

УПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЕМ СТОМАТОЛОГИЧЕСКОЙ ПОМОЩИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Костырин Е.В.

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет), Москва, Россия
mauntain76@mail.ru

Багдасарян Г.Г.

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет), Москва, Россия
dr.bagdasaryan@mail.ru

Аннотация. Разработана экономико-математическая модель управления развитием стоматологической помощи при изготовлении и реализации несъёмных конструкций зубных протезов с использованием цифровых и аналоговых методов в производственном процессе в двух вариантах: одиночная коронка и мостовидный протез (две опорные коронки и два искусственных зуба).

Ключевые слова: социальные финансовые технологии, экономическая эффективность, экономико-математическая модель, себестоимость, рентабельность, несъёмный протез-прототип, цифровой протокол, аналоговый протокол, хронометраж, трёхмерная печать, стоматология, одиночная коронка, мостовидный протез, 3D-печать.

Введение

Цифровая трансформация широко внедряется в практическую и научную стоматологию. Цифровизация значимо коснулась ортопедической стоматологии в сфере построения (моделирования) конструкций зубных протезов в системе CAD, анализа прогнозирования её долговечности в среде практически постоянных знакопеременных нагрузок в системе CAE и цифрового производства в CAM-системе компьютерного фрезерования и трёхмерной печати. Интеграция традиционных (аналоговых) и цифровых техник сформировали гибридную технологию [1-7].

Однако наряду с явной клинической эффективностью встает вопрос об экономической целесообразности таких перемен в цифровой трансформации производственного процесса, в частности, несъёмных конструкций зубных протезов временного назначения, необходимых в структуре стоматологического ортопедического лечения пациентов с частичным отсутствием зубов [8]. Цифровизация позволяет оптимизировать основные бизнес-показатели стоматологической организации и обосновывать текущие капитальные издержки, прогнозировать эффективность её деятельности, оценить любую активность в перспективе долгосрочных целей развития, а также предоставлять достоверную статистику [9].

Цифровой производственный процесс позволяет управлять жизненным циклом конструирования зубных протезов, результативно контролировать качество производственного протокола, снижать число нередких его нарушений, связанных с человеческим фактором [10], осуществлять эффективное стоматологическое ортопедическое лечение зубочелюстной системы [11] и профилактику возникновения кариеса опорных зубов [12].

Исходя из выше сказанного, можно предположить, что понимание логистики и экономическое обоснование необходимости составляющих конечного продукта от идеи его создания до практической реализации и предоставления в клинику позволят выяснить рентабельность цифровой трансформации, а изучение переменных многоциклового процесса будет способствовать достоверности прогноза устойчивости стоматологического бизнеса.

В связи с этим целью настоящего исследования выступает разработка на основе социальных финансовых технологий экономико-математической модели управления развитием стоматологической помощи при изготовлении и реализации несъёмных конструкций зубных протезов с использованием цифровых и аналоговых методов в производственном процессе.

1. Основная часть

Взаимоотношения пациента, врача-стоматолога-ортопеда, зубного техника и административно-управленческого персонала стоматологической организации при оказании стоматологической услуги представлены на рис. 1.

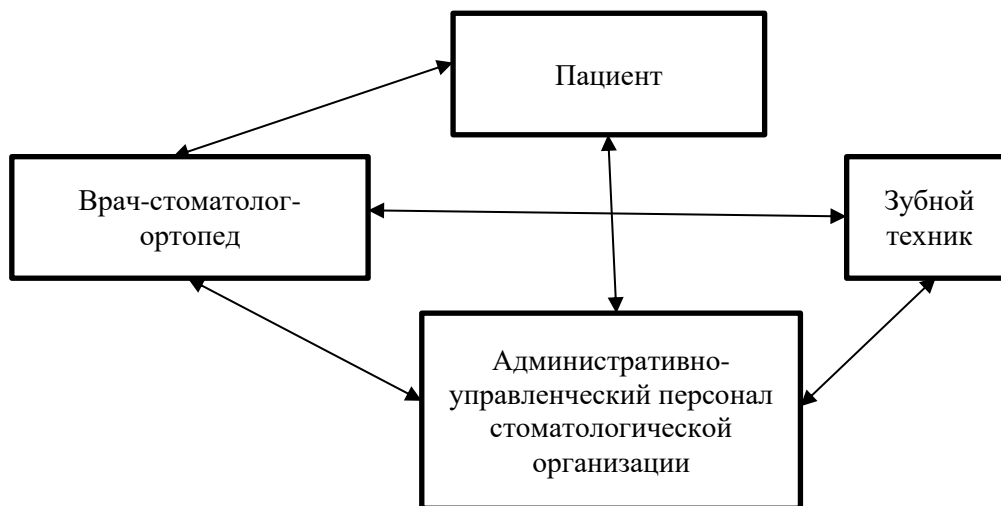


Рис. 1. Взаимоотношения пациента, врача-стоматолога-ортопеда, зубного техника и административно-управленческого персонала стоматологической организации при оказании стоматологической услуги

Как следует из рис. 1, пациент с зубным техником при оказании стоматологической услуги напрямую не взаимодействует, а только с врачом-стоматологом-ортопедом и с административно-управленческим персоналом стоматологической организации. На практике пациент оплачивает оказанную ему услугу в кассу стоматологической организации по установленным тарифам (ценам), далее часть поступивших в кассу стоматологической организации средств идёт на оплату труда врача-стоматолога-ортопеда, зубного техника и административно-управленческого персонала. При этом процент от дохода за оказанную стоматологическую услугу, направляемый на стимулирование труда всех участников взаимоотношений, обговаривается заранее, устанавливается локальными нормативно-правовыми актами стоматологической организации или определяется сложившейся практикой и опытом.

