

УДК 684.731:612.014.47

Е. И. Гордиевич, Л. В. Игнатович, А. П. Васеха
Белорусский государственный технологический университет

**АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПРУЖИН
НЕЗАВИСИМОГО ПРУЖИННОГО БЛОКА
НА АНАТОМО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЧЕЛОВЕКА**

В последнее время стала очень популярна и востребована мебель с мягкими элементами на основе независимого пружинного блока, обладающего анатомическим и ортопедическим эффектами. При проектировании такой мебели возникает необходимость учитывать анатомо-физиологические требования, основным из которых является обеспечение горизонтального положения позвоночника при лежании. Для выполнения этого условия необходимо, чтобы пружинный блок облегал тело (повторял контуры тела).

Актуальность темы нашей работы не вызывает сомнений, так как литературный обзор, проведенный по источникам научно-технической литературы, изданной как в нашей стране, так и за рубежом, а также по имеющейся информации в сети Интернет, показывает малочисленность научных исследований в этой сфере.

В рамках данной статьи проведен анализ влияния параметров независимых пружин (диаметра пружины и толщины проволоки) на анатомический эффект пружинного блока. Выполненные теоретические исследования на основе расчетно-аналитического метода позволили установить рациональный диапазон линейных параметров рассматриваемых независимых пружин с учетом индекса массы тела, т. е. соотношения роста и веса. В данном исследовании проводился индивидуальный подбор пружин, учитывая особенности конкретного человека.

Основной акцент при выборе расчетных методик для проведения анализа сделан не столько на точность выдаваемого ими конечного результата, сколько на установление влияния диаметра независимых пружин и их толщины на анатомический эффект с учетом анатомо-физиологических особенностей человека.

Ключевые слова: независимый пружинный блок, пружины, анатомический эффект, параметры пружин, анатомо-физиологические требования.

Для цитирования: Гордиевич Е. И., Игнатович Л. В., Васеха А. П. Анализ влияния параметров пружин независимого пружинного блока на анатомо-физиологические особенности человека // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2024. № 2 (282). С. 194–202.

DOI: 10.52065/2519-402X-2024-282-24.

E. I. Gordiyevich, L. V. Ignatovich, A. P. Vasekha
Belarusian State Technological University

**ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF SPRING PARAMETERS
OF AN INDEPENDENT SPRING BLOCK ON THE ANATOMIC
AND PHYSIOLOGICAL FEATURES OF HUMAN**

Recently, furniture with soft elements based on an independent spring block with anatomical and orthopedic effects has become very popular and in demand. When designing such furniture, it becomes necessary to take into account anatomical and physiological requirements, the main of which is to ensure the horizontal position of the spine when lying down. To fulfill this condition, it is necessary that the spring block fits the body (follows the contours of the body).

The relevance of the topic of our work is beyond doubt, since a literary review conducted on the sources of scientific and technical literature performed both in our country and abroad, as well as according to available information on the Internet, shows that there is little available scientific research in this field.

Within the framework of this article, the influence of the parameters of independent springs (the diameter of the spring and the thickness of the wire) on the anatomical effect of the spring block is analyzed. The theoretical studies carried out on the basis of the computational and analytical method allowed us to establish a rational range of linear parameters of the considered independent springs, taking into account the body mass index, that is, the ratio of height and weight. In this study, an individual selection of springs was carried out, taking into account the characteristics of a particular person.

The main emphasis when choosing calculation methods for analysis is not so much on the accuracy of the final result they produce, as on determining the influence of the diameter of independent springs and their thickness on the anatomical effect, taking into account the anatomical and physiological characteristics of a person organoleptic method, expert method.

Keywords: independent spring block, springs, anatomical effect, spring parameters, anatomical and physiological requirements.

For citation: Gordiyevich E. I., Ignatovich L. V., Vasekha A. P. Analysis of the influence of spring parameters of an independent spring block on the anatomic and physiological features of human. *Proceedings of BSTU, issue 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources*, 2024, no. 2 (282), pp. 194–202 (In Russian).

DOI: 10.52065/2519-402X-2024-282-24.

Введение. Актуальной задачей современных мебельных предприятий можно считать диверсификацию производства – расширение и совершенствование ассортимента конкурентоспособных изделий мебели, в частности мягкой [1, 2]. В настоящее время производители предлагают достаточно широкий ассортимент мебели для лежания, при проектировании которой акцент делается не только на конструкции изделий, но и непосредственно на сами мягкие элементы, в особенности матрасы, которые могут быть пружинными и безпружинными. Каждый их тип имеет свою особенность.

Важным элементом пружинного матраса является пружинный блок, выбор которого оказывает непосредственное влияние на комфортабельность, срок службы и стоимость матраса в целом. Пружинные блоки, в свою очередь, делятся на два типа: с зависимыми и независимыми пружинами. На сегодняшний день самыми современными и востребованными являются независимые пружинные блоки [3, 4].

