

Развитие системы контроля за ходом строительно-монтажных работ на основе комплексного применения программных продуктов Primavera P6 Professional R8.3.2 и ArchiCAD 17.0.0

Докт. экон. наук, проф. В. П. Грахов¹⁾, канд. пед. наук, доц. Ю. Г. Кислякова¹⁾,
У. Ф. Симакова¹⁾, Д. А. Мушаков¹⁾

¹⁾Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова (Ижевск, Российская Федерация)

© Белорусский национальный технический университет, 2017
Belarusian National Technical University, 2017

Реферат. Рассмотрены вопросы применения и развития информационных технологий при управлении проектами в строительстве. На качество и эффективность успешной реализации строительного проекта оказывает влияние организационное и технологическое обеспечение работ на протяжении всего его жизненного цикла. Для достижения цели проекта необходимо четко организовать и спланировать работы, распределить роли и ответственность участников проекта, регламентировать состав и содержание проектной документации. При анализе технико-экономических показателей деятельности строительных организаций, а также систем управления, действующих в этих организациях, сделан вывод, что рыночный опыт функционирования систем оперативного управления не нашел достаточного применения в практике отечественных строительных организаций. Таким образом, внедрение в практику интегрированных систем управления качеством, издержками, временными параметрами строительства объектов, их ресурсным обеспечением будет способствовать улучшению экономического положения строительных организаций. Решение видится в применении новейших информационных технологий, максимальном внедрении компьютерных систем и программ в сферу производства, создании прикладных программных продуктов. Показана необходимость в разработке модели программного обеспечения, предоставляющего возможность комплексного применения инструментов информационных технологий в целях осуществления контроля над ходом строительно-монтажных работ, в систематизировании применения информационных технологий, позволяющих контролировать основные параметры строительно-монтажных работ, усовершенствовании системы обеспечения фактической информацией в процессе реализации проекта. Дан пример комплексного применения программных продуктов Primavera P6 Professional R8.3.2 и ArchiCAD 17.0.0.

Ключевые слова: информационные технологии, система контроля, строительно-монтажные работы, модель программного обеспечения, интегрированные системы управления, прикладные программы, информация

Для цитирования: Развитие системы контроля за ходом строительно-монтажных работ на основе комплексного применения программных продуктов Primavera P6 Professional R8.3.2 и ArchiCAD 17.0.0 / В. П. Грахов [и др.] // *Наука и техника*. 2017. Т. 16, № 6. С. 466–474. DOI: 10.21122/2227-1031-2017-16-6-466-474

Development of Control System for Progress of Construction and Installation Works Based on Integrated Application of Primavera P6 Professional R8.3.2 and ArchiCAD 17.0.0 Software Products

V. P. Grakhov¹⁾, Yu. G. Kislyakova¹⁾, U. F. Simakova¹⁾, D. A. Mushakov¹⁾

¹⁾Kalashnikov Izhevsk State Technical University (Izhevsk, Russian Federation)

Abstract. The paper considers application and development of information technologies while carrying out project management in construction. Organizational and technological support of works throughout its life cycle exerts an influence

Адрес для переписки

Грахов Валерий Павлович
Ижевский государственный технический университет
имени М. Т. Калашникова
ул. Студенческая, д. 7,
426069, г. Ижевск, Российская Федерация
Тел.: +7 3412 58-53-58
rector@istu.ru

Address for correspondence

Grakhov Valerii P.
Kalashnikov Izhevsk State
Technical University
7 Studencheskaya str.,
426069, Izhevsk, Russian Federation
Tel.: +7 3412 58-53-58
rector@istu.ru

on quality and efficiency of successful implementation of the construction project. In order to achieve the project goal it is necessary perfectly to organize and plan works, distribute roles and responsibilities of the project participants, regulate composition and content of the project documentation. While analyzing technical and economic indices of construction organization activity and management systems operating in these organizations, conclusion has been made that market experience in functioning of operational management systems has not been adequately applied in practice of domestic construction organizations. Thus, introduction of integrated management systems for quality, costs, time parameters pertaining to project construction, their resource support will contribute to improvement of economic situation of construction organizations. The solution consists in application of up-to-date information technologies, maximum implementation of computer systems and programs in the sphere of production, creation of application software. It has been shown that it is necessary to develop a software model that provides a possibility comprehensively to apply information technology tools for monitoring progress of construction and installation works, systematization of information technology application that allow to control key parameters of construction and installation works, improvement of system for providing actual information in project implementation process. An example of complex application of software products Primavera P6 Professional R8.3.2 and ArchiCAD 17.0.0 is given in the paper.

