

Качественное распределение температурного поля при использовании круговых и кольцевых пучков на поверхности вещества имеет вид, представленный на рис. 2.

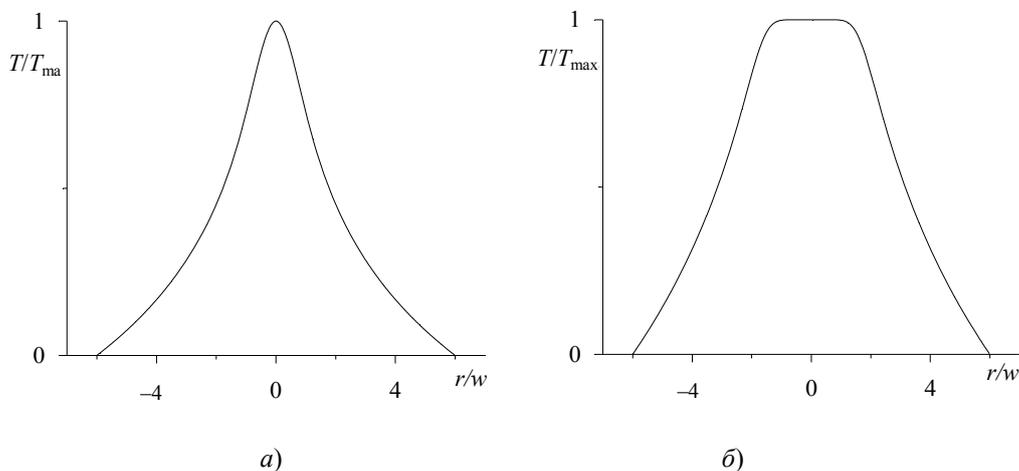


Рис. 2. Форма температурного поля на поверхности вещества при нагреве круговым гауссовым пучком (а) $C_0 \neq 0$, $C_1 = 0$, $b = 6r/w$, кольцевым гауссовым пучком (б) $C_0 = 0$, $C_1 \neq 0$, $b = 6r/w$ при одинаковой мощности пучков

Из полученных результатов следует, что использование кругового пучка приводит к более узкому отверстию в материале, а при использовании кольцевого гауссова пучка приводит к более равномерному и более широкому распределению температурного поля. Использование круговых гауссовых пучков предпочтительно для резки материалов и лазерным сверлении. Использование кольцевых гауссовых пучков предпочтительно для равномерного нагрева и плавления (наплавки) вещества.

Литература

1. Веденов, А. А. Физические процессы при лазерной обработке материалов / А. А. Веденов, Г. Г. Гладуш. – М. : Энергоатомиздат, 2006. – 211 с.
2. Мисуров, А. И. Технология лазерной наплавки / А. И. Мисуров, Б. М. Федоров. – М. : Изд-во МГТУ, 2004. – 288 с.

СОЗДАНИЕ МОДЕЛЕЙ КРАТКОСРОЧНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ (НА ПРИМЕРЕ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ ДЛЯ ТРАНСПЕДИКУЛЯРНОЙ ФИКСАЦИИ ПОЗВОНОЧНИКА)

А. А. Кашперов

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель Ж. В. Кадолич

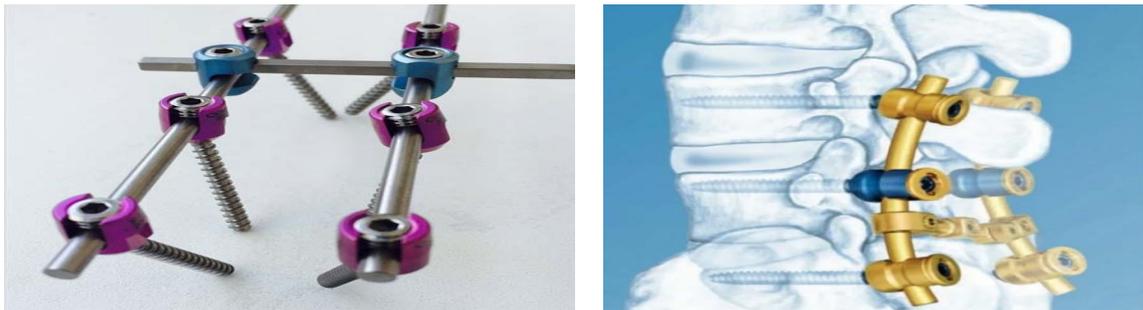
Поставлены и решены задачи по прогнозированию данных, позволяющих оценить потребность в транспедикулярных винтах (структурные элементы конструкции для транспедикулярной фиксации позвоночника) в масштабах Республики Беларусь на 2022–2023 гг. Полученные результаты позволяют обосновать экономическую целесообразность производства навигационных шаблонов – устройств, использование которых в медицинской практике повышает процент успеха операции на позвоночнике.