Таким образом, исходя из структуры взаимоотношений пациента, врача-стоматолога-ортопеда, зубного техника и административно-управленческого персонала стоматологической организации, показанной на рис. 1, экономико-математическую модель развития стоматологической организации с использованием социальных финансовых технологий [13-17] при изготовлении и реализации несъёмных конструкций зубных протезов цифровым и аналоговым методами представим в следующем виде:

Целевая функция

$$ЗП = Д \cdot \theta_6 + \xi \cdot (\Phi P - \Phi P_6) \rightarrow \max, \quad (1)$$

Ограничения

$$D_{\text{разв.}} = \Phi P_6 + (1 - \xi) \cdot (\Phi P - \Phi P_6), \quad (2)$$

$$\theta = (D \cdot \theta_6 + \xi \cdot \Phi P) / D_6, \quad (3)$$

$$C = C_{\text{пер}} + \frac{C_{\text{пост}}}{\sum_{i=1}^n V_i}, \quad (4)$$

$$\Delta C = V \cdot \left(C_{\text{пер}} + \frac{C_{\text{пост}}}{\sum_{i=1}^n V_i} \right) - V_6 \cdot \left(C_{\text{пер}} + \frac{C_{\text{пост}}}{\sum_{i=1}^n V_i} \right), \quad (5)$$

$$\Phi P = D - V \cdot \left(C_{\text{пер}} + \frac{C_{\text{пост}}}{\sum_{i=1}^n V_i} \right), \quad (6)$$

$$V \leq \frac{B \cdot \tau}{3_{\text{ср}}}, \quad (7)$$

$$P_{\text{изг.}} = \frac{\Phi P}{C} \cdot 100\%, \quad (8)$$

$$P_{\text{реал.}} = \frac{\Phi P}{D} \cdot 100\%. \quad (9)$$

В экономико-математической модели (1)-(9) использованы следующие обозначения: ЗП – размер заработной платы зубных техников, руб.; Д – доходы от реализации несъёмных конструкций зубных протезов, руб.; θ_6 – процент от дохода, направляемый на повышение заработной платы зубных техников, в базовом варианте моделирования; ξ – коэффициент перераспределения прироста финансового результата между зубными техниками, врачами-стоматологами ортопедами и административно-управленческим персоналом стоматологической организации, доли ед.; ФР – финансовый результат (условная прибыль) от изготовления и реализации несъёмных конструкций зубных протезов, руб.; ФР₆ – финансовый результат (условная прибыль) от изготовления и реализации несъёмных конструкций зубных протезов в базовом варианте моделирования, руб.; Д_{разв.} – размер отчислений, направляемых на развитие стоматологической организации, руб.; θ – процент от дохода, направляемый на повышение заработной платы зубных техников; Д_б – доходы от реализации несъёмных конструкций зубных протезов в базовом варианте моделирования, руб.; С – себестоимость несъёмной конструкции зубного протеза, руб.; С_{пер} – условно-переменные издержки, приходящиеся на одну несъёмную конструкцию зубного протеза, руб.; С_{пост} – условно-постоянные издержки за отчётный период (день, месяц, квартал, год и др.) при изготовлении несъёмных конструкций зубных протезов, руб.; n – количество разновидностей технологий изготовления зубным техником несъёмных конструкций зубных протезов при использовании цифрового и аналогового протоколов (фрезерование, 3D-печать и др.), ед.; V_i – количество изготовленных зубным техником несъёмных конструкций зубных протезов за отчётный период (день, месяц, квартал, год и др.) при использовании i -ой технологии цифрового и аналогового протоколов в производственном процессе, ед.; ΔC – эффект от снижения себестоимости годового объёма стоматологических услуг, руб.; V – количество изготовленных зубным техником несъёмных конструкций зубных протезов за отчётный период (день, месяц, квартал, год и др.) при использовании цифрового и аналогового протоколов в производственном процессе, ед.; V_6 – количество изготовленных зубным техником несъёмных конструкций зубных протезов за отчётный период (день, месяц, квартал, год и др.) при использовании цифрового и аналогового протоколов в производственном процессе в базовом варианте моделирования, ед.; Б – бюджет рабочего времени зубного техника за отчётный период (день, месяц, квартал, год и др.), мин.; τ – коэффициент использования рабочего времени зубного техника непосредственно на производство несъёмных конструкций зубных протезов, т.е. рабочее время за вычетом времени перерывов, времени, затрачиваемого на личные нужды, совещания и т.д., доли ед.; $Z_{cp.}$ – средние затраты рабочего времени зубного техника на изготовление несъёмной конструкции зубного протеза, мин.; $R_{изг.}$ – рентабельность изготовления несъёмных конструкций зубных протезов, %; $R_{реал.}$ – рентабельность реализации несъёмных конструкций зубных протезов, %.