Keywords: information technologies, control system, construction and installation works, software model, integrated control systems, application programs, information

For citation: Grakhov V. P., Kislyakova Yu. G., Simakova U. F., Mushakov D. A. (2017) Development of Control System for Progress of Construction and Installation Works Based on Integrated Application of Primavera P6 Professional R8.3.2 and ArchiCAD 17.0.0 Software Products // *Science and Technique*. 16 (6), 466–474. DOI: 10.21122/2227-1031-2017-16-6-466-474

Введение

Один из основных факторов влияния научно-технического прогресса на все сферы деятельности человека – широкое использование новых информационных технологий. Среди наиболее важных и массовых сфер, в которых информационные технологии играют решающую роль, особое место занимает сфера управления. Под влиянием новых информационных технологий происходят коренные изменения в методах управления (автоматизируются процессы обоснования и принятия решений, организация их выполнения), повышаются квалификация и профессионализм специалистов, занятых управленческой деятельностью.

Сфера применения новых информационных технологий весьма обширна и включает различные аспекты – от обеспечения простейших функций служебной переписки до системного анализа и поддержки сложных задач принятия решений.

Учитывая все возрастающую конкуренцию, для успешной организации строительства необходимо максимально автоматизировать с использованием информационных технологий [1] проектные, расчетные, организационные и управленческие работы, сэкономив время и затраты человеческого труда.

Информационные технологии в строительстве начинали применять для решения расчетных задач. В настоящее время – это самые сложные системы управления комплексными проектами, начиная с проектирования зданий, сооружений, инженерных коммуникаций и заканчивая автоматизированными средствами контроля объектов государственного надзора.

Цель работы – разработка модели программного обеспечения, предоставляющего возможность комплексного применения инструментов информационных технологий в целях контроля за ходом строительно-монтажных работ (СМР), обоснование возможности, значения, эффективности, экономической целесообразности данной модели в условиях возрастающей автоматизации строительных процессов.

Анализируя технико-экономические показатели деятельности строительных организаций, системы управления, действующие в этих организациях, можно сделать вывод, что рыночный опыт функционирования систем оперативного управления не нашел достаточного применения в практике отечественных строительных организаций.

В России известна группа компаний, применяющих информационные технологии: «Атриум», «СОДИС Лаб», UNK Project, «Эталон», «ВЕРФАУ Медикал Инжиниринг» (WERFAU Medical Engineering), АО «Градостроительное проектирование». Ожидается, что их число будет расти [2]. Согласно заявлению главы Министерства строительства РФ Михаила Меня, сделанному 14 сентября 2016 г., в 2019-м применение подобных технологий при проектировании объектов, которые финансируются за счет средств государственного бюджета, может стать обязательным.

Таким образом, внедрение в практику интегрированных систем управления качеством, издержками, временными параметрами строительства объектов, их ресурсным обеспечением будет способствовать улучшению экономического положения строительных организаций.

Решение видится в создании и внедрении новейших информационных технологий, прикладных программных обеспечений в сферу производства [3, 4].

Совершенствование системы обеспечения фактической информацией в процессе реализации проекта

Первостепенной задачей является создание программных продуктов, способных «безболезненно» интегрироваться в уже испытанный и налаженный рабочий процесс.

Выявлены следующие проблемы, возникающие в ходе внедрения информационных технологий в управление строительством: уверенность руководителей, что планирование в строительстве невозможно; неудачные примеры использования западных разработок, а также безуспешное применение бухгалтерских программ для управления строительством; сложность адаптации к проектным методологиям различных информационных систем; ориентация на западный опыт управления проектами, западную модель ведения бизнеса.

Объекты капитального строительства имеют чрезвычайно сложную структуру. Передача их описания в 2D-форматах или с помощью простого текста зачастую вызывает серьезное недопонимание и нарушение взаимодействия служб и организаций, участвующих в возведении объектов. Несмотря на это, в большинстве компаний трехмерные данные практически не используются на протяжении жизненного цикла объектов, за исключением проектирования. Кроме того, планирование процессов строительства зачастую выполняется не оптимально. Например, анализ показывает, что только 33 % своего времени рабочий тратит непосредственно на процесс строительства, 35 % – на перемещения, подготовку инструмента и материалов, перевозку чего-либо, а еще 32 % – это ожидание и простой. Эти цифры относятся к процессу строительства, но ситуация в инжиниринговых компаниях такая же из-за неправильного планирования наличия необходимых для выполнения процесса материалов, информации, инструментов. Решать все эти проблемы с помощью традиционных бумажных методов, 2D-данных и обычных средств документооборота и управления транзакциями, которые все еще преобладают на рынке, в сегодняшних условиях абсолютно неэффективно. В управлении проектами капитального строительства

