

**ЗАЩИТА ОТ ТРАВМАТИЗМА ЛЮДЕЙ
С НАРУШЕНИЕМ РАВНОВЕСИЯ И КООРДИНАЦИИ ДВИЖЕНИЯ***

**PROTECTING PEOPLE WITH BALANCE AND COORDINATION
IMPAIRMENTS FROM INJURY**

З.Р. ГРИГОРЬЕВА¹, О.Н. БУДЕЕВА¹, Т.С. СОЛОДУШЕНКОВА¹, Т.Б. МИНАСОВ², Н.М. БЛИНОВА²
Z.R. GRIGORIEVA¹, O.N. BUDEEVA¹, T.S. SOLODUSHENKOVA¹, T.B. MINASOV², N.M. BLINOVA²

¹Уфимский государственный нефтяной технический университет,
²Башкирский государственный медицинский университет)

(Ufa State Petroleum Technical University,
Bashkir State Medical University)

E-mail: zarema_grigoreva@inbox.ru, olga.budeeva@yandex.ru

Изучены существующие разработки по элементам защиты шейки бедра от перелома. Несомненная значимость создания элементов защиты от травматизма, применяемых в повседневной жизни пожилого человека, стала целью создания швейного изделия, встраиваемого в одежду. Определены основные требования и рассчитаны технические характеристики проектируемых изделий. Разработана технология изготовления защитных элементов одежды. Проведены экспериментальные исследования прочностных характеристик трехмерных моделей бедренных костей в области шейки бедра, накрытых защитным элементом. Получены положительные результаты испытаний. Тем самым определены лучшие виды материалов и трикотажных переплетений для создания защиты от травматизма людей с нарушением равновесия и координации движения.

The existing developments on elements of protection of the femoral neck from fracture have been studied. The undoubted importance of creating injury protection elements used in the daily life of an elderly person has become the goal of creating a sewing product embedded in clothing. The basic requirements were defined and the technical characteristics of the designed products were calculated. The technol-

* Работа выполнена при финансовой поддержке Стратегического проекта «Новая среда жизни» программы развития ФГБОУ ВО УГНТУ на 2021-2030 годы в соответствии с программой стратегического академического лидерства «Приоритет-2030».

ogy of manufacturing protective clothing elements has been developed. Experimental studies of the strength characteristics of three-dimensional models of femoral bones in the area of the femoral neck covered with a protective element have been carried out. Positive test results have been obtained. Thus, the best types of materials and knitted weaves have been identified to create protection against injuries to people with impaired balance and movement coordination.

Ключевые слова: защитный элемент, перелом, шейка бедра, пожилой человек, инвалидность.

Keywords: protective element, fracture, hip neck, elderly person, disability.

Общая проблема исследования

Ежегодно миллионы людей вследствие падений получают травмы, становятся инвалидами, лишаются жизни. Если в молодом возрасте дело часто ограничивается ушибами или ссадинами, то пожилые люди получают во время падения травмы и переломы. По оценкам Всемирной организации здравоохранения, ежегодно происходит 424 тыс. случаев падений с необратимыми последствиями. Наибольшее число летальных исходов приходится на людей старшей возрастной группы. Одной из причин, приводящих к смертельному исходу лиц старше 65 лет, является травма, полученная в результате падения на шейку бедра с переломом [1].

В последние годы в России прослеживается рост численности пожилого населения. В этой связи разработка функциональной и комфортной одежды, позволяющей улучшить качество жизни людей с нарушениями равновесия и координации движения и повысить их уровень безопасности, становится актуальной и значимой темой, заслуживающей внимания и научного исследования.

В пожилом возрасте появляются проблемы с походкой на фоне неврологических и сосудистых заболеваний, ухудшается зрение, развивается слабоумие. В то же время остеопороз является наиболее распространенным заболеванием среди пожилых людей и связан с повышенным риском падений, влекущих за собой переломы, травмы и смертность. Каждая третья женщина и каждый пятый мужчина в возрасте старше 50 лет перенесли остеопоротический перелом. Остеопороз является одним

из осложнений сахарного диабета. У лиц с сахарным диабетом риск перелома бедра увеличивается в 1,3...2,1 раза и в 1,2 раза риск других переломов. Сочетание возраста (> 65 лет) и диабета увеличивает риск падения в 17 раз.