Независимый пружинный блок состоит из пружин, не связанных между собой, но расположенных в блоке максимально тесно в несколько рядов (рис. 1). Каждая пружина находится в отдельном тканевом чехле (кармане). Пружины сжимаются, повторяя форму человеческого тела, независимо друг от друга, продавливаются только те, на которые идет непосредственная нагрузка, а соседние остаются в разжатом состоянии [5]. Такого рода пружины характеризуются рядом параметров, которые обуславливают их жесткость – способность сопротивляться деформации [6].



Рис. 1. Независимый пружинный блок

Выбор и обоснование параметров независимых пружин, оптимальных для применения в

пружинных блоках с учетом особенностей конкретного человека, являются весьма актуальными задачами, так как направлены на обеспечение максимального комфорта во время отдыха.

Основная часть. Согласно теоретическому анализу литературы основным эксплуатационным свойством мягкого элемента (матраса) является комфортабельность (удобство пользования), которое, в свою очередь, зависит от правильного выбора конструкции и формы, размеров, свойств исходных материалов, формирующих мягкие элементы и обеспечивающих их антропометрическую совместимость, т. е. правильное положение тела человека с физиологической точки зрения при контакте его с опорной поверхностью элемента мебели [7–9].

Поскольку пружинный блок самый важный элемент матраса, необходимо исследовать специфические параметры пружин, влияющие на анато-физиологические особенности человека.

В качестве исследуемых параметров в данной работе выбраны диаметр независимых пружин и толщина проволоки, из которой они изготовлены. Для анализа влияния этих параметров необходимо рассчитать прогибы независимого пружинного блока под весом человека, сравнить их с графиком оптимальных прогибов (требуемых с анато-физиологической точки зрения) и установить рациональный диапазон линейных параметров рассматриваемых независимых пружин, подходящий для человека с конкретными антропометрическими показателями.

При расчете прогибов независимого пружинного блока учитывались следующие данные:

- геометрия независимых пружин: форма – цилиндрическая, диаметры D – 60, 45, 40 и 28 мм, высота – 150 мм, количество витков – 6, расположение в блоке – последовательное (т. е., в ряд друг за другом);
- материал пружин: проволока стальная углеродистая;
- антропометрические показатели: вес и рост человека, высота и ширина плеч, груди, талии, бедер, голени.

Так как мягкая мебель обычно проектируется для взрослого человека, вся работа велась в расчете на взрослого «среднего» мужчину, ростом 170 см и весом 75 кг.

Для расчета нагрузки на пружинный блок имеет существенное значение распределение массы

тела, а не только вес человека. При проектировании мебели для сна необходимо условно разделить фигуру человека на участки высокого и низкого давления. Разные области тела человека с разным весом точечно давят на опорную поверхность матраса. А значит им нужна разная интенсивность поддержки. С этой целью матрасы и с анатомическим, и с ортопедическим эффектом делят на зоны жесткости [10, 11].

В связи с вышеизложенным, чтобы в дальнейшем определить, какая часть веса человека приходится на каждую зону, его тело было условно разделено на следующие сегменты: зона головы, груди, талии, бедра, голени и ступни.

Определяемая масса каждого сегмента вычислялась согласно уравнению множественной регрессии, учитывающему антропометрические особенности человека (длина тела и масса) [12]:

$$M = A_0 + A_1 X_1 + A_2 X_2, \quad (1)$$

где M – масса сегмента, кг; A_0, A_1, A_2 – коэффициенты уравнений множественной регрессии; X_1 – общая масса тела человека, кг; X_2 – длина тела (рост), см.

Значения используемых коэффициентов уравнений множественной регрессии A_0, A_1, A_2 , согласно литературным данным [12], приведены в табл. 1.

Таблица 1

Коэффициенты уравнений множественной регрессии для вычисления массы сегментов тела человека

Сегмент	A_0	A_1	A_2
Голова	1,296	0,017	0,014
Грудь	-4,871	0,182	0,092
Талия	-2,361	0,145	0,043
Бедро	-5,298	0,292	0,027
Голень	-3,184	0,072	0,024
Стопа	-1,658	0,016	0,015

Таким образом, масса каждого сегмента человека, согласно уравнению (1), будет равна:

$$M_{\text{головой}} = 1,296 + 0,017 \cdot 75 + 0,014 \cdot 170 = 4,95 \text{ кг};$$

$$M_{\text{груди}} = -4,871 + 0,182 \cdot 75 + 0,092 \cdot 170 = 24,42 \text{ кг};$$

$$M_{\text{талии}} = -2,361 + 0,145 \cdot 75 + 0,043 \cdot 170 = 15,82 \text{ кг};$$

$$M_{\text{бедра}} = -5,298 + 0,292 \cdot 75 + 0,027 \cdot 170 = 21,19 \text{ кг};$$

$$M_{\text{голени}} = -3,184 + 0,072 \cdot 75 + 0,024 \cdot 170 = 6,30 \text{ кг};$$

$$M_{\text{стопы}} = -1,658 + 0,016 \cdot 75 + 0,015 \cdot 170 = 2,09 \text{ кг}.$$

