

ОРГАНИЗАЦИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ СЛУЖБЫ

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2023

Ивойлов О.О.^{1,4}, Кочетов А.Г.^{1,2}, Гимадиев Р.Р.^{1,3,5}, Гераскин А.И.^{3,5}

ОЦЕНКА ТРУДОЗАТРАТ ПЕРСОНАЛА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ БИОХИМИЧЕСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ

¹АНО ДПО «Институт лабораторной медицины», 117042, Москва, Россия;

²ФГБОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России, 117997, Москва, Россия;

³ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», 117198, Москва, Россия;

⁴ООО НПФ «Хеликс», 197022, г. Санкт-Петербург, Россия;

⁵ООО «Лаборатория Евротест», 129110, Москва, Россия

Современная биохимическая лаборатория характеризуется высокой степенью автоматизации трудового процесса, что вкупе с неразработанной методологией оценки трудозатрат, создает проблему нормирования труда персонала. Это препятствует объективному формированию штатного расписания и учета нагрузки, а также не позволяет прогнозировать эффект изменений, оптимизирующих рабочие процессы. Целью исследования стала оценка структуры и величины компонентов трудозатрат автоматизированного рабочего места сыровоточной зоны медицинской лаборатории и характеристика их влияния на нагрузку на персонал и трудоемкость исследования аналитов. Изучение трудозатрат персонала при работе на модульной платформе Roche Cobas 6000 (Roche Diagnostics, Швейцария) было проведено методом фотохронометража на базе лаборатории «Евротест» (Москва). Для получения и анализа данных была применена авторская методика исследования. В результате был определен классифицированный перечень стандартных манипуляций, формирующих трудовой процесс рабочего места, измерена их продолжительность. Полученные данные представлены в виде стратифицированных компонентов, как постоянные или переменные трудозатраты. На основе их величин осуществлено моделирование изменения общих трудозатрат рабочего места и трудоемкости одного лабораторного исследования (ЛИ) для разных сценариев работы, в зависимости от потока анализов и числа тестов, выполняемых из одной пробы биоматериала. Установлено, что наиболее значительная часть переменных трудозатрат (до 28 секунд на одно ЛИ) обусловлена ручным переносом лабораторной информации, а полноценно функционирующая лабораторная информационная система дает повышение производительности труда, минимум, в 2,6 раза. Другим ключевым фактором снижения затрат является увеличение числа выполняемых тестов из одной пробирки. Можно сделать вывод, что несмотря на автоматизацию, переменные трудозатраты доминируют на рабочем месте сыровоточной зоны, что требует гибких методов нормирования труда. Предложенная методика позволяет рассчитывать как трудоемкость ЛИ при произвольных их потоках, статистическом соотношении номенклатуры, конфигурации тестов, выполняемых из пробы биоматериала, так и прогнозировать эффективность мер, оптимизирующих работу лаборатории.

Ключевые слова: лаборатория; клиническая химия; автоматизация; хронометраж; нормирование труда; лабораторная информационная система; трудозатраты.

Для цитирования: Ивойлов О.О., Кочетов А.Г., Гимадиев Р.Р., Гераскин А.И. Оценка трудозатрат персонала автоматизированной биохимической лаборатории. *Клиническая лабораторная диагностика*. 2023; 68 (6):371-380. DOI: <https://doi.org/10.51620/0869-2084-2023-68-6-371-380>

Для корреспонденции: Ивойлов Олег Олегович, канд. мед. наук, преподаватель АНО ДПО «Институт лабораторной медицины», вед. аналитик по развитию процессов лабораторного производства ООО НПФ «Хеликс»; e-mail: kblld@mail.ru

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Поступила 04.04.2023

Принята к печати 12.04.2023

Опубликовано 00.06.2023

Ivoylov O.O.^{1,4}, Kochetov A.G.^{1,2}, Gimadiev R.R.^{1,3,5}, Geraskin A.I.^{3,5}

ESTIMATION OF LABOR COSTS OF THE AUTOMATED BIOCHEMISTRY LABORATORY STAFF

¹ Institute of Laboratory Medicine, 117042, Moscow, Russia;

² Pirogov Russian National Research Medical University (Pirogov Medical University), Moscow, Russia;

³ Peoples Friendship University of Russia (RUDN University), Moscow, Russia;

⁴ Research and Production Company «Helix» LLC, Saint Petersburg, Russia;

⁵ «Eurotest Laboratory» LLC, Moscow, Russia

The modern clinical chemistry laboratory is characterized by a high degree of the labor process automation, which, with an undeveloped methodology for estimating labor costs, creates the problem of staff work rationing. This prevents the objective formation of staffing and load accounting, and also does not allow predicting an effect of changes in order to optimize work processes. The aim of the study was to assess the structure and the magnitude of labor costs components at a serum assay automated workplace and to characterize its impact on the staff workload and the testing labor intensity. The time-and-motion study of staff labor costs when working on the Roche Cobas 6000 (Roche Diagnostics, Switzerland) modular platform was carried out at the «Eurotest» laboratory, Moscow. We applied the author's research methodology to obtain and analyze the data. As a result, we determined a classified list of

the standard manipulations that form the workplace labor process, and measured their duration. The data obtained was presented in the form of stratified components, as fixed or variable labor costs (as the labor time). Based on that, we carried out modeling of changes in the workplace total labor costs and the labor intensity per test for different work scenarios, depending on the volume of tests and the number of tests performed from a serum specimen. It has been established that the most significant part of the variable labor costs (up to 28 seconds per laboratory test) is created by manually transferring laboratory information, and a fully functioning laboratory information system can increase the labor productivity by at least 2.6 times. Another key factor in reducing the costs is an increase in the number of tests performed from one specimen. We can conclude that despite the automation, the variable labor costs dominate the serum assay workplace and it requires flexible methods of the labor rationing. The proposed method allows both to calculate the labor intensity of laboratory tests with an arbitrary volume, a statistical ratio of different tests, a configuration of tests performed from one specimen, and to predict an effect of measures aimed at optimizing the work of the laboratory.

