонные конструкции. Правила возведения / МАиС РБ. – Минск, 2009. – 23 с.

*Статья сдана в редакцию 22 июня 2012 года*

**Иван Лукьянович Опанасюк**, канд. техн. наук, доц., Белорусско-Российский университет. Тел.: 8-029-542-96-82.

**Сергей Васильевич Данилов**, ст. преподаватель, Белорусско-Российский университет. Тел.: 8-029-745-95-97.

**Ivan Lukyanovich Apanasiuk**, PhD, Associate Professor, Belarusian-Russian University. Tel.: +375-295-42-96-82.

**Sergey Vasilyevich Danilov**, senior lecturer, Belarusian-Russian University. Tel.: +375-297-45-95-97