2. Практическая реализация разработанной модели

Используя экономико-математическую модель (1)-(9), выполним анализ экономической эффективности применения цифровых технологий в производственном процессе создания несъёмных конструкций зубных протезов по сравнению с аналоговым изготовлением на базе фактических данных Клинического центра стоматологии клиники Московского государственного медико-стоматологического университета им. А.И. Евдокимова (КЦС клиники МГМСУ им. А.И. Евдокимова). В научной статье [1] представлены методики расчёта фактической и нормативной себестоимостей медицинских услуг при использовании цифрового и аналогового протоколов изготовления полимерной коронки. Анализ структуры себестоимости позволяет сделать вывод о том, что в технологии изготовления несъёмных протезов-прототипов заработная плата исполнителей является определяющим элементом затрат, поскольку фактические расходы на заработную плату вместе с отчислениями на социальное страхование в структуре себестоимости составляют 74,20% (см. табл. 5 научной статьи [1]). Так как квалификация зубных техников при изготовлении несъёмных конструкций зубных протезов цифровым и аналоговым методами на практике не отличается, то определяющим фактором в структуре себестоимости, а, следовательно, и в оценке экономической эффективности использования трёхмерной печати в технологии несъёмных протезов-прототипов являются затраты на заработную плату исполнителей, зависящие напрямую от времени зубных техников, которое им необходимо затратить на производственный процесс изготовления несъёмных конструкций зубных протезов при использовании цифрового и аналогового протоколов. Наиболее адекватным количественным параметром оценки экономической эффективности использования трёхмерной печати в технологии несъёмных протезов-прототипов является рентабельность, определяемая по формулам (8) и (9) экономико-математической модели (1)-(9).

Для реализации вышеуказанной цели авторами осуществлён хронометраж работы зубных техников на лабораторных этапах аналогового и цифрового производств полимерных несъёмных конструкций зубных протезов. Аналоговый и цифровой протоколы применялись в двух вариантах: 1) одиночная коронка; 2) мостовидный протез (две опорные коронки и два искусственных зуба). Экспертами замерялась продолжительность лабораторных этапов (см. табл. 1 и 2) при изготовлении одиночной коронки и мостовидного протеза зубными техниками (исполнителями) стоматологических организаций Департамента здравоохранения города Москвы с использованием аналоговых и цифровых протоколов.

В хронометраже приняли участие 18 зубных техников, выполняющих аналоговое изготовление полимерных несъёмных конструкций зубных протезов для одиночных коронок, 16 зубных техников, работающих в сфере аналогового производства полимерных несъёмных конструкций зубных протезов для мостовидных протезов (две коронки и два искусственных зуба), 9 зубных техников, оказывающих стоматологические услуги по цифровому производству полимерных несъёмных конструкций зубных протезов для одиночной коронки, и, наконец, 8 зубных техников, оказывающих аналогичные услуги в области цифрового производства мостовидных протезов. Среди специалистов, обладающих навыками цифрового производства, распределение исполнителей следующее: трое зубных техников используют 3D-печать при производстве одиночной коронки, остальные (шесть зубных техников) технологию фрезерования; один зубной техник применяет технологию 3D-печати при производстве мостовидного протеза и семь зубных техников – технологию фрезерования при производстве мостовидного протеза.

Результаты хронометража для аналогового и цифрового протоколов несъёмного протезирования представлены в табл. 1 и 2 соответственно.

Таблица 1. Результаты хронометража аналогового протокола несъёмного протезирования

Номер этапа	Наименование этапа	Среднее значение времени в минутах, затрачиваемого на этап	Среднеквадратическое отклонение времени в минутах, затрачиваемого на этап	Разброс времени, затрачиваемого на этап, %
1	2	3	4	5
Одиночная коронка				
1	Изготовление неразборных гипсовых моделей	29,17	13,46	46,16
2	Оценка модели и гравировка шейки зуба	9,44	6,21	65,77
3	Загипсовка в окклюдатор (при необходимости)	11,06	4,55	41,17
4	Нанесение изолирующего материала	3,06	1,81	59,22
5	Восковое моделирование анатомической формы зуба, включая выделение гипсового блока с фрагментами	30,28	13,69	45,22
6	Гипсовка в кювету и полимеризация, состоящие из следующих этапов:	220,52	51,61	23,40
6.1	Замешивание гипса и гипсовка половины кюветы	9,28	4,28	46,12
6.2	Изоляция формы	3,13	1,79	57,01
6.3	Замешивание гипса и окончательная гипсовка второй половины кюветы	8,11	3,12	38,53
6.4	Установка в пресс и закрепление в бюгеле	6,33	3,13	49,37
6.5	Разогрев кюветы, раскрытие кюветы, выварка воска, нанесение изоляции гипса от пластмассы	26,94	5,56	20,64
6.6	Замешивание и подготовка пластмассы	12,44	7,87	63,23