должен применяться комплексный подход, включающий управление процессами проектирования и конструирования, планирование процессов строительства, взаимодействие с субподрядчиками, владельцами и эксплуатирующими организациями, управление активами. Сделать это возможно только при наличии принципиально новой платформы для управления жизненным циклом проектов капитального строительства. При традиционном методе выполнения проектов существующее положение вещей таково: чтобы выделить единицу информации, необходимо получить доступ к множеству информационных систем, разработанных для независимых друг от друга целей; информация устаревшая и нецелостная; отчеты выполняются вручную, не в реальном времени; 3D существует только для проектирования, все взаимодействие осуществляется в формате 2D или путем передачи текстовой информации [5].

Учитывая, что в процессе СМР возникают различные неточности во временных оценках работ, в их технологической взаимосвязи и другие, передаваемую информацию, в зависимости от ее влияния на реализацию проекта, следует классифицировать по признакам, которые требуют:

- пересмотра сети, когда при составлении графика некоторые работы были непонятны в деталях из-за несвоевременного получения рабочей технической документации, и по ходу строительства возникла необходимость их уточнения. В этих случаях могут появиться новые работы и события, т. е. изменится топология на отдельных участках запроектированной сети;

- пересмотра временных оценок в связи с возникновением непредвиденных обстоятельств (поломка строительных машин, незапланированный рост производительности труда и др.);

- изменения сроков поставки фондируемых материалов, строительных конструкций, оборудования. Тогда необходима быстрая оценка влияния возникших нарушений запланированного ритма на ход строительства;

- полного или частичного завершения тех или иных работ [6].

Очередная информация от ответственных исполнителей по различным каналам связи в определенной последовательности поступает в информационную систему для обработки: сначала сообщаются данные по всем выполненным работам, затем о новых работах и событиях и, наконец, о новых временных оценках и возникновении новых работ.

Результаты обработки модели проекта строительства информационной системой передаются на стройку не позднее чем на следующий день после получения информации, при этом используются те же каналы связи, по которым была передана информация со стройки. Информация по тем работам, которые попали на критический и близкий к нему путь и ускорение которых зависит не от руководства строительством, а от строительного управления в данном районе, министерства, заводов-поставщиков и других, передается непосредственно этим организациям и предприятиям.

После обработки модели на стройку поступает следующая информация:

- новые критические пути, а также близкие к ним, т. е. все те, которые выходят за границы установленного срока ввода объекта в эксплуатацию или совпадают с ним;
- сдвиги в сроках завершения конечного события по всем критическим и близким к нему путям;
- резервы времени по работам, находящимся на некритических путях;
- данные об использовании по отдельным работам минимальной продолжительности строительства взамен нормальной, если это имело место.

После получения ответной информации в управлении в течение одного дня разрабатываются мероприятия сокращения длительности работ, попавших на критический и близкий к нему пути. В каждом отдельном случае конкретно решаются вопросы переброски тех или иных машин и механизмов, частичного изменения технологии строительства. При этом в первую очередь следует использовать ресурсы по работам, имеющим значительный резерв времени. В необходимых случаях руководство стройки должно связаться с заводами-поставщиками, проектными институтами и другими организациями для ускорения решения вопросов, связанных со сроками выполнения работ по графику. Разработанные мероприятия должны быть конкретными, реальными и обеспечивать завершение строительства в установленный срок. В отдельных случаях, когда нет твердой уверенности, что разработанные мероприятия обеспечивают завершение строительства в принятый графиком срок, следует провести дополнительный контрольный расчет информационной модели объекта строительства с учетом принятых решений.

После разработки мероприятий по сокращению критического пути начальник или главный инженер строительства должен провести оперативное совещание, куда в обязательном порядке приглашаются руководители всех организаций, работа которых попала на критический путь. На этом совещании руководитель проекта кратко докладывает о результатах обработки информационной модели и разработанных совместно с ответственными исполнителями мероприятий. Принимаемые на этих совещаниях решения по ускорению работ, попавших на критический путь, должны оформляться протоколами. Такие решения являются окончательной программой действия на предстоящий период для всех организаций, занятых на стройке [7, 8].