Для определения длин сегментов тела, в том числе и различных отделов туловища, использовано следующее уравнение [12]:

$$L = B_0 + B_1 Z_1 + B_2 Z_2 + B_3 Z_3, \quad (2)$$

где L – длина сегмента, см; B_0, B_1, B_2, B_3 – коэффициенты уравнений множественной регрессии; Z_1 – длина ноги, см ($Z_1 = 85$ см); Z_2 – длина тела (рост), см; Z_3 – длина руки, см ($Z_3 = 60$ см).

Значения коэффициентов уравнения множественной регрессии B_0, B_1, B_2, B_3 для определения длин сегментов тела человека, согласно источникам литературы [12], приведены в табл. 2.

Таблица 2

Коэффициенты уравнений множественной регрессии для вычисления длин сегментов тела

Сегмент	B_0	B_1	B_2	B_3
Голова	15,90	-0,046	0,094	-0,05
Грудь	3,78	-0,133	0,11	0,17
Талия	2,89	-0,219	0,221	-0,05
Бедро	5,34	0,33	0,093	-0,01
Голень	1,05	0,282	0,049	0,033
Стопа	0,516	0,0086	0,109	0,069

Длина каждого сегмента тела составила:

$$L_{\text{головой}} = 15,9 - 0,046 \cdot 85 + 0,094 \cdot 170 - 0,05 \cdot 60 = 24,97 \text{ см};$$

$$L_{\text{груди}} = 3,78 - 0,133 \cdot 85 + 0,11 \cdot 170 + 0,17 \cdot 60 = 21,37 \text{ см};$$

$$L_{\text{талии}} = 2,89 - 0,219 \cdot 85 + 0,221 \cdot 170 - 0,05 \cdot 60 = 18,85 \text{ см};$$

$$L_{\text{бедра}} = 5,34 + 0,33 \cdot 85 + 0,093 \cdot 170 - 0,01 \cdot 60 = 48,60 \text{ см};$$

$$L_{\text{голени}} = 1,05 + 0,282 \cdot 85 + 0,049 \cdot 170 + 0,033 \cdot 60 = 35,33 \text{ см};$$

$$L_{\text{стопы}} = 0,516 + 0,0086 \cdot 85 + 0,109 \cdot 170 + 0,069 \cdot 60 = 23,92 \text{ см}.$$

Результаты расчетов массы и длины каждого сегмента тела человека весом 75 кг и ростом 170 см приведены в табл. 3.

Таблица 3

Результаты расчетов массы и длины каждого сегмента тела человека

Сегмент	Масса сегментов тела M , кг	Длина сегментов тела L , см
Голова	4,95	24,97
Грудь	24,42	21,37
Талия	15,82	18,85
Бедро	21,19	48,60
Голень	6,30	35,33
Стопа	2,09	23,92

Далее сила, с которой каждый сегмент тела действует на независимые пружины блока, рассчитывалась по формуле [13]

$$F = mg, \tag{3}$$

где m – масса тела, кг; g – ускорение свободного падения, Н/кг.

Для расчета силы нагружения каждый участок настильного слоя мягкого элемента, расположенный над соседними пружинами блока, был представлен в виде двухопорной балки, нагруженной равномерно распределенной нагрузкой. Ввиду особенности конструкции, пружины практически не ограничивают перемещение настильных слоев в горизонтальной плоскости. Поэтому они были рассмотрены в виде шарнирно-подвижных опор. Нагрузка, распределенная по поверхности пружинного блока, приведена к главной поверхности, в результате чего получилась нагрузка, распределенная по линии.

В силу симметрии нагружения опорные реакции R , численно равные усилиям, действующим на пружину, определялись по формуле [14]

$$R = \frac{ql}{2}, \tag{4}$$

где q – распределенная нагрузка на каждом участке, Н/м; l – расстояние между центрами пружин, м. Распределенная нагрузка на каждом участке пружинного блока рассчитывалась по формуле [14]

$$q = pb, \tag{5}$$

где p – величина нагрузки, приходящаяся на единицу площади, Н/м²; b – ширина участка, где действует нагрузка, м.

Величина нагрузки, приходящаяся на единицу площади, рассчитывалась по формуле

$$p = \frac{F}{S}, \tag{6}$$

где F – сила, с которой каждый сегмент тела действует на независимые пружины блока, кг; S – площадь сегмента, м².

Чтобы оценить, насколько удобна та или иная конструкция пружинного блока необходимо рассчитать прогибы пружин под телом человека [15].

Пружины являются одним из важных элементов ортопедического свойства, жесткость поверхности для сна, устойчивость к нагрузкам, способность повторять контуры тела человека.