Номер этапа	Наименование этапа	Среднее значение времени в минутах, затрачиваемого на этап	Среднеквадратическое отклонение времени в минутах, затрачиваемого на этап	Разброс времени, затрачиваемого на этап, %
6.7	Формовка пластмассы	4,61	3,27	70,88
6.8	Помещение кюветы под пресс и закрепление в бюгель	4,28	1,88	43,95
6.9	Полимеризация (нагрев, время полимеризации, время остывания)	107,22	14,46	13,48
6.10	Распаковка кюветы и выделение пластмассовой конструкции	14,67	5,74	39,17
6.11	Шлифовка и обработка готовой коронки	24,88	28,68	115,26
7	Припасовка на модель (при наличии) при не прямой замене воска на пластмассу	12,93	12,29	95,01
8	Полировка	11,13	5,64	50,69
Итого		323,58	69,91	53,33
Мостовидный протез (две опорные коронки и два искусственных зуба)				
1	Изготовление неразборных гипсовых моделей	30,94	15,43	49,89
2	Оценка модели и гравировка шейки зуба	12,81	7,49	58,49
3	Загипсовка в окклюдатор (при необходимости)	12,81	5,85	45,70
4	Нанесение изолирующего материала	5,50	4,46	81,06
5	Восковое моделирование анатомической формы зуба, включая выделение гипсового блока с фрагментами	56,56	23,50	41,55
6	Гипсовка в кювету и полимеризация, состоящие из следующих этапов:	234,38	57,87	24,69
6.1	Замешивание гипса и гипсовка половины кюветы	9,19	3,78	41,13
6.2	Изоляция формы	3,50	1,77	50,51
6.3	Замешивание гипса и окончательная гипсовка второй половины кюветы	8,25	3,21	38,92
6.4	Установка в пресс и закрепление в бюгеле	6,38	3,00	47,02
6.5	Разогрев кюветы, раскрытие кюветы, выварка воска, нанесение изоляции гипса от пластмассы	28,44	9,64	33,89
6.6	Замешивание и подготовка пластмассы	13,81	7,67	55,56
6.7	Формовка пластмассы	4,38	2,00	45,62
6.8	Помещение кюветы под пресс и закрепление в бюгель	4,19	1,24	29,51
6.9	Полимеризация (нагрев, время полимеризации, время остывания)	106,88	18,28	17,10

Номер этапа	Наименование этапа	Среднее значение времени в минутах, затрачиваемого на этап	Среднеквадратическое отклонение времени в минутах, затрачиваемого на этап	Разброс времени, затрачиваемого на этап, %
6.10	Распаковка кюветы и выделение пластмассовой конструкции	15,63	7,04	45,08
6.11	Шлифовка и обработка готовой коронки	33,75	33,93	100,55
7	Припасовка на модель (при наличии) при не прямой замене воска на пластмассу	22,81	20,76	91,02
8	Полировка	17,50	9,01	51,51
Итого		393,31	95,43	55,49

Источник: составлено авторами

Таблица 2. Результаты хронометража цифрового протокола несъемного протезирования

Номер этапа	Наименование этапа	Среднее значение времени в минутах, затрачиваемого на этап	Среднеквадратическое отклонение времени в минутах, затрачиваемого на этап	Разброс времени, затрачиваемого на этап, %
1	2	3	4	5
Одиночная коронка				
1	Подготовка и оцифровка рабочих моделей	8,11	1,29	15,86
2	Виртуальное моделирование цельной полноанатомической конструкции (ПО Exocad)	18,56	13,74	74,03
3	Подготовка к фрезерованию либо 3D-печати в специальной программе Slicer либо CNC	4,11	1,29	31,29
4	Подготовка материала: 1. Заливка и размешивание материала (для 3D-печати)	8,33	0,75	8,94
5	Подготовка объекта: 2. Установка фрез и блока РММА (для фрезерования)	10,00	0,00	0,00
6.1	3D-печать конструкции зубного протеза	12,33	0,47	3,82
6.2	Фрезерование конструкции зубного протеза	13,33	0,00	0,00
7.1	Удаление поддержек изделия (для 3D-печати и для фрезерования)	1,00	0,00	0,00
7.2	Постполимеризационная обработка для 3D-печати	40,00	0,00	0,00

Номер этапа	Наименование этапа	Среднее значение времени в минутах, затрачиваемого на этап	Среднеквадратическое отклонение времени в минутах, затрачиваемого на этап	Разброс времени, затрачиваемого на этап, %
8	Припасовка готового изделия на модели челюсти с учётом коррекции окклюзии	9,11	1,29	14,12
9	Шлифовка и полировка готовой конструкции	10,00	0,00	0,00
Итого		97,78	11,40	13,46
Мостовидный протез (две опорные коронки и два искусственных зуба)				
1	Подготовка и оцифровка рабочих моделей	15,63	3,00	19,18
2	Виртуальное моделирование цельной полноанатомической конструкции (ПО Exocad)	20,63	8,08	39,16
3	Подготовка к фрезерованию либо 3D-печати в специальной программе Slicer либо CNC	2,50	1,00	40,00
4	Подготовка материала: 1. Заливка и размешивание материала (для 3D-печати)	10,00	0,00	0,00
5	Подготовка объекта: 2. Установка фрез и блока PMMA (для фрезерования)	6,29	1,91	30,32
6.1	3D-печать конструкции зубного протеза	20,00	0,00	0,00
6.2	Фрезерование конструкции зубного протеза	51,43	3,50	6,80
7.1	Удаление поддержек изделия (для 3D-печати и для фрезерования)	1,00	0,00	0,00
7.2	Постполимеризационная обработка для 3D-печати	40,00	0,00	0,00
8	Припасовка готового изделия на модели челюсти с учётом коррекции окклюзии	11,63	2,69	23,14
9	Шлифовка и полировка готовой конструкции	12,50	2,50	20,00
Итого		122,25	13,42	16,24

Источник: составлено авторами

Столбец 1 в табл. 1 и 2 соответствует номеру лабораторного этапа, а в столбце 2 дано описание лабораторного этапа. Данные в столбце 3 табл. 1 и 2 представляют собой среднее арифметическое значение времени в минутах, затрачиваемого на лабораторный этап, а значения в столбце 4 – это