Все организации, принимающие участие в выполнении работ, попавших на критический путь, в конце каждой смены должны докладывать руководителю проекта о ходе работ и принятых мерах для преодоления отставания, если они имели место. Компании, не имеющие отставания и претензий к смежникам, от таких докладов освобождаются. Для организации четкой системы управления при руководителе проектов должна быть создана группа специалистов в составе двух-трех человек, прошедших специальную подготовку по планированию и управлению строительством с помощью информационных технологий BIM (информационное моделирование здания или информационная модель здания), АСУП (автоматизированная система управления предприятием) [9]. Эти работники должны заблаговременно изучить не только конкретные условия производства строительной площадки, но и технологию возводимого объекта с тем, чтобы правильно определить очередность строительно-монтажных работ в зависимости от последовательности ввода в эксплуатацию отдельных частей объекта. Такие специалисты в своей практической деятельности обязаны:

- принимать от ответственных исполнителей информацию о ходе работ и передавать ее по соответствующей форме для обработки;
- разрабатывать совместно с ответственными исполнителями строительных организаций мероприятия по сокращению длительности критических путей;
- докладывать на оперативных совещаниях о разработанных мероприятиях по сокращению длительности критических путей [10].

Как уже отмечалось, на ход строительства большое влияние оказывают обеспечение строительного-монтажных работ технической документацией, поставляемыми материалами, всеми видами оборудования, те работы и события, которые в ряде случаев зависят от организаций, не подчиненных руководству стройкой. Такие работы принято называть внешними, а свершение их – внешними событиями.

В правильно разработанных информационных моделях необходимо выделять все внешние работы и события, сгруппированные по признакам воздействия на ход выполнения их различными уровнями руководства строительством. Нужно заранее установить перечень частей информационной модели, отвечающий различным уровням руководства. Так, руководству управления по строительству не следует передавать информацию о ходе выполнения отдельных частей зданий и сооружений, осуществление которых зависит от прораба, начальника участка. В соответствующие отделы управления передается только та информация, в которой затрагиваются вопросы, входящие в круг их деятельности. Например, передаются сведения о внутриорганизационных поставках строительных конструкций и деталей, поставках оборудования, зависящих от заказчиков, о передаче на стройку технической документации, о необходимости переброски на стройку дополнительной рабочей силы, об усилении работ субподрядных организаций и т. д., а также данные о выполнении сроков строительства по структурным элементам или этапам [11, 12].

Для ускорения воздействия руководства вышестоящих организаций на ход строительства очередная информация о тех или иных отклонениях от графика должна поступать в органы управления сразу же после обработки информационной модели.

Для построения эффективной системы осуществления контроля над реализацией строительного проекта необходимо соблюсти следующие требования:

- планы должны быть содержательными, четко структурированными и фиксированными;
- любое изменение первоначального и следующего за ним плана должно сопровождаться фиксированием внесенных поправок;
- система отчета за выполненные работы или финансирование расчетов должна быть ясной и понятной исполнителям, отражающей состояние проекта относительно исходных планов;

- следует заранее определить периодичность представления всех отчетов;

- необходимо предусмотреть эффективную систему реагирования, позволяющую преодолевать отклонения от запланированного хода работ, в том числе путем пересмотра плана.

В результате использования указанной системы контроля и управления:

- отслеживается фактическое состояние проекта на каждой стадии и в каждый момент, за который производится анализ его реализации;

- выявляются отклонения от запланированного хода выполнения проекта;

- вырабатываются корректирующие воздействия, направленные на устранение отклонений [13].

Разработка модели программного обеспечения, предоставляющего возможность комплексного применения информационных технологий в строительстве

На сегодняшний день в строительстве все больше появляется специализированных информационных программ. Это множество систем автоматизированного проектирования и черчения, сметные расчетные комплексы. В совокупности данные информационные технологии направлены на сокращение сроков проектирования, автоматизацию трудоемких этапов по разработке и выходу проектно-сметной документации. Проектная документация дает полную информацию об объемах работ, о стоимости, ресурсах, необходимых для предвещения ее в жизнь. Но строительным компаниям для успешной реализации проекта нужно провести целый комплекс мероприятий, в состав которых входят планирование, организация и управление строительными процессами.

Планирование включает в себя разработку календарных планов строительства, графиков потребности в ресурсах, календарных графиков, которые необходимы для обеспечения непрерывности строительного-монтажных процессов и равномерности потребления материальных, трудовых ресурсов в условиях четко определенных сроков и качества.

Особо важно уметь планировать в современных условиях, когда весьма высока степень неопределенности будущего. Поведение конкурентов зачастую непредсказуемо. Поэтому при экспертизе инвестиционного проекта в силу

несовершенства рыночных взаимоотношений точно оценить исход планового решения не представляется возможным [14].