Величина прогиба пружин под нагрузкой определялась по формуле [14]

$$\lambda = \frac{8PD^3n}{Gd^4}, \tag{7}$$

где P – усилие, действующее на пружину, Н; D – наружный диаметр пружины, мм; n – число рабочих витков пружины, шт.; G – модуль сдвига, МПа; d – диаметр проволоки, мм.

Результаты расчетов, выполненные и обработанные с помощью программного пакета MS Excel, представлены в табл. 4.

В результате произведенных расчетов были построены графики прогибов пружинных блоков в зависимости от диаметра пружин D и проволоки d , из которых они изготовлены. На основании этого стало возможным определить наиболее оптимальные параметры независимых пружин (диаметр и толщину проволоки), подходящие для человека весом 75 кг и ростом 170 см.

Таблица 4

Результаты расчета прогибов пружинного блока в зависимости от параметров пружин с числом витков $n = 6$

Показатель	Зона блока					
	голова	грудь	талия	бедро	голень	стопа
Диаметр пружины $D = 60$ мм, толщина проволоки $d = 2,3$ мм						
Усилие на пружину P , Н	6,8	26,5	12,4	17,4	5,9	2,5
Прогиб пружины λ , мм	31,9	114,3	58,5	81,8	25,4	11,7
Диаметр пружины $D = 60$ мм, толщина проволоки $d = 2,2$ мм						
Усилие на пружину P , Н	6,8	26,5	12,4	17,4	5,9	2,5
Прогиб пружины λ , мм	38,1	139,1	69,9	97,8	30,3	14,0
Диаметр пружины $D = 60$ мм, толщина проволоки $d = 2,1$ мм						
Усилие на пружину P , Н	6,8	26,5	12,4	17,4	5,9	2,5
Прогиб пружины λ , мм	45,9	169,8	84,1	117,8	36,5	16,8
Диаметр пружины $D = 45$ мм, толщина проволоки $d = 1,8$ мм						
Усилие на пружину P , Н	5,0	19,5	9,1	12,8	3,9	1,8
Прогиб пружины λ , мм	26,5	103,4	48,5	67,9	21,0	9,6
Диаметр пружины $D = 45$ мм, толщина проволоки $d = 1,7$ мм						
Усилие на пружину P , Н	5,0	19,5	9,1	12,8	3,9	1,8
Прогиб пружины λ , мм	33,2	130,3	60,9	85,3	26,4	12,7
Диаметр пружины $D = 45$ мм, толщина проволоки $d = 1,6$ мм						
Усилие на пружину P , Н	5,0	19,5	9,1	12,8	3,9	1,8
Прогиб пружины λ , мм	42,4	166,8	77,7	108,4	33,8	15,5

Окончание табл. 4

Показатель	Зона блока					
	голова	грудь	талия	бедро	голень	стопа
Диаметр пружины $D = 40$ мм, толщина проволоки $d = 1,6$ мм						
Усилие на пружину P , Н	4,4	17,4	8,1	11,4	3,5	1,6
Прогиб пружины λ , мм	26,3	103,6	48,1	67,2	21,1	9,7
Диаметр пружины $D = 40$ мм, толщина проволоки $d = 1,5$ мм						
Усилие на пружину P , Н	4,4	17,4	8,1	11,4	3,5	1,6
Прогиб пружины λ , мм	34,2	134,8	62,8	87,9	27,3	12,5
Диаметр пружины $D = 40$ мм, толщина проволоки $d = 1,4$ мм						
Усилие на пружину P , Н	4,4	17,4	8,1	11,4	3,5	1,6
Прогиб пружины λ , мм	45,2	176,4	82,1	115,7	35,9	16,5
Диаметр пружины $D = 28$ мм, толщина проволоки $d = 1,2$ мм						
Усилие на пружину P , Н	3,1	12,5	5,6	8,0	2,4	1,1
Прогиб пружины λ , мм	20,1	78,7	36,1	51,5	16,0	7,4
Диаметр пружины $D = 28$ мм, толщина проволоки $d = 1,1$ мм						
Усилие на пружину P , Н	3,1	12,5	5,6	8,0	2,4	1,1
Прогиб пружины λ , мм	28,5	111,6	52,1	73,3	22,6	10,4
Диаметр пружины $D = 28$ мм, толщина проволоки $d = 1,0$ мм						
Усилие на пружину P , Н	3,1	12,5	5,6	8,0	2,4	1,1
Прогиб пружины λ , мм	41,1	163,1	76,3	106,9	33,2	15,3

Различные кривые, полученные по результатам расчета, отображены на рис. 2–5. Кривая оптимальных прогибов (требуемых с анатомо-физиологической точки зрения) построена на основании литературных данных [15].