Наиболее частая причина смерти больных пожилого и престарелого возраста от травмы, полученной в результате падения, – это перелом шейки бедра. На рис. 1 представлено процентное содержание разных видов переломов, полученных при падении.

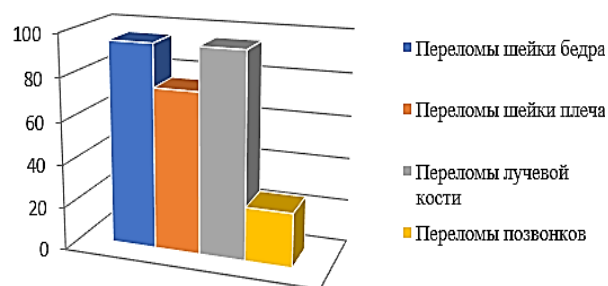


Рис. 1

В научной литературе опубликовано множество статей, освещающих проблемы, возникающие вследствие падения пожилых людей, в том числе с заболеваниями остеопороза. В результате полученных травм пациент становится инвалидом и в скором времени лишается жизни.

Научная статья [2] посвящена обобщению основных исследований по одежде для защиты пожилых людей от падения. Результаты – специально проанализированные преимущества и недостатки энергопоглощающих прокладочных материалов, средств защиты и носимой одежды при их применении. В статье указываются меры предосторожности при разработке одежды

против падений для пожилых людей, а также освещаются тенденции исследований и разработок одежды против падения. Предлагается функциональная одежда для пожилых людей в повседневной жизни, которая является здоровой, удобной.

В научной статье [3] повествуется о набедренниках и других вспомогательных устройствах для людей с остеопорозом. Доказано, что протекторы тазобедренного сустава предотвращают переломы шейки бедра у податливых субъектов со значительным риском падения. Исследование, в котором приняли участие 18 домов престарелых, рандомизировало пациентов на твердые или мягкие протекторы бедра и показало 60 %-ное снижение переломов шейки бедра у пациентов, использующих протекторы.

Научная статья [4] посвящена изучению взаимосвязи между функциональной одеждой против падения и мониторингом эффективности ее защитных свойств при падении человека. В этом обзоре представлена необходимая информация о стилях, структуре, материалах, оборудовании и принципах защиты от падения одежды для пожилых людей.

В работе [5] сообщается о совместном проектировании и технико-экономических испытаниях новой линейки защитной, «умной» одежды, изучается возможность проведения исследований в популяции пожилых людей, находящихся в поддерживаемом проживании.

Протектор тазобедренного сустава с использованием Armourgel, мягкого и гибкого материала, чувствительного к скорости деформации, затвердевает при ударе, прежде чем вернуться в мягкое состояние.

Аналогичным изобретением, существующим на рынке, является пояс SAFENIP Active для защиты бедра при падении. Стоимость пояса составляет 200 долларов. Разработанная технология использует технику энергетического демпфирования, чтобы пояс принимал удар при падении, рассеивая энергию падения в области бедра.

Среди защитных средств, применяемых в профилактике травм, можно отметить надувную куртку со встроенными чипами,

противоударную подушку безопасности, активный ремень и т. д.

Существует также противоударный элемент одежды, крепящийся с помощью застежки-липучки и защитно-декоративного клапана как многослойная тканево-композиционная накладка, включающая основу с эффектом памяти формы.

Известен пояс со встроенными подушками безопасности и многоэлементная геометрическая конструкция для поглощения и рассеивания энергии, выделяющейся при ударе, а также защитный шлем, содержащий эту конструкцию [6].

Запатентована разработка трусов с защитой тазобедренного сустава и ортопедическая вставка для трусов с защитой тазобедренного сустава [7], где вставка является жесткой конструкцией в виде вогнутой пластины. Существующие аналоги трусов (по свидетельству РФ № 2172 на полезную модель, МПК А41В 9/12, А61F, публикация 16.06.1996 г.) имеют крепления в области промежностей, травмирующие кожу при физической деятельности пользователя.

Созданный предохранитель для тазобедренных костей является изобретением, содержащим пояс и подвесные элементы с пристежками. Подвесные элементы выполнены в виде трех ударопоглощающих пластин, закрепленных на поясе с возможностью перестановки вдоль пояса и по высоте относительно пояса.