Ключевые слова: транспедикулярный винт, транспедикулярная конструкция, навигационный шаблон, прогнозирование.

Позвоночник – основная часть осевого скелета человека, которая при определенных чрезмерных нагрузках, ударах, травмах или генетических отклонениях может «выйти из строя». Вывихи, переломы, дегенеративно-дистрофические процессы, врожденные и приобретенные дефекты, включая сколиотическую деформацию, неудачные операции на позвоночнике – все эти факторы отрицательно сказываются на качестве жизни, здоровье и двигательных возможностях человека. Стабилизирующие металлоконструкции, созданные в результате симбиоза специалистов технического и медицинского профилей, помогают устранить перечисленные выше проблемы.

Согласно данным работ [1, 2], транспедикулярная фиксация позвоночника – операция, при которой позвонки фиксируются и стабилизируются при помощи специальных имплантов – транспедикулярных винтов (рис. 1). В каждом позвонке есть точка ввода такого винта. С помощью специальных инструментов винты вкручиваются в эту точку, определяя анатомически правильное расположение позвоночника.

Следует отметить, что транспедикулярные винты являются частью сборной конструкции, называемой транспедикулярной, в состав которой входят также гайки и репонирующие штанги.



а)

б)

Рис. 1. Транспедикулярные винты (а) в составе сборной конструкции (б), установленной в ходе медицинского вмешательства

Успех операции по установке транспедикулярных конструкций (ТПК) зависит от множества факторов. Один из них – это использование дорогостоящего (млн долл. США) интерпретационного КТ-томографа с навигационной станцией. В настоящее время такой томограф в нашей стране имеется в арсенале только двух республиканских больниц (в г. Минск и Гомеле). Проведение операций без данного оборудования затруднительно – их успех даже при незначительных патологиях позвоночника и небольших повреждениях анатомических структур невысок (около 67 %). В случае значительных повреждений позвоночника хирургу требуется делать большой разрез, что увеличивает продолжительность последующей реабилитации больного. Даже после таких манипуляций хирург может не определить, куда устанавливать транспедикулярный винт, что значительно снижает процент успеха операции. Во избежание этого в медицинской практике нейрохирургов многих стран (Израиль, Германия, Испания и др.) применяются навигационные шаблоны – устройство, которое направляет инструмент хирурга «точно в цель». Создание подобных шаблонов

в Республике Беларусь – социально важная задача [2, 3], одним из этапов в решении которой является экономическое обоснование потребности в ТПК.

Анализируя цифровой материал по установке элементов ТПК в Гомельской областной клинической больнице и Минском НПЦ хирургии, трансплантологии и гематологии (табл. 1), можно сделать вывод, что прогнозирование потребности в их количестве проще вести по годовому объему установленных транспедикулярных винтов, поскольку именно в разрезе этих данных в учреждениях здравоохранения ведется статистический анализ.

Для построения краткосрочных прогнозов эффективными являются методы экспоненциального сглаживания с учетом линейного тренда [4]. Выбор тренда с учетом данных табл. 1 показал, что наибольшее значение присуще полиномиальному тренду (рис. 2).

Таблица 1

Исходные данные для определения потребности в транспедикулярных винтах в Республике Беларусь

Учреждения здравоохранения	Годовая потребность, шт.			
	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.
Гомельская областная клиническая больница	1000	980	1100	1050
Минский НПЦ хирургии, трансплантологии и гематологии	1520	1450	1500	1510
<i>Всего</i>	2520	2430	2600	2560