Анализируя полученные графические зависимости (рис. 2–5) влияния диаметра пружины и проволоки на прогиб пружинного блока, можно заключить следующее:

– пружинный блок с независимыми пружинами диаметром $D = 60$ мм и диаметром проволоки 2,2 и 2,3 мм хорошо облегает тело человека. Пружины с диаметром проволоки меньше, чем 2,2 мм, в нашем случае 2,1 мм, не совсем подходят, так как в зоне груди не выполняется условие и происходит провисание этой части тела, причем величина провисания превышает высоту пружинного блока. Такие пружины использовать можно, но тогда непосредственно в зоне груди следует усиливать пружинный блок,

например за счет увеличения диаметра проволоки;

– пружинный блок с независимыми пружинами диаметром $D = 45$ мм и диаметром проволоки 1,7 и 1,8 мм хорошо облегает тело человека. Пружины с диаметром проволоки 1,6 мм не совсем подходят, так как в зоне груди не выполняется условие и происходит провисание этой части тела на недопустимую величину. Такие пружины использовать можно, но только необходимо усиливать пружинный блок именно в зоне груди, например за счет увеличения диаметра проволоки. Таким образом, пружинный блок с независимыми пружинами диаметром $D = 45$ мм и диаметром проволоки меньше 1,6 мм не следует рекомендовать для использования, так как он не обеспечивает правильное положение тела человека, как и пружинный блок с пружинами, диаметр проволоки которых больше 1,8 мм, потому что это будет слишком жестко для данного веса;

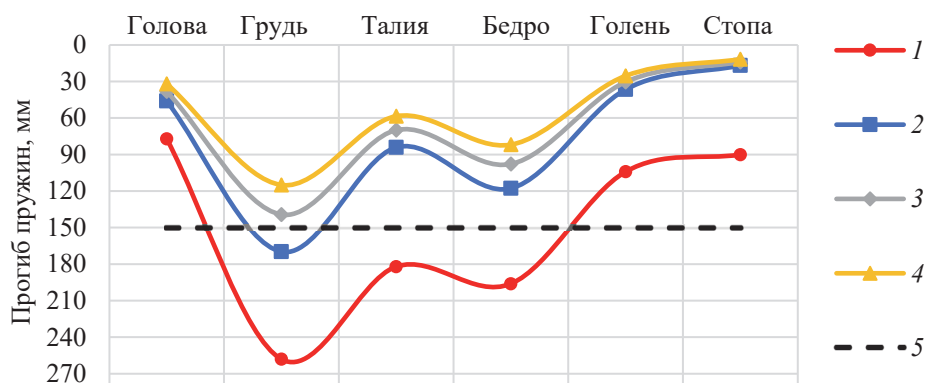


Рис. 2. Влияние диаметра пружины $D = 60$ мм на прогиб пружинного блока:
1 – оптимальные прогибы; 2 – прогибы при $d = 2,1$ мм; 3 – прогибы при $d = 2,2$ мм;
4 – прогибы при $d = 2,3$ мм; 5 – граница высоты пружинного блока

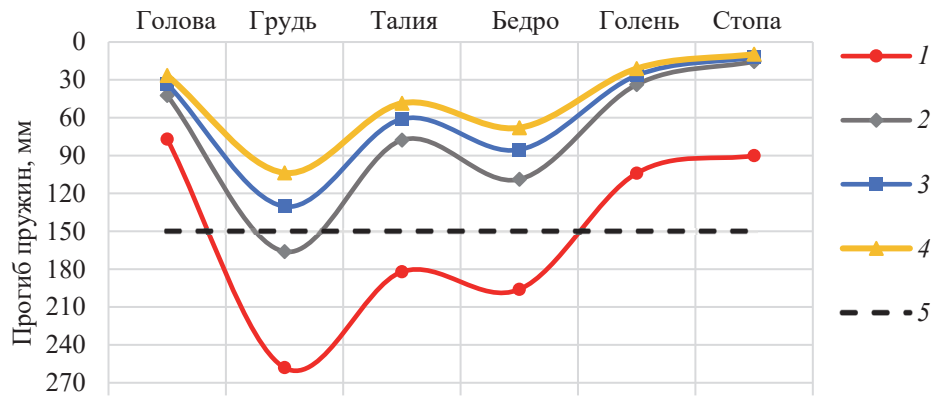


Рис. 3. Влияние диаметра пружины $D = 45$ мм на прогиб пружинного блока:
 1 – оптимальные прогибы; 2 – прогибы при $d = 1,6$ мм; 3 – прогибы при $d = 1,7$ мм;
 4 – прогибы при $d = 1,8$ мм; 5 – граница высоты пружинного блока