На маркетплейсах продаются всевозможные ортопедические бандажи-протекторы. Из них только изделие марки Orlett (Германия) имеет сертификат. Защитные элементы данных изделий имеют жесткую конструкцию и непродолжительный срок службы.

Недостатком вышеуказанных разработок является неудобство их повседневной носки, высокая стоимость, жесткость, низкая степень амортизации, что открывает возможности для разработки новых продуктов, которые будут удовлетворять потребности этой группы населения.

Основные требования, которым должна удовлетворять встроенная в одежду система зональной амортизации опасных участков тела человека от воздействия на них ударных нагрузок:

1) высокие демпфирующие свойства – изделие должно эффективно защищать отдельные части тела человека от воздействия ударных нагрузок, возникающих во время его падений;

2) малые масса (вес) и размеры – защитный элемент (ЗЭ) должен быть легким и малогабаритным, чтобы обеспечить его комфортное использование (носку);

3) низкая себестоимость (доступность по цене) – в отличие от существующих на рынке моделей-аналогов разрабатываемая модель одежды должна быть доступной по цене ее потребителям;

4) высокая эргономичность (комфортность) – ЗЭ должен быть удобным, упругим и не ограничивать движения человека, а материал одежды должен быть мягким и приятным при соприкосновении с телом человека;

5) большой срок службы – ЗЭ не должен терять свои функциональные свойства в течение срока эксплуатации одежды;

б) высокая воздухопроницаемость – ЗЭ, будучи вложенным в специальные карманы одежды, не должен препятствовать естественному воздухообмену тела человека;

7) высокая гипоаллергенность – отсутствие аллергической реакции человека при повседневной носке одежды, оснащенной защитным элементом (элементами);

8) простота конструкции – ЗЭ не должен иметь сложных застежек или других аналогичных элементов;

9) высокие эксплуатационные свойства – ЗЭ должен легко подвергаться чистке и быть устойчивым к многократным стиркам.

Основной задачей создания ЗЭ одежды, демпфирующего ударные нагрузки, воздействующие на тело человека при его падении, является удовлетворение всех вышеуказанных требований [8, 9].

Выбран наиболее травматичный перелом при падении человека, приводящий к инвалидности и смертности, – это перелом шейки бедра. Шейка бедра – это очень узкая и уязвимая часть бедренной кости, которая обеспечивает соединение ноги с тазом. Она располагается в верхней части бедренной кости (рис. 2).

Методом клинических исследований – измерений участка шейки бедра на чело-

веке (пальпации) – с учетом размерных характеристик измеряемых, а также динамических движений человека (приседания, поза лежа на спине и поворот на живот) были установлены размеры «охраняемой зоны» на теле человека, а следовательно, и защитного элемента – 20 x 20 см (отрезки Б и В на рис. 2).

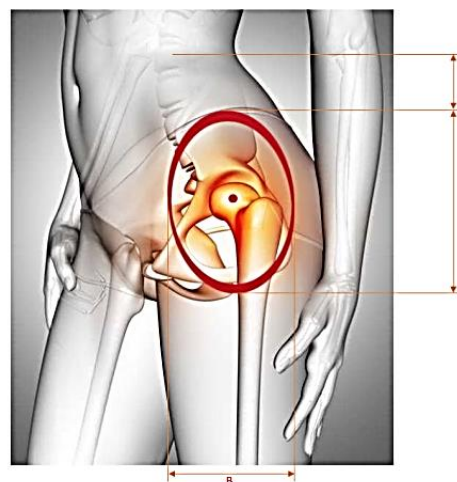


Рис. 2

Предел прочности кости на сжатие соответственно уменьшается в 2 раза в 80 лет по сравнению с возрастом 30...40 лет. Особенно выражены нарушения прочности кости в пожилом и старческом возрасте при остеопорозе.

Удар при падении распределится на поверхность защитного элемента, и его сила будет уменьшена, удар будет смягчен. По третьему закону Ньютона при падении человека массой 80 кг с высоты его роста 166 см сила удара о поверхность распределится на площадь соприкосновения.