Сталкиваясь с неопределенностью и заказчик, и управляющий проектом объективно подвергаются риску наступления какого-либо неблагоприятного события, влекущего за собой различного рода потери. Хотя для каждого участника инвестиционного проекта проявление риска индивидуально.

Учитывая опыт проведения реального прогнозного анализа инвестиционных проектов, можно прийти к выводу, что всесторонний учет разных видов неопределенности необходим как при оценке инвестиционных проектов, так и их планировании, а также при управлении реализацией проекта. Учет неопределенности информации и его эффективность напрямую зависят от выбора математического аппарата. Этап обоснования при управлении инвестициями и выбор такого математического аппарата, который будет обеспечивать приемлемую формализацию неопределенности и адекватное решение задач, весьма важны [14].

Как правило, большинство выбранных методов формализуют неопределенность только в качестве распределений вероятностей, построенных на основе субъективных оценок. В данных методах неопределенность, независимо от ее природы, отождествляется со случайностью, поэтому они не позволяют учесть все виды неопределенности, воздействующие на инвестиционные проекты. Использование вероятностного подхода в инвестиционном анализе затрудняется причинами, связанными с отсутствием статистической информации или недостаточностью выборки по некоторым параметрам инвестиционного проекта, что обусловлено уникальностью каждого инвестиционного проекта. Кроме того, точность оценки вероятностей (объективных и субъективных) зависит от множества факторов. Например, от достоверности статистической информации, качества экспертных оценок зависит и качество итоговой оценки эффективности и риска инвестиционного проекта. Отсюда возникает недоверие к получаемым на их основе прогнозам и решениям [15].

В связи с этим в строительной отрасли появилась необходимость в программных комплексах по планированию и управлению проектами. Они требуются для выбора оптимального способа реализации проекта с максимально эффективным использованием ресурсов.

В ходе планирования необходимо четко обозначить основные этапы строительно-монтажных работ, сроки их реализации. Каждый этап разбивается на отдельные виды работ, с отображением технологической последовательности их выполнения (сетевые графики, календарные планы). Немаловажно также учесть такие аспекты, как доставка, хранение материалов, вывоз строительного мусора и бытовых отходов. В силу большой стесненности задействовать достаточное количество техники невозможно. Ограниченность в площади, предполагаемой под складирование материалов, приводит к использованию их небольшого количества (из расчета потребности на один день) с возможным вывозом отходов в конце смены.

Из совокупности обозначенных особенностей следует вывод о необходимости комплексного, системного подхода к решению таких задач. Именно для этого и нужен информационный, программный продукт, который сможет решать не только задачи по определению состава, объема и сроков строительно-монтажных работ, но и сочетать их с материально-техническим обеспечением необходимыми материалами в данное время в конкретном месте [12].

Информационная система планирования представляет собой организационно-технологический комплекс методических, технических, программных и информационных средств, направленных на повышение эффективности процессов планирования, в основе которого лежит комплекс специализированного программного обеспечения [16].

Одна из главных задач планирования – разработка календарного графика. Он закладывает основы четкой, ритмичной, согласованной работы всех участников процесса реконструкции здания, учет обеспечения запланированных работ всеми трудовыми и материально-техническими ресурсами. Графики движения рабочих кадров и основных строительных машин по объекту, входящие в проект производства работ, рассчитываются в программном модуле календарного планирования. Аналогично графики поступления на объект строительных конструкций, изделий, материалов и оборудования – совместный результат работы модулей календарного планирования и материально-технического обеспечения строительства [17].

Внедрение информационной системы планирования может кардинально повысить эффективность реализации проекта. Основными ее преимуществами являются:

- автоматизация вычислительных процессов;
- развитие вариации планирования;
- определение и анализ равномерности финансирования проекта;
- централизованное хранение информации;
- возможность автоматизированной генерации отчетов.

Характерная особенность информационных систем планирования в строительстве – это то, что расчеты проводятся по сравнительно несложным алгоритмам, но получение результата является довольно трудоемким в связи с большим объемом обрабатываемой информации. Для этого и следует прибегать к использованию информационных систем планирования. В них содержится необходимый объем информации для проведения работ по планированию, установлены алгоритмы основных расчетов и наглядно представлены выходные данные в виде отчетов, текстовых и графических форм. Так, сокращение сроков планирования происходит за счет экономии времени на поиск требуемой информации и на вычислительных операциях [18, 19].