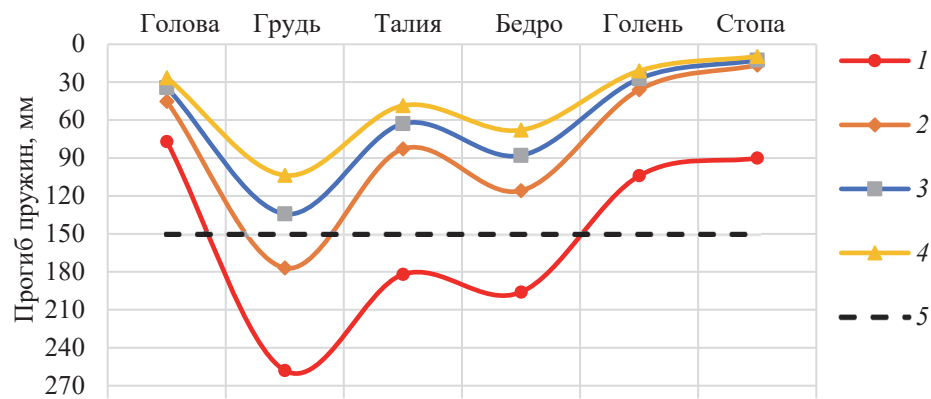


Рис. 4. Влияние диаметра пружины $D = 40$ мм на прогиб пружинного блока:
 1 – оптимальные прогибы; 2 – прогибы при $d = 1,4$ мм; 3 – прогибы при $d = 1,5$ мм;
 4 – прогибы при $d = 1,6$ мм; 5 – граница высоты пружинного блока

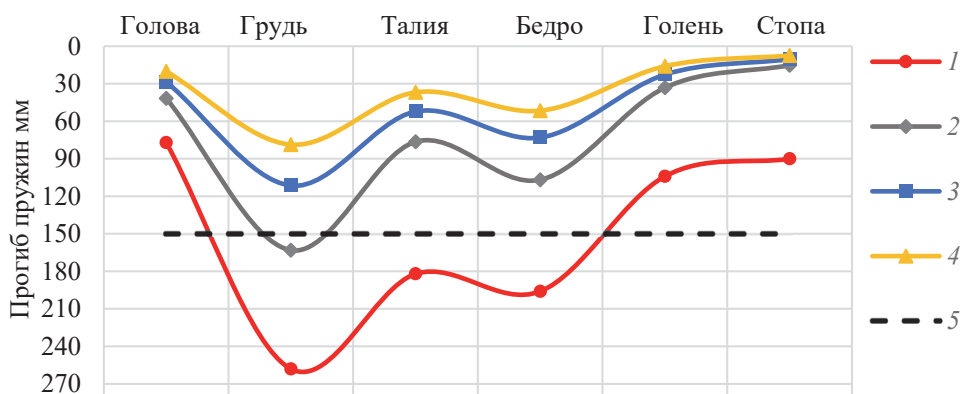


Рис. 5. Влияние диаметра пружины $D = 28$ мм на прогиб пружинного блока:
 1 – оптимальные прогибы; 2 – прогибы при $d = 1,0$ мм; 3 – прогибы при $d = 1,1$ мм;
 4 – прогибы при $d = 1,2$ мм; 5 – граница высоты пружинного блока

– пружинный блок с независимыми пружинами диаметром $D = 40$ мм и диаметром проволоки 1,5 и 1,6 мм хорошо облегает тело человека. Пружины с диаметром проволоки 1,4 мм не совсем подходят, так как в зоне груди не выполняется условие и происходит провисание этой

части тела на недопустимую величину. Такие пружины использовать можно, но только необходимо усиливать пружинный блок в зоне груди, например за счет увеличения диаметра проволоки до 1,6 мм. Таким образом, пружинный блок с независимыми пружинами, диаметром $D = 40$ мм и

диаметром проволоки меньше 1,4 мм не следует рекомендовать для использования, так как он не обеспечивает правильное положение тела человека, как и пружинный блок с пружинами, диаметр проволоки которых больше 1,7 мм, потому что это будет слишком жестко для данного веса;

– пружинный блок с независимыми пружинами диаметром $D = 28$ мм и диаметром проволоки 1,1 и 1,2 мм хорошо облегает тело человека. Пружины с диаметром проволоки меньше 1,0 мм не подходят, так как в зоне груди не выполняется условие и происходит провисание этой части тела на недопустимую величину. Таким образом, пружинный блок с независимыми пружинами диаметром $D = 28$ мм и диаметром проволоки больше 1,2 мм не следует рекомендовать для использования, потому что это будет слишком жестко для данного веса.

На основании вышесказанного логично предположить, что для человека весом 75 кг и ростом 170 см наиболее оптимальным вариантом будет использование матрасов с независимым пружинным блоком, диаметр пружин и диаметр проволоки которых составляют: $D = 60$ мм и $d = 2,2–2,3$ мм; $D = 45$ мм и $d = 1,7–1,8$ мм; $D = 40$ мм и $d = 1,5–1,6$ мм; $D = 28$ мм и $d = 1,1–1,2$ мм. Важно отметить, что эти данные могут варьироваться в зависимости от конкретного случая и используемого метода расчета.