стандартное отклонение по генеральной совокупности, оценка среднеквадратического отклонения случайной величины относительно её математического ожидания на основе несмещённой оценки её дисперсии, мера того, насколько широко разбросаны значения относительно их среднего значения. Значения в столбце 5 (разброс времени, затрачиваемого на этап, %) определяется отношением среднеквадратического отклонения к среднему значению и последующим умножением полученного результата на 100%, т.е. делением данных столбца 4 на столбец 3 и последующим умножением на 100%. Например, для строки 1, столбца 5 табл. 1 значение $46,16\% = 13,46$ (строка 1, столбец 4 табл. 1): $29,17$ (строка 1, столбец 3 табл. 1) 100%. Аналогично для остальных строк столбца 5 табл. 1 и строк столбца 5 табл. 2.

Из данных, представленных в табл. 1 и 2, видно, что затраты времени зубных техников при использовании цифрового протокола несъёмного протезирования, в том числе трёхмерной печати в технологии несъёмных протезов-прототипов, в несколько раз меньше, чем аналогичные этапы при использовании аналогового протокола. Так, для одиночной коронки аналоговый протокол требует суммарных затрат времени зубных техников в среднем в размере 323,58 мин (см. столбец 3 табл. 1), в то время как при использовании цифрового протокола для подобных работ зубному технику потребуется в 3,31 раз меньше времени, чем при аналоговом протоколе, а именно: 97,78 мин. (см. столбец 3 табл. 2). Экономия времени равна $323,58 \text{ мин.} - 97,78 \text{ мин.} = 225,80 \text{ мин.}$

При изготовлении мостовидного протеза по технологии 3D-печати экономия времени, затрачиваемого на лабораторный этап, ещё выше и составляет 122,25 мин. против 393,31 мин. (см. последнюю строку, столбец 3 табл. 1 и 2) при производстве мостовидного протеза аналоговым методом, т.е. затраты времени зубного техника сокращаются в 3,22 раза. Экономия времени равна $393,31 \text{ мин.} - 122,25 \text{ мин.} = 271,06 \text{ мин.}$

Среднее значение времени, затрачиваемого на этапы, среди зубных техников распределено крайне неравномерно. Так, для аналогового протокола изготовления одиночной коронки разброс времени, затрачиваемого на этап 6.9 «Полимеризация (нагрев, время полимеризации, время остывания)», равен 13,48%, что является минимальным среди всех этапов, а для этапа 6.11 «Шлифовка и обработка готовой коронки» разброс времени составляет 115,26%, максимальное значение среди всех этапов (см. столбец 5 табл. 1). Данный факт свидетельствует о том, что этап полимеризации одиночной коронки при аналоговом изготовлении более стандартизирован по времени, чем другие этапы, и менее зависим от квалификации зубных техников и их индивидуальных особенностей. Напротив, шлифовка и обработка готовой коронки при аналоговом изготовлении является производной от квалификации и особенностей изготовителя, время на этот этап значительно отличается для разных зубных техников, принимавших участие в анкетировании. Для мостовидного протеза, также, как и для одиночной коронки, этап 6.9 является минимальным с точки зрения разброса затрат времени, а этап 6.11 – максимальным (17,10% и 100,55% соответственно, см. столбец 5 табл. 1).

Максимальный разброс времени для цифрового протокола наблюдается для этапа 2 «Виртуальное моделирование цельной полноанатомической конструкции (ПО Exocad)» для одиночной коронки (74,03%, см. столбец 5 табл. 2) и этапов 2 «Виртуальное моделирование цельной полноанатомической конструкции (ПО Exocad)» и 3 «Подготовка к фрезерованию либо 3D-печати в специальной программе Slicer либо CNC» для мостовидных протезов (39,16% и 40,00% соответственно, см. столбец 5 табл. 2).

Полагаем, что это может быть связано с индивидуальными особенностями освоения зубными техниками специального программного обеспечения для цифрового производства и трёхмерной печати в технологии несъёмных протезов-прототипов, и по мере распространения указанного программного продукта среди специалистов и их адаптации к его более широкому практическому использованию следует ожидать большей устойчивости затрат времени зубных техников на этих лабораторных этапах, что, несомненно, послужит ещё одним убедительным аргументом в пользу применения цифровых протоколов при производстве полимерных несъёмных зубных протезов и в последующем будет выступать фактором снижения себестоимости использования трёхмерной печати в технологии несъёмных протезов-прототипов.

Используя разработанную на основе социальных финансовых технологий [13-17] экономико-математическую модель (1-9), представим результаты моделирования управления развитием стоматологической помощи с применением цифровых и аналоговых протоколов в табл. 3.