Принятие безошибочных решений в ходе анализа фактической информации основывается на полном представлении объекта строительства и достоверной информации. Для решения задач возможно комплексное применение программ Primavera P6 Professional R8.3.2 и ArchiCAD 17.0.0 (далее по тексту – программы), предоставляющих возможность актуализации графика производства работ (далее по тексту – график) и проектирования объемной модели объекта строительства соответственно. Взаимное использование функций программ достигается за счет «прикрепления» физических объемов работ (конструкций объекта) к плановым задачам (директивным срокам), установленным в графике производства работ [20].

Первоначально разрабатывается график производства работ в Primavera P6 Professional R8.3.2 (далее по тексту – Primavera). Для целей контроля проекта различными участниками (инвестором, заказчиком, генеральным подрядчиком и субподрядчиком) разрабатывается многоуровневый график, состоящий из графика:

- I уровня – графика директивных вех (графика инвестора), предназначенного для осуществления контроля за основными директивными вехами проекта;
- II уровня – графика заказчика для контроля директивных сроков;
- III уровня – комплексного графика выполнения работ (графика генподрядчика) для планирования и контроля работ подрядчиков и соблюдения директивных сроков проекта;
- IV уровня – локального графика по виду работ (графика субподрядчика) для контроля за выполнением объемов, соблюдением сроков.

Разработка многоуровневого графика начинается с графика IV уровня. На этом этапе устанавливаются сроки и объемы работ, сведения о численности и квалификации трудовых ресурсов, количестве техники и автотранспорта. В графике III уровня отображаются кумулятивные работы, которые объединяют работы IV уровня в группы. В графике II уровня отображаются подобъекты. График I уровня фиксирует даты начала и окончания работ на подобъектах.

В Primavera разрабатывается многоуровневый график, в ArchiCAD 17.0.0 проектируется модель объекта строительства. Дальнейшим этапом следует актуализация графиков – внесение фактической информации на отчетную дату.

На окончательном этапе отображаем визуальное выполнение строительно-монтажных работ (%). Для этого в ArchiCAD включаем слои в соответствии с:

- актуализированной информацией графиков производства работ;
- плановыми задачами.

Отчеты для графиков выводятся в соответствии с их детализацией (рис. 1, 2, табл. 1).

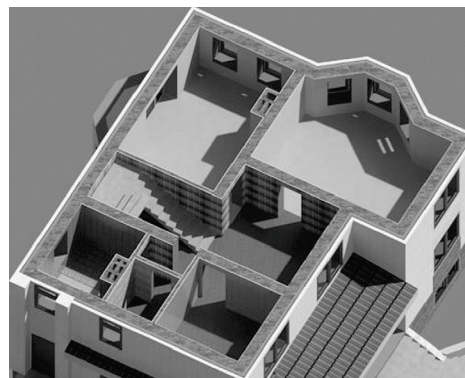


Рис. 1. Фактическое выполнение по графику IV уровня
Fig. 1. Actual execution according to diagram of IV level

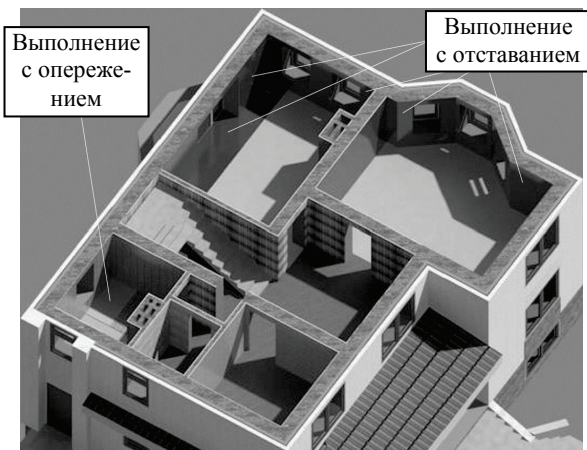


Рис. 2. Плановое выполнение по графику IV уровня
Fig. 2. Scheduled execution according to diagram of IV level

Таблица 1

Освоение физических объемов строительного объекта
Implementation of physical volumes for construction project

Наименование	Оклеивание поверхностей обоями		Устройство покрытий			
			из паркетных досок		из керамических плиток	
	План	Факт	План	Факт	План	Факт
Физический объем	197	99	86	39	8	4
Освоение физического объема, %	100	50,25	50	45	33	50

ВЫВОДЫ

1. При комплексном применении программных продуктов реализуется согласование функций программ – разрабатывается модель программного обеспечения комплексного применения информационных технологий с сохранением существующих рабочих практик и инструментов участников, задействованных в реализации проекта (строительная и проектная организация). Отражаются основные особенности разработки многоуровневого графика и его связи с объектом строительства. Формируется инструмент, позволяющий увеличить эффективность работы в процессе измерения освоения физических объемов объекта строительства, также повышается качество работ по разрешению проблемных вопросов и контролю исполнения сроков.