Согласно литературным источникам, анатомические и ортопедические свойства пружинного блока улучшаются с возрастанием числа пружин в нем. С уменьшением диаметра пружин их количество в самом блоке увеличивается [16]. Следовательно, лучшим с точки зрения анатомического и ортопедического эффекта, а также комфортабельности и удобства для человека весом 75 кг и

ростом 170 см может быть признан независимый пружинный блок с $D = 28$ мм и $d = 1,1–1,2$ мм.

Полученные данные являются оптимальными для человека, относящегося по антропометрическим признакам к среднестатистическому (рост мужчин около 170 см при среднем весе приблизительно 75 кг), но они не могут удовлетворять анатомо-физиологическим требованиям людей, имеющих отклонения от средних размеров. Пружинный блок, имеющий оптимальные показатели, нельзя рассматривать как лучший для всех людей и для всех условий.

Заключение. Подводя итоги работы и оценивая результаты анализа, необходимо отметить следующее:

1) при уменьшении диаметра независимых пружин толщину проволоки необходимо тоже уменьшать, для получения наилучшего анатомического эффекта пружинного блока;

2) распределение нагрузки на пружинный блок может варьироваться в зависимости от физических характеристик каждого человека, поэтому для достижения наилучшего результата необходимо провести индивидуальный подбор пружин, учитывая особенности конкретного человека. При этом следует учитывать индекс массы тела, т. е. соотношение роста и веса;

3) упругость отдельных пружин может быть адаптирована путем изменения толщины проволоки. Конструкция пружин, особенно толщина проволоки, в основном определяет упругие свойства пружинных блоков.

Данные, полученные в результате расчета параметров независимых пружин, влияющих на анатомический эффект мягких элементов, целесообразно применять при разработке конструкции пружинного блока с целью создания максимально удобной мягкой мебели.

Список литературы

1. Производители мягкой мебели диверсифицируются // Магазин исследований. URL: <https://marketing.rbc.ru/articles/3573/> (дата обращения: 28.01.2024).
2. Татуев А. А., Зиядин С. Т., Ибраева А. К. Диверсификация в промышленности: понятие, сущность, этапы развития и проблемы применения // Вестн. Алт. гос. аграр. ун-та. Экономика АПК. 2015. № 1 (123). С. 175–182.
3. Пружинные блоки для диванов: разновидности конструкций, преимущества и недостатки // Мебель-эксперт. URL: <https://mebel-expert.info/mebel-svoimi-rukami/krovati-i-divany/pruzhinnye-bloki-dlya-divanov> (дата обращения: 03.02.2024).
4. Блок независимых пружин: что это такое // Vmeste-masterim.ru. URL: <https://vmeste-masterim.ru/blok-nezavisimyh-pruzhin-chto-jeto-takoe.html> (дата обращения: 03.02.2024).
5. Игнатович Л. В., Шетько С. В. Технология производства мебели и столярно-строительных изделий. М.: ИНФРА-М, 2020. 242 с. DOI: 10.12737/1030852.
6. Жесткость пружины, формула // Справочник от Автор24. URL: https://spravochnik.ru/fizika/zhestkost_pruzliny_formula/ (дата обращения: 28.01.2024).
7. Фурин А. И. Производство мягкой мебели. М.: Высш. шк., 1981. 248 с.
8. Jiayu Wu, Hong Yuan, Xin Li. A novel method for comfort assessment in a supine sleep position using three-dimensional scanning technology // Sensor products. URL: <https://www.sensorprod.com/research-articles/>

2018/2018-a_novel_method_for_comfort_assessment_in_a_supine_sleep_position_using_three-dimensional_scanning_technology (date of accessed: 04.02.2024).

9. Барташевич А. А. Технология производства мебели. Ростов н/Д: Феникс, 2003. 480 с.
10. Игнатович Л. В., Гордиевич Е. И. Анализ комплексных оценок качества, влияющих на анатомический и ортопедический эффекты при проектировании мягкой мебели // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2022. № 2 (258). С. 137–147.
11. How to Choose a Mattress // Good Housekeeping. URL: <https://www.goodhousekeeping.com/home-products/a25695/mattress-buying-guide/> (дата обращения: 06.02.2024).
12. Задиорский В. М., Аруин В. Н., Селуянов В. Н. Биомеханика двигательного аппарата человека. М.: Физкультура и спорт, 1981. 143 с.
13. Сила тяжести: формула, определение и единицы измерения // Nur.KZ. URL: <https://www.nur.kz/family/school/1909020-sila-tyazhesti-formula-edinitsy-izmereniya-osobennosti/> (дата обращения: 06.02.2024).
14. Сопротивление материалов Г. С. Писаренко [и др.]. Киев: Вища шк., 1979. 336 с.
15. Сухова А. В. Удобство мягкой мебели. М.: ЦНИИТЭИлеспроба, 1967. 26 с.
16. Сколько пружин должно быть в хорошем матрасе // Сонум. URL: <https://sonum.ru/blog/skolko-pruzhin-dolzno-byt-v-khoroshem-matrased/> (дата обращения: 06.02.2024).