Для определения технических требований к ЗЭ выполнен расчет силы удара, приходящегося на бедренную кость при падении пожилого человека, по формуле:

$$E = m g h, \quad (1)$$

где m – средняя масса пожилого человека, кг; g – ускорение свободного падения, m/s^2 ; h – среднее расстояние от точки большого вертела бедренной кости до пола для среднего значения роста, м.

Расчет показал, что применение ЗЭ должно обеспечивать смягчение силы удара при падении человека не менее 784 Дж.

Для изготовления ЗЭ выбраны амортизирующие материалы, применяемые в строительстве жилых помещений, являющиеся гипоаллергенными: энергоизол, несшитый пенополиэтилен (НПЭ), поливинилхлорид (ПВХ). Это материалы с повышенной амортизацией, экологически безопасные и нетоксичные, однако их главный недостаток – воздухопроницаемость, близкая к нулю, неэластичность.

С целью увеличения гигиенических характеристик рассмотрена возможность плетения из нарезанных лентами амортизирующих материалов трикотажного полотна, при этом ленты перекручивались со смесовой пряжей акрила и шерсти. Выбраны различные виды ажурных объемных вязок трикотажа: «соты», «колосок», объемная вязка с вытянутыми петлями.

Вывязаны различные образцы с комбинацией вида материала, ажурного перепле-

тения и плотности вязки. Подготовка пряжи для вязания происходила следующим образом: ленты нарезались шириной 5 мм и соединялись между собой в длинный клубок пряжи; для увеличения упругости и разрывной нагрузки полученная лента скручивалась со смесовой пряжей (среднее число кручений нити на 1 м – 200 витков).

Выбраны 5 образцов с лучшими показателями толщины, веса и воздухопроницаемости, некоторые из образцов дополнены слоем пробкового материала и все обшиты чехлом из хлопчатобумажной бязи.

Для определения эффективности защиты ЗЭ выполнены экспериментальные исследования прочностных характеристик головки тазобедренного сустава без защиты (интактный) и с ней. Материалами для исследования послужили трехмерные макеты распечатанных бедренных костей, смоделированных на основе данных компьютерной томографии пациента с остеопорозом (рис. 3, а).

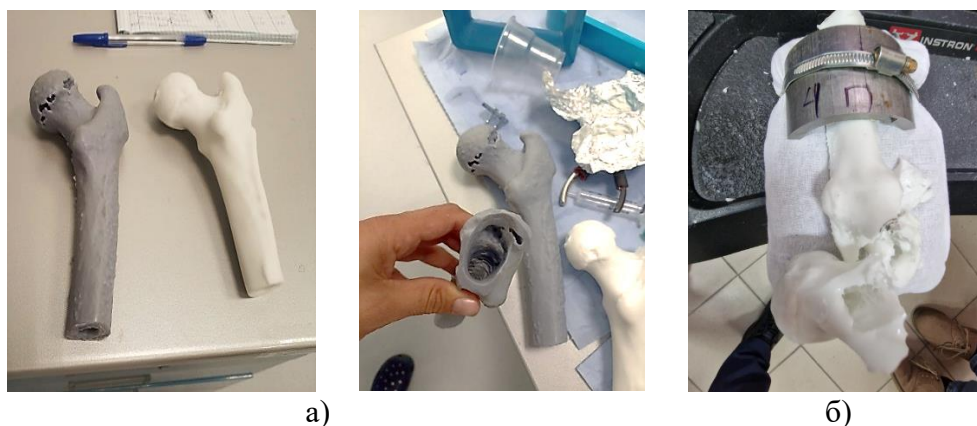


Рис. 3

Механические свойства прочности моделированных головок бедренных костей определялись на универсальном динамометре INSTRON 1185 путем осевого сжатия со скоростью 10 Н/с до полного разрушения модели, накрытой образцом ЗЭ (рис. 3, б). В ходе исследования полученные данные обрабатывались с помощью методов описательной статистики.

В результате экспериментов выявлено, что наилучший показатель прочности продемонстрировал макет кости, накрытый ЗЭ из энергоизола (вязка «соты») в сочетании с пробковым материалом. В сравнении с

интактным образцом прочность увеличилась в 1,7 раза (рис. 4).