2. Научная новизна данного исследования заключается в том, что совмещение программных продуктов Primavera P6 Professional R8.3.2 и ArchiCAD 17.0.0 позволяет: на более высоком уровне и в сжатые сроки внедрить информаци-

онные технологии, способные контролировать основные параметры строительно-монтажных работ; усовершенствовать систему обеспечения фактической информацией в процессе реализации проекта; провести оценку экономической эффективности в организации модели программного обеспечения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гудвин, Г. К. Проектирование систем управления / Г. К. Гудвин, С. Ф. Гребен, М. Э. Сальдаго; пер. с англ. М.: БИНОМ: Лаборатория знаний, 2004. 911 с.
2. Талапов, В. В. Внедрение BIM в проектную практику: десять основных тезисов / В. В. Талапов [Электронный ресурс]. 2013. Режим доступа: http://www.integral-sib.ru/articles/vnedrenie_bim/vnedrenie_bim_v_proektnuyu_praktiku. Дата доступа: 10.09.2017.
3. Шпудейко, К. И. Проблемы внедрения информационных технологий в управление объектами строительства [Электронный ресурс] / К. И. Шпудейко, Л. Б. Зеленцов // V Междунар. студ. электрон. науч. конф. «Студенческий научный форум», 15 февраля – 31 марта 2013. Режим доступа: <http://www.scienceforum.ru/2013/42/4982>. Дата доступа: 10.09.2017.
4. Ансофф, И. Стратегическое управление / И. Ансофф. М.: Экономика, 1989. 519 с.
5. Артемьева, В. А. Психологические вопросы внедрения методологии управления строительными проектами / В. А. Артемьева, С. В. Бовтев // Промышленное и гражданское строительство. 2011. № 4. С. 24–25.
6. Леонович, С. Н. Технология строительного производства / С. Н. Леонович, В. Н. Черноиван. Минск: БНТУ, 2015. 505 с.
7. Анхимюк, В. Л. Теория автоматического управления / В. Л. Анхимюк, О. Ф. Олейко, Н. Н. Михеев. М.: Дизайн ПРО, 2002. 352 с.
8. Бесекерский, В. А. Теория систем автоматического управления / В. А. Бесекерский, Е. П. Попов. 4-е изд., перераб. и доп. СПб.: Профессия, 2003. 747 с.
9. Грахов, В. П. Развитие систем BIM-проектирования как элемент конкурентоспособности [Электронный ресурс] / В. П. Грахов, С. А. Мохначев, А. Х. Иштряков // Современные проблемы науки и образования. 2015. Вып. 1, ч. 1. Режим доступа: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=17950>
10. Гаврилов, Д. А. Управление производством на базе стандарта MRP II / Д. А. Гаврилов. 2-е изд. СПб.: Питер, 2005. 416 с.
11. Каппелс, Томас М. Финансово-ориентированное управление проектами / М. Томас Каппелс. М.: Олимп-Бизнес, 2008. 400 с.
12. Селютина, Л. Г. Инновационный подход к управлению инвестиционными процессами в сфере воспроизводства жилищного фонда / Л. Г. Селютина // Современные технологии управления. 2014. № 11. С. 37–41.
13. Колтынюк, Б. А. Инвестиции / Б. А. Колтынюк. СПб.: Изд-во Михайлова В. А., 2003. 848 с.

14. Побегайлов, О. А. Информационные системы планирования в строительстве / О. А. Побегайлов, А. В. Шемчук // Инженерный вестник Дона [Электронный ресурс]. 2013. № 3. Режим доступа: <http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1896>. Дата доступа: 25.09.2017.
15. Друкер, П. Ф. Бизнес и инновации / П. Ф. Друкер. М.: Вильямс, 2007. 432 с.
16. Управление проектами / А. И. Балашов [и др.]. М.: Юрайт, 2014. 384 с.
17. Заренков, В. А. Управление проектами / В. А. Заренков. М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, СПбГАСУ, 2006. 312 с.
18. Кемп, С. Управление проектами. Без мистики / С. Кемп. М.: Гиппо, 2010. 372 с.
19. Гонтарева, И. В. Управление проектами / И. В. Гонтарева, Р. М. Нижегородцев, Д. А. Новиков. М.: Libroком, 2013. 384 с.
20. Грахов, В. П. Согласованные функции Primavera P6 Professional R8.3.2 и ArchiCAD 17.0.0 как измерительный инструмент в процессе контроллинга за ходом строительно-монтажных работ / В. П. Грахов, Д. А. Мухачев // Интеллектуальные системы в производстве. 2015. Вып. 1. С. 95–98.