References

1. Manufacturers of upholstered furniture are diversifying. Available at: <https://marketing.rbc.ru/articles/3573/> (accessed 28.01.2024) (In Russian).
2. Tatuev A. A., Ziyadin S. T., Ibraeva A. K. Diversification in industry: concept, essence, stages of development and problems of application. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. Ekonomika APK* [Bulletin of the Altai State Agrarian University. Economics of the agro-industrial complex], 2015, no. 1 (123), pp. 175–182 (In Russian).
3. Spring blocks for sofas: types of designs, advantages and disadvantages. Available at: <https://mebel-expert.info/mebel-svoimi-rukami/krovati-i-divany/pruzhinnye-bloki-dlya-divanov> (accessed 03.02.2024) (In Russian).
4. What is a block of independent springs? Available at: <https://vmeste-masterim.ru/blok-nezavisimyh-pruzhin-cto-jeto-takoe.html> (accessed 03.02.2024) (In Russian).
5. Ignatovich L. V., Shetko S. V. *Tekhnologiya proizvodstva mebeli i stolyarno-stroitel'nykh izdeliy* [Technology of production of furniture and joinery and construction products]. Moscow, INFRA-M Publ., 2020. 242 p. DOI: 10.12737/1030852 (In Russian).
6. Spring stiffness, formula. Available at: <https://spravochnick.ru/fizika/zhestkost-pruzhiny-formula/> (accessed 28.01.2024) (In Russian).
7. Furin A. I. *Proizvodstvo myagkoy mebeli* [Production of upholstered furniture]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1981. 248 p. (In Russian).
8. Jiayu Wu, Hong Yuan, Xin Li. A novel method for comfort assessment in a supine sleep position using three-dimensional scanning technology. Available at: https://www.sensorprod.com/research-articles/2018/2018-a_novel_method_for_comfort_assessment_in_a_supine_sleep_position_using_threedimensional_scanning_technology (accessed 04. 02.2024).
9. Bartashevich A. A. *Tekhnologiya proizvodstva mebeli* [Technology of furniture production]. Rostov-on-Don, Feniks Publ., 2003. 480 p. (In Russian).
10. Ignatovich L. V., Gordiyevich E. I. Analysis of complex quality assessments affecting the anatomical and orthopedic effects in the design of upholstered furniture. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], issue 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources, 2022, no. 2 (258), pp. 137–147 (In Russian).
11. How to Choose a Mattress. Available at: <https://www.goodhousekeeping.com/home-products/a25695/mattress-buying-guide/> (accessed 06.02.2024).
12. Zatsiorsky V. M., Aruin, V. N., Seluyanov V. N. *Biomekhanika dvigatel'nogo apparata cheloveka* [Biomechanics of the human musculoskeletal system]. Moscow, Fizkul'tura i sport Publ., 1981. 143 p. (In Russian).
13. Gravity: formula, definition and units of measurement. Available at: <https://www.nur.kz/family/school/1909020-sila-tyazhesti-formula-edinitsy-izmereniya-osobennosti/> (accessed 06.02.2024).
14. Pisarenko G. S., Agarev V. A., Kvitka A. L., Popkov V. G., Umanskiy E. S. *Soprotivleniye materialov* [Strength of materials]. Kyiv, Vishcha shkola Publ., 1979. 336 p. (In Russian).
15. Sukhova A. V. *Udobstvo myagkoy mebeli* [The convenience of upholstered furniture]. Moscow, TSNIITEIlesprroma Publ., 1967. 26 p. (In Russian).
16. How many springs should a good mattress have. Available at: <https://sonum.ru/blog/skolko-pruzhin-dolzno-byt-v-horoshem-matrased/> (accessed 06.02.2024) (In Russian).

Информация об авторах

Гордиевич Екатерина Ивановна – ассистент кафедры технологии и дизайна изделий из древесины. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: gordiyevich@belstu.by

Игнатович Людмила Владимировна – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технологии и дизайна изделий из древесины. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: ignatovich@belstu.by, lignatovich6@gmail.com

Васеха Антон Павлович – ассистент кафедры механики и конструирования. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: vaseha@belstu.by

Information about the authors

Gordiyevich Ekaterina Ivanovna – assistant, the Department of Technology and Design of Wooden Articles. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: gordiyevich@belstu.by

Ignatovich Lyudmila Vladimirovna – PhD (Engineering), Associate Professor, Assistant Professor, the Department of Technology and Design of Wooden Articles. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: ignatovich@belstu.by, lignatovich6@gmail.com

Vasekha Anton Pavlovich – assistant, the Department of Mechanics and Design. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: vaseha@belstu.by

Поступила 15.03.2024