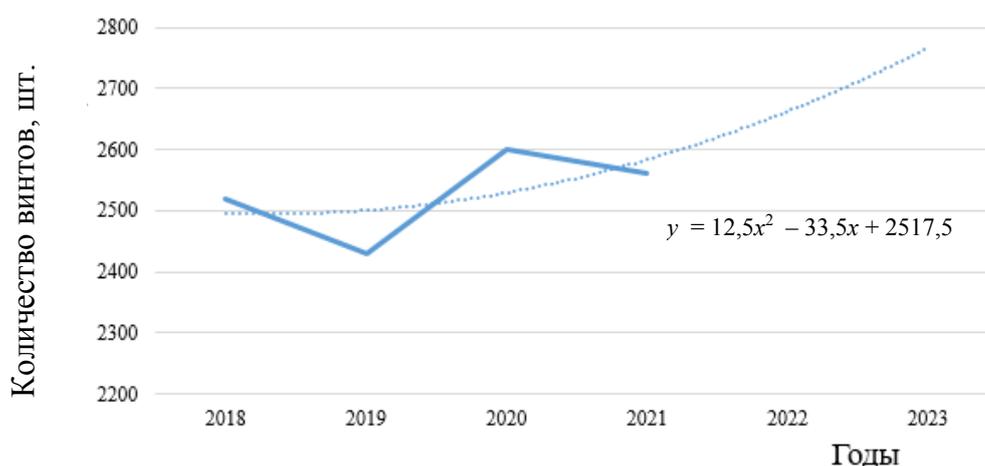


Рис. 2. Полиномиальный прогноз с использованием линии тренда:
 — фактическое количество установленных винтов, шт.;
 – полиномиальный прогноз количества установленных винтов, шт.

Для прогнозирования количества транспедикулярных винтов воспользуемся приведенной на рис. 2 формулой (итоговое значение выбрано с учетом максимального значения коэффициента аппроксимации). Следовательно, прогноз потребности на 2022 г. составит 2662, на 2023 – 2766 шт.

В качестве показателя устойчивости тенденции изменения показателя «потребность в транспедикулярных винтах» используем коэффициент корреляции рангов Ч. Спирмэна [5]:

$$r_{Cn} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n \Delta_i^2}{n^3 - n},$$

где n – число уровней; Δ_i – разность рангов уровней и номеров временного периода.

Согласно данным табл. 2, коэффициент корреляции Ч. Спирмэна равен $r_{Cn} = 0,886$. Следовательно, тенденция увеличения анализируемого показателя высокоустойчива (корреляция между показателями статистически значима).

Таблица 2

Расчет коэффициента корреляции Ч. Спирмэна для оценки данных в разрезе показателя «потребность в транспедикулярных винтах»

Год	Годовая потребность (уровень), шт.	Ранг потребности (ранг уровней), p_i	Номер временного периода, p_n	$p_i - p_n = \Delta_i$	Δ_i^2
2018	2520	2	1	1	1
2019	2430	1	2	-1	1
2020	2600	4	3	1	1
2021	2560	3	4	-1	1
2022	2662	5	5	0	0
2023	2766	6	6	0	0
<i>Итого</i>	–	–	–	–	4

Таким образом, можно сделать вывод о том, что потребность в транспедикулярных винтах в Республике Беларусь растет. Плохая экология, наследственность, травматичность и некоторые другие неблагоприятные факторы способствуют тому, что кривая роста количества операций ТПК в целом стремительно растет вверх и, как следствие, потребность в навигационных шаблонах также возрастает.

Литература

1. Транспедикулярная фиксация позвоночника. – Режим доступа: <https://spinelife.ru/transpedikulyarnaya-fiksaciya-pozvonochnika/>. – Дата доступа: 01.04.2023.
2. Особенности трехмерного моделирования анатомических структур человека для повышения эффективности оперативного лечения в ортопедии и нейрохирургии / Е. В. Ковалев [и др.] // Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления : материалы XXI Междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, 22–23 апр. 2021 г. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2021. – Ч. 1. – С. 125–127.
3. Опыт разработки материалов и изделий медицинского и технического назначения с использованием аддитивных технологий / В. В. Дубровский [и др.] // Полимер. материалы и технологии. – 2020. – Т. 6, № 2. – С. 78–85.
4. Статистика : учеб. для бакалавров / И. И. Елисеева [и др.] ; под ред. И. И. Елисеевой. – М. : Юрайт, 2011. – 565 с.
5. Гусаров, В. М. Теория статистики : учеб. пособие / В. М. Гусаров. – М. : ЮНИТИ, 2004. – 463 с.