Таблица 3. Результаты моделирования управления развитием стоматологической помощи с применением цифровых и аналоговых протоколов

Номер строки	Наименование показателя	Цифровой протокол		Аналоговый протокол	
		Одиночная коронка	Мостовидный протез	Одиночная коронка	Мостовидный протез
1	2	3	4	5	6
1	Фактический годовой объём услуг, ед.	209	209	186	186
2	Нормативный годовой объём услуг, ед.	923	738	279	229
3	Отношение нормативного годового объёма услуг к фактическому, раз	4,42	3,53	1,50	1,23
4	Доход от оказания фактического годового объёма платных стоматологических услуг, руб.	883 403,29	883 403,29	813 517,50	813 517,50
5	Доход от оказания нормативного годового объёма платных стоматологических услуг, руб.	7 641 695,00	5 890 597,00	1 725 402,79	1 235 141,88
6	Отношение дохода от оказания нормативного годового объёма услуг к доходу от оказания фактического объёма, раз	8,65	6,67	2,12	1,52
7	Заработная плата зубного техника от оказания фактического годового объёма платных стоматологических услуг, руб.	29 446,78	29 446,78	27 117,25	27 117,25
8	Заработная плата зубного техника от оказания нормативного годового объёма платных стоматологических услуг, руб.	232 470,78	183 681,40	66 065,08	52 414,97
9	Отношение заработной платы зубного техника от оказания нормативного годового объёма услуг к заработной плате от оказания фактического объёма,	7,89	6,24	2,44	1,93
10	Отчисления на стимулирование труда немедицинского персонала от оказания фактического годового объёма платных стоматологических услуг, руб.	14 723,39	14 723,39	13 558,63	13 558,63
11	Отчисления на стимулирование труда немедицинского персонала от оказания нормативного годового объёма платных стоматологических услуг, руб.	127 361,58	98 176,62	28 756,71	20 585,70
12	Отношение отчислений на стимулирование труда немедицинского персонала от оказания нормативного годового объёма услуг к отчислениям от оказания фактического объёма	8,65	6,67	2,12	1,52
13	Отчисления в фонд развития от оказания фактического годового объёма платных стоматологических услуг, руб.	16 107,39	16 107,39	14 833,14	14 833,14
14	Отчисления в фонд развития от оказания нормативного годового объёма платных стоматологических услуг, руб.	168 306,19	123 903,94	20 325,59	7 881,62

Номер строки	Наименование показателя	Цифровой протокол		Аналоговый протокол	
		Одиночная коронка	Мостовидный протез	Одиночная коронка	Мостовидный протез
15	Отношение отчислений в фонд развития от оказания нормативного годового объёма услуг к отчислениям от оказания фактического объёма, раз	10,45	7,69	1,37	0,53
16	Рентабельность изготовления нормативного годового объёма несъёмных конструкций зубных протезов, %	153,83	111,51	15,50	-4,45
17	Рентабельность реализации нормативного годового объёма несъёмных конструкций зубных протезов, %	60,60	52,72	13,42	-4,65

Источник: составлено авторами

3. Заключение

Результаты хронометрических наблюдений изготовления одиночной коронки аналоговым (табл. 1) и цифровым (табл. 2) протоколами показали, что время, затрачиваемое техником при цифровом изготовлении (97,78 мин.), в 3,31 раза меньше времени, затрачиваемого зубным техником при использовании аналогового протокола (393,31 мин.), а при изготовлении мостовидного протеза цифровой протокол требует в 3,22 раза меньше времени, чем аналоговый, что доказывает огромное превосходство цифровых технологий над аналоговыми.

Средний разброс времени зубного техника на лабораторных этапах цифрового протокола значительно меньше, чем аналогового, что свидетельствует о большей стабильности цифровых технологий по сравнению с аналоговыми при изготовлении несъёмных конструкций зубных протезов.

Результаты моделирования, представленные в столбце 3 табл. 3, показывают, что нормативный объём изготовления и реализации несъёмных конструкций зубных протезов при использовании цифрового протокола для одиночной коронки превышает фактический годовой объём в 4,42 раза, что даёт возможность за счёт применения социальных финансовых технологий: 1) увеличить доход от оказания платных стоматологических услуг в 7,80 раза с 883 403,29 руб. до 6 893 625,12 руб.; 2) увеличить заработную плату зубного техника отделения цифровой стоматологии КЦС клиники МГМСУ им. А.И. Евдокимова в 6,62 раза с 29 446,78 руб. до 195 067,28 руб.; 3) увеличить, только от одного зубного техника, отчисления на стимулирование труда немедицинского персонала в 7,80 раза с 14 723,39 руб. до 114 893,75 руб. Поскольку в отделении цифровой стоматологии КЦС клиники МГМСУ им. А.И. Евдокимова работают 4 зубных техника, то суммарные отчисления на стимулирование труда немедицинского персонала составят $4 \cdot 114 893,75 \text{ руб.} = 459 575,00 \text{ руб.}$; 4) увеличить, только от одного зубного техника, отчисления в фонд развития в 10,61 раза с 16 107,39 руб. до 170 899,49 руб. Таким образом, суммарные отчисления в фонд развития составят $4 \cdot 170 899,49 \text{ руб.} = 683 597,96 \text{ руб.}$

Результаты моделирования, представленные в столбце 4 табл. 3, показывают, что нормативный объём изготовления и реализации несъёмных конструкций зубных протезов при использовании цифрового протокола для мостовидного протеза превышает фактический годовой объём в 3,53 раза, что даёт возможность за счёт применения социальных финансовых технологий: 1) увеличить доход от оказания платных стоматологических услуг в 6,04 раза с 883 403,29 руб. до 5 336 354,76 руб.; 2) увеличить заработную плату зубного техника отделения цифровой стоматологии КЦС клиники МГМСУ им. А.И. Евдокимова в 5,30 раза с 29 446,78 руб. до 155 969,29 руб.; 3) увеличить, только от одного зубного техника, отчисления на стимулирование труда немедицинского персонала в 6,04 раза с 14 723,39 руб. до 88 939,25 руб. Поскольку в отделении цифровой стоматологии КЦС клиники МГМСУ им. А.И. Евдокимова работают 4 зубных техника, то суммарные отчисления на стимулирование труда немедицинского персонала составят $4 \cdot 88 939,25 \text{ руб.} = 355 757,00 \text{ руб.}$; 4) увеличить, только от одного зубного техника, отчисления в фонд развития в 7,81 раза с 16 107,39 руб. до 125 825,32 руб. Таким образом, суммарные отчисления в фонд развития составят $4 \cdot 125 825,32 \text{ руб.} = 503 301,28 \text{ руб.}$