Поступила 17.10.2017

Подписана в печать 24.11.2017

Опубликована онлайн 28.11.2017

REFERENCES

1. Goodwin G. C., Graebe S. F., Salgado M. E. (2000) *Control System Design*. New Jersey, Prentice Hall. 908.
2. Talapov V. V. (2013) BIM Implementation for Project Practice: Ten Main Theses. Available at: http://www.integralsib.ru/articles/vnedrenie_bim/vnedrenie_bim_v_proektnuy_praktiku. (Accessed 10 September 2017) (in Russian).
3. Shpudeiko K. I., Zelentsov L. B. (2013) Problems of Introduction of Information Technologies in Management of Construction Objects. *Proceedings of the 5th International Students Electronic and Scientific Conference "Students' Scientific Forum", February 15 – March 31, 2013*. Available at: <http://www.scienceforum.ru/2013/42/4982>. (Accessed 10 September 2017) (in Russian).
4. Ansoff I. (1979) *Strategic Management*. London, Palgrave Macmillan. DOI: 10.1007/978-1-349-02971-6.
5. Artemieva V. A., Bovtev S. V. (2011) Psychological Issues in Introduction of Methodology for Management of Construction Projects. *Promyshlennoye i Grazhdanskoye Stroitelstvo = Industrial and Civil Engineering*, (4), 24–25 (in Russian).
6. Leonovich S. N., Chernov V. N. (2015) *Technology of Construction Production*. Minsk, Belarusian National Technical University. 505 (in Russian).

7. Ankhimiuk V. L., Oleyko O. F., Mikheev N. N. (2002) *Theory of Automatic Control*. Moscow, Dizayn PRO Publ. 352 (in Russian).
8. Besekersky V. A., Popov E. P. (2003) *Theory of Automatic Control Systems*. Saint Petersburg, Professiya Publ. 747 (in Russian).
9. Grakhov V. P., Mokhnachev S. A., Ishtyakov A. Kh. (2015) Development of BIM-Design Systems as Element of Competitiveness. *Sovremennye Problemy Nauki i Obrazovaniya = Modern Problems of Science and Education*, (1–1). Available at: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=17950> (in Russian).
10. Gavrilov D. A. (2005) *Control over Production on the Basis of MRP II Standard*. Saint Petersburg, Piter Publ. 416 (in Russian).
11. Cappel Thomas M. (2004) *Financially Focused Project Management*. J. Ross Publishing, Inc. 312.
12. Selyutina L. G. (2014) Innovative Approach to Management of Investment Processes in the Sphere of Housing Stock Reproduction. *Sovremennye Tekhnologii Upravleniya = Modern Management Technology*, (11), 37–41 (in Russian).
13. Koltynyuk B. A. (2003) *Investments*. Saint Petersburg, Publishing House of Mikhailov V. A. 848 (in Russian).
14. Pobegailov O. A., Shemchuk A. V. (2013) Information Systems for Planning in Construction. *Inzhenerny Vestnik Dona = Engineering Journal of Don*, (3). Available at: <http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1896> (Accessed 25 September 2017) (in Russian).
15. Drucker P. F. (2007) *Business and Innovation*. Moscow, Williams Publishing House. 432 (in Russian).
16. Balashov A. I., Rogova E. M., Tikhonova M. V., Tkachenko E. A. (2014) *Project Management*. Moscow, Urait Publishing House. 384 (in Russian).
17. Zarenkov V. A. (2006) *Project Management*. Moscow, Publishing House of Association of Educational Civil Engineering Institutions, Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering. 312 (in Russian).
18. Kemp S. (2004) *Project Management. Demystified*. McGraw-Hill. 354.
19. Gontareva I. V., Nizhegorodtsev R. M., Novikov D. A. (2013) *Project Management*. Moscow, Librokom Publ. 384 (in Russian).
20. Grakhov V. P., Mushakov D. A. (2015) Consistent Functions Primavera P6 Professional R8.3.2 and ArchiCAD 17.0.0 as Measuring Tool in the Process of Controlling Progress of Construction and Installation Works. *Intellektualnye Systemy v Proizvodstve = Intelligent Systems in Manufacturing*, (1), 95–98 (in Russian).

Received: 17.10.2017

Accepted: 24.11.2017

Published online: 28.11.2017