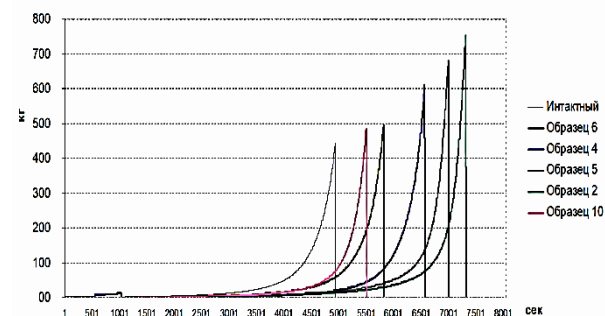


Рис. 4

Т а б л и ц а 1

Номер образца	Состав образца ЗЭ	Толщина, мм	Масса, г	Фактическая поверхностная плотность, г/м ²	Воздухопроницаемость, см ³ /С	Нагрузка разрушения, кг
Интак- тный	-	-	-	-	-	443,40
2	Энергоизол (вязка «соты»)+пробковый	27,40	31,05	1552,5	378,00	741,12
4	Энергоизол (вязка «колосок»)	27,39	42,76	2138,0	140,00	611,90
5	Энергоизол (вязка «соты»)	27,42	27,75	1387,5	137,00	681,61
6	НПЭ (объемная вязка с вытянутыми петлями)+пробковый	20,83	24,01	1200,5	572,00	495,62
10	ПВХ (объемная вязка с вытянутыми петлями)	27,11	153,50	6288,5	559,00	482,70

Таким образом, наилучшие характеристики получены у образца № 2, который состоит из двух слоев материала, уложенных в чехол из натурального текстильного материала, при этом первый слой представляет собой трикотажный материал, вывязанный спицами по схеме «соты» из пряжи, полученной путем скручивания энергоизола и смесовой пряжи с поверхностной плотностью 1552,5 г/м²; второй слой представляет собой натуральный пробковый материал толщиной 5 мм.

На рис. 5, а представлено схематичное изображение устройства ЗЭ, на рис. 5, б – фото образца ЗЭ, на рис. 5, в – фото объемной вязки «соты».

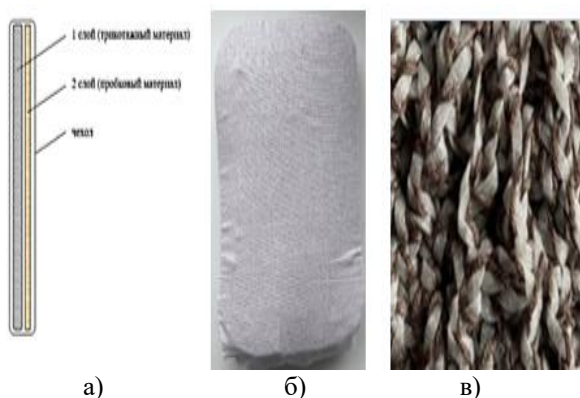


Рис. 5

ЗЭ будет вкладываться в накладные карманы одежды, наиболее близко расположенной к телу человека, т. е. первого слоя,

такой как штаны, подтяжки, шорты и брюки домашние. Местоположение карманов определяет топологию расположения места «охраняемой» зоны, габариты зависят от размера защитного элемента. На рис. 6 показаны проектируемые накладные карманы для людей средней размерной группы и расстояние от линии талии до верхнего края кармана.

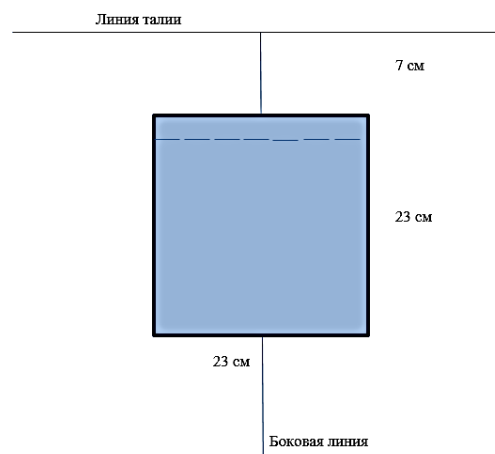


Рис. 6

ВЫВОДЫ

Разработан защитный элемент от удара при падении, состоящий из двух слоев материала, уложенных в чехол из натурального текстильного материала, при этом первый слой представляет собой вывязанный

спицами по схеме «соты» трикотажный материал, второй слой – пробковое полотно.