Результаты моделирования, представленные в столбце 5 табл. 3, показывают, что нормативный объём изготовления и реализации несъёмных конструкций зубных протезов при использовании

аналогового протокола для одиночной коронки превышает фактический годовой объём в 1,50 раза, что даёт возможность за счёт применения социальных финансовых технологий: 1) увеличить доход от оказания платных стоматологических услуг в 2,12 раза с 813 517,50 руб. до 1 725 402,79 руб.; 2) увеличить заработную плату зубного техника стоматологического ортопедического отделения КЦС клиники МГМСУ им. А.И. Евдокимова в 2,44 раза с 27 117,25 руб. до 66 065,08 руб.; 3) увеличить, только от одного зубного техника, отчисления на стимулирование труда немедицинского персонала в 2,12 раза с 13 558,63 руб. до 28 756,71 руб. Поскольку в стоматологическом ортопедическом отделении КЦС клиники МГМСУ им. А.И. Евдокимова работают 4 зубных техника, то суммарные отчисления на стимулирование труда немедицинского персонала составят $4 \cdot 28 756,71 \text{ руб.} = 115 026,84 \text{ руб.}$; 4) увеличить, только от одного зубного техника, отчисления в фонд развития в 1,37 раза с 14 833,14 руб. до 20 325,59 руб. Таким образом, суммарные отчисления в фонд развития составят $4 \cdot 20 325,59 \text{ руб.} = 81 302,36 \text{ руб.}$

Результаты моделирования, представленные в столбце 6 табл. 3, показывают, что нормативный объём изготовления и реализации несъёмных конструкций зубных протезов при использовании аналогового протокола для мостовидного протеза превышает фактический годовой объём в 1,23 раза, что даёт возможность за счёт применения социальных финансовых технологий: 1) увеличить доход от оказания платных стоматологических услуг в 1,52 раза с 813 517,50 руб. до 1 235 141,88 руб.; 2) увеличить заработную плату зубного техника стоматологического ортопедического отделения КЦС клиники МГМСУ им. А.И. Евдокимова в 1,93 раза с 27 117,25 руб. до 52 414,97 руб.; 3) увеличить, только от одного зубного техника, отчисления на стимулирование труда немедицинского персонала в 1,52 раза с 13 558,63 руб. до 20 585,70 руб. Поскольку в стоматологическом ортопедическом отделении КЦС клиники МГМСУ им. А.И. Евдокимова работают 4 зубных техника, то суммарные отчисления на стимулирование труда немедицинского персонала составят $4 \cdot 20 585,70 \text{ руб.} = 82 342,80 \text{ руб.}$

Согласно данным, представленным в последней строке табл. 3, наибольшее значение экономической эффективности (рентабельности) изготовления нормативного годового объёма несъёмных конструкций зубных протезов наблюдается для одиночной коронки с использованием цифрового протокола (153,83%), далее следует мостовидный протез, изготовленный с использованием цифрового протокола (111,51%). Значение рентабельности изготовления нормативного годового объёма несъёмных конструкций зубных протезов с использованием аналогового протокола для одиночной коронки составляет 15,50%. А рентабельность изготовления нормативного годового объёма несъёмных конструкций зубных протезов с использованием аналогового протокола для мостовидного протеза отрицательна, что свидетельствует о превышении себестоимости изготовления мостовидного протеза аналоговым методом над финансовым результатом от его реализации.

С использованием социальных финансовых технологий экономическая эффективность (рентабельность) изготовления нормативного годового объёма несъёмных конструкций зубных протезов цифровым методом (одиночная коронка) превышает рентабельность изготовления нормативного годового объёма несъёмных конструкций зубных протезов аналоговым методом (одиночная коронка) в 9,92 раза ($153,83\% : 15,50\% = 9,92$ раза, см. последнюю строку табл. 3). Таким образом, анализ табл. 3 доказывает экономическую эффективность использования трёхмерной печати в сочетании с социальными финансовыми технологиями по сравнению с аналоговыми методами изготовления протезов-прототипов.

Литература

1. Янушевич О.О., Арутюнов С.Д., Золотницкий И.В., Багдасарян Г.Г., Киракосян Л.Г., Соколов Е.В., Костырин Е.В. Экономическая эффективность цифровой трансформации технологии несъёмного протезирования в управлении стоматологическими услугами // Российская стоматология. 2022; Т. 15, N 2 -: С. 3-13. URL: <https://doi.org/10.17116/rosstomat2022150213>.
2. Олесова В.Н., Арутюнов С.Д., Воложин А.И., Ибрагимов Т.И., Лебеденко И.Ю., Левин Г.Г., Лосев Ф.Ф., Мальгинов Н.Н., Чумаченко Е.Н., Янушевич О.О. Создание научных основ, разработка и внедрение в клиническую практику компьютерного моделирования лечебных технологий и прогнозов реабилитации больных с челюстно-лицевыми дефектами и стоматологическими заболеваниями. – М.: МГМСУ, 2010. 143 с. ISBN: 978-5-973-0013-3.
3. Марков Б.П., Лебеденко И.Ю., Еричев В.В. Руководство к практическим занятиям по ортопедической стоматологии. Часть I. – М.: ГОУ ВУНМЦ МЗ РФ, 2001. 662 с. ISBN: 5-89004-113-4.
4. Ортопедическая стоматология / Под ред. Э.С. Каливрадзиана, И.Ю. Лебеденко, Е.А. Брагина, И.П. Рыжовой. 2-е изд. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2018. – 800 с. ISBN: 978-5-9704-3705-6.
5. Арутюнов С.Д., Кузьмичевская М.В. Профилактика кариеса. – М.: МГМСУ, 2003. – 80 с.

6. Колесников Л.Л., Арутюнов С.Д., Лебеденко И.Ю. Анатомия и биомеханика зубочелюстной системы. – М.: – Практическая медицина, 2007. – 224 с. ISBN: 978-5-98811-032-3.
7. Стоматологические инновации / Под редакцией С.Д. Арутюнова, И.Ю. Лебеденко. – М.: ООО «Новик», 2014. – 152 с. ISBN 978-5-904383-28-2.
8. Биомеханика зубочелюстной системы: Учеб. пособие / Под ред. С.Д. Арутюнова, М.М. Антоника, И.Ю. Лебеденко. 2-е изд., доп. и перераб. – М.: Практическая медицина, 2018. – 112 с. ISBN 978-5-98811-398-0.
9. Муслев С.А., Маев И.В., Арутюнов С.Д. Цифровой практикум по избранным элементам теории вероятностей и медицинской статистики на базе мобильных вычислительных устройств под управлением ОС Андроид / Под ред. И.В. Маева. – М.: МГМСУ, 2021. – 235 с.
10. Арутюнов С.Д., Гветадзе Р.Ш., Лебеденко И.Ю., Степанов А.Г. Инновационные решения в стоматологии: Монография / Под общ. ред. С.Д. Арутюнова. – М.: Практическая медицина, 2019. – 160 с.
11. Арутюнов С.Д., Трезубов В.Н., Мишнев Л.М. Клиническая стоматология / Под ред. В.Н. Трезубова. – М.: Практическая медицина, 2015. – 788 с. ISBN: 978-5-98811-336-2.
12. Трезубов В.Н., Булычева Е.А., Арутюнов С.Д. Технология зубного и челюстного протезирования: Руководство для практических занятий студентов стоматологических факультетов. – М.: Практическая медицина, 2020. – 168 с. ISBN 978-5-98811-582-3.
13. Соколов Е.В., Костырин Е.В., Баланцев А.Б. Социальные технологии финансирования предприятий // Экономика и управление: проблемы, решения. 2021. Том 3, N 3.– С. 13-26. URL: <https://doi.org/10.36871/ek.up.p.r.2021.04.03.002>.
14. Соколов Е.В., Костырин Е.В., Ласунова С.В. Финансовые технологии развития предприятий и экономики России // Экономика и управление: проблемы, решения. 2021. – Том 1, N 10. – С. 91-106. URL: <https://doi.org/10.36871/ek.up.p.r.2021.10.01.013>.
15. Соколов Е.В., Костырин Е.В., Руднев К.В. Социальные финансовые технологии развития АО «Эльконский горно-металлургический комбинат» // Мягкие измерения и вычисления. 2022. – Том 50, N 1. – С. 38-52. URL: <https://doi.org/10.36871/2618-9976.2022.01.005>.
16. Соколов Е.В., Костырин Е.В., Руднев К.В. Социальные финансовые технологии развития предприятий и экономики России // Мягкие измерения и вычисления. 2021. – Том 46, N 9. – С. 74-96. URL: <https://doi.org/10.36871/2618-9976.2021.09.004>.
17. Соколов Е.В., Костырин Е.В., Скворцов С.С. Суверенная эмиссия и социальные финансовые технологии как инструмент ускоренного развития экономики России // Экономика и управление: проблемы, решения. 2022. – Том 1, N 6. – С. 84-93. URL: <https://doi.org/10.36871/ek.up.p.r.2022.06.01.012>.
18. Постановление Правительства Российской Федерации от 14.02.2003 г. № 101 «О продолжительности рабочего времени медицинских работников в зависимости от занимаемой ими должности и (или) специальности» [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс: справ. прав. система: офиц. сайт / Компания «КонсультантПлюс». URL: <http://www.consultant.ru/data.html>. (дата обращения 19.07.2023).
19. Габуева Л.А. Механизмы эффективного финансирования в здравоохранении / Под общ. ред. д-ра мед. наук, акад. РАМН В.И. Стародубова. М.: МЦФЭР, 2007. 288 с.
20. Янушевич О.О., Соколов Е.В., Костырин Е.В., Стерликов П.Ф., Золотницкий И.В., Грачёв Д.И., Багдасарян Г.Г., Арутюнов С.Д. Экономико-математическая модель стимулирования труда врачей-стоматологов // Экономика и управление: проблемы, решения. 2022. – Том 1, N 4. – С. 5-15. URL: <https://doi.org/10.36871/ek.up.p.r.2022.04.01.001>.