Проведенные исследования позволили определить технологию создания наиболее эффективного защитного элемента одежды, снижающего вероятность перелома шейки бедра на 70%.

Предстоят дальнейшие клинические испытания носки экспериментальных изделий с 3Э пожилыми людьми для сертификации продукта и продвижения активного долголетия населения.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Сердобинцев В.Г.* Профилактика падений в пожилом возрасте. – <http://vlcpoll.ru/var/profilaktika-padeniy-v-pozhilom-vozhaste-dlya-rodstvvennikov.php> (дата обращения: 28.11.2024).

2. *Wang Wei*. A summary of the research status and development trends of protective clothing for the elderly // *Journal of Physics Conference Series*. 2021, 1790(1):012024.

3. *Sorbera L.A., Leeson P.A.* Treatment of osteoporosis // *The Singapore Family Physician*. 2019, 44 (3). P. 31...35.

4. *Tang C., Zakaria N. and Ruznan W.S.* The development of anti-fall functional clothing for elderly, *Global Health Journal*, 2023. 6. – <https://doi.org/10.1016/j.glohj.2023.10.001>

5. *Easton K.A., Burton T., Ariss S. et al.* Smart clothing for falls protection and detection: User-centred co-design and feasibility study. In: *Harnessing the // Power of Technology to Improve Lives*. 14th AAATE Conference, 13-14 Sep 2017, Sheffield, UK. IOS Press, P. 152...159.

6. Пат. 2660314 Российская Федерация, МПК 2006.01 A41D 13/015. Противоударный элемент одежды.

7. Пат. 2688393 Российская Федерация, МПК 2018.08 A42B 3/06. Многоэлементная геометрическая конструкция для поглощения и рассеивания энергии, выделяющейся при ударе, и защитный шлем, содержащий эту конструкцию.

8. *Москвин А.Ю., Москвина М.А., Кузьмичев В.Е.* Формообразование цифровых двойников малообъемной одежды // *Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности*. 2023. № 5 (407). С. 138...147.

9. *Оборин М.С., Савельев И.И.* Развитие текстильной промышленности на основе "умных" технологий // *Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности*. 2023. № 1 (403). С. 179...184.

REFERENCES

1. *Serdobintsev V.G.* Prevention of falls in old age falls. – URL: <http://vlcpoll.ru/var/profilaktika-padeniy-v-pozhilom-vozhaste-dlya-rodstvvennikov.php> (date of application: 28.11.2024).

2. *Wang Wei* A summary of the research status and development trends of protective clothing for the elderly // *Journal of Physics Conference Series*. – 2021, 1790(1):012024.

3. *Sorbera L.A., Leeson P.A.* Treatment of osteoporosis // *The Singapore Family Physician*. – 2019, 44 (3). P. 31-35.

4. *Tang C., Zakaria N. and Ruznan W.S.* The development of anti-fall functional clothing for elderly, *Global Health Journal*, 2023. 6. – <https://doi.org/10.1016/j.glohj.2023.10.001>

5. *Easton K.A., Burton T., Ariss S. et al.* Smart clothing for falls protection and detection: User-centred co-design and feasibility study. In: *Harnessing the // Power of Technology to Improve Lives*. 14th AAATE Conference, 13-14 Sep 2017, Sheffield, UK. IOS Press, P. 152...159.

6. Pat. 2660314 Russian Federation, МПК2006.01 A41D 13/015. Shockproof clothing item.

7. Pat. 2688393 Russian Federation, МПК2018.08 A42B 3/06 A multi-element geometric structure for absorbing and dissipating the energy released upon impact, and a protective helmet supporting this design.

8. *Moskvin A.Yu., Moskvina M.A., Kuzmichev V.E.* Shaping digital twins of tight-fitting clothes // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2023. № 5 (407). С. 138...147.

9. *Oborin M.S., Savelyev I.I.* Development of the textile industry based on "smart" technologies // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2023. No. 1 (403). pp. 179...184.

Рекомендована кафедрой технологии и конструирования одежды УГНТУ. Поступила 02.12.24.