Key words: laboratory; clinical chemistry; automation; time-and-motion study; labor rationing; laboratory information system; labor costs.

For citation: Ivoylov O.O., Kochetov A.G., Gimadiev R.R., Geraskin A.I. Estimation of labor costs of the automated biochemistry laboratory staff. *Klinicheskaya Laboratornaya Diagnostika (Russian Clinical Laboratory Diagnostics)*. 2023; 68(6):371-380 (in Russ.) DOI: <https://doi.org/10.51620/0869-2084-2023-68-6-371-380>

For correspondence: Ivoylov O.O., PhD, Lecturer of The Institute of Laboratory Medicine; Lead Analyst for the development of laboratory production processes at Helix Laboratories; e mail: kblld@mail.ru

Information about authors:

Ivoylov O.O., <https://orcid.org/0000-0002-4684-8440>;

Kochetov A.G., <https://orcid.org/0000-0003-3632-291X>;

Gimadiev R.R., <https://orcid.org/0000-0002-9567-3317>;

Geraskin A.I., <https://orcid.org/0000-0003-1589-4564>.

Acknowledgment. *The study had no sponsor support.*

Conflict of interests. *The authors declare absence of conflict of interests.*

Received 04.04.2023

Accepted 12.04.2023

Published 00.06.2023

Автоматизация произвела техническую революцию в клинической лабораторной диагностике. Ее роль в данной отрасли медицины неоспорима и многогранна. Она заключается в уменьшении времени оборота теста, предотвращении человеческих ошибок и рисков, совершенствовании качества исследований, но, в первую очередь, в повышении производительности труда за счет снижения трудоемкости, что экономит штат персонала в условиях роста количества анализов [1,2].

Одним из наиболее значимых участков, откуда еще в прошлом веке начинался этот процесс, стала клиническая химия [2,3]. В настоящее время большая часть операций, связанных с непосредственным выполнением биохимического или иммунохимического анализа производится автоматически. Труд лаборанта в связи с этим изменился, став во многом операторским, направленным на обеспечение и контроль протекания роботизированного технологического процесса. В этих условиях стали неочевидными степень и характер влияния количества выполняемых тестов и обрабатываемых проб биоматериала на величину нагрузки персонала. Методология нормирования труда для современной автоматизированной лаборатории не разработана. Документы, датированные последним десятилетием XX века^{1,2}, были нацелены на определение трудозатрат при ручных технологиях выполнения анализов, где нагрузка пропорционально зависела от их количества, а типовые нормы време-

ни на 1 лабораторное исследование (ЛИ) исчислялись минутами. Единичные современные публикации, посвященные проблеме, декларируют лишь общие взгляды на возможные пути ее решения, но не подкреплены какими-либо объективными данными и примерами апробации [4]. Высказываются принципиальные сомнения в возможности создания единого методологического подхода к оценке трудозатрат работников лаборатории [5]. Разработка новых типовых норм времени в их прежнем, фиксированном виде не решит проблему, поскольку разнообразие трудового процесса в современных лабораториях велико – он определяется применяемыми коммерческими тест-системами, оборудованием, IT-решениями, а также объемами и номенклатурой исследований. Существующие попытки решить эту задачу [6] демонстрируют неопределенность в условиях получения данных и методах анализа. Авторы не приводят систематизированных цифр и, вследствие всего перечисленного, не могут предложить принципов их верификации и переноса на конкретную лабораторию. В результате отсутствия методологии оценки трудозатрат медицинские учреждения сталкиваются с проблемами формирования адекватного штатного расписания и учета нагрузки на персонал в условиях изменяющегося потока исследований. Другим следствием этого является невозможность прогнозирования эффективности любых изменений, оптимизирующих рабочие процессы, и сопутствующий этому субъективизм плани-

¹National Committee for Clinical Laboratory Standards. Basic Cost Accounting for Clinical Services; Approved Guideline. NCCLS document GP 11-A. Wayne, PA: NCCLS; 1998.

²Приказ Минздрава РФ № 380 от 25.12.1997 г. «О состоянии и мерах по совершенствованию лабораторного обеспечения диагностики и лечения пациентов в учреждениях здравоохранения Российской Федерации». <https://base.garant.ru/4173965/>.

рования. В качестве примера надо назвать такой ключевой аспект, как внедрение лабораторной информационной системы (ЛИС), реализующей полноценную интеграцию с приборами лаборатории [7]. Аппаратная автоматизация многих российских лабораторий опережает их информатизацию, а часть медицинских руководителей придерживаются архаичных взглядов и, обновляя парк анализаторов, надеются сэкономить на установке современной ЛИС. В литературе можно встретить пропаганду «кустарных», не обладающих полноценной функциональностью, сомнительных программных решений [8]. Такие работы требуют применения объективных механизмов критики, поскольку могут быть использованы для оправдания некомпетентных управленческих решений. В свете этого, разработка и апробация систематизированных принципов оценки структуры и величины трудозатрат сотрудников современной автоматизированной лаборатории является приоритетной и актуальной задачей. Методология ее решения может быть реализована на основе изложенных нами взглядов на типовую структуру затрат [9].

Целью настоящего исследования стала оценка структуры и величины компонентов трудозатрат на автоматизированном рабочем месте в современной медицинской лаборатории и характеристика их влияния на нагрузку на персонал и трудоемкость исследования сывороточных анализов.

Материал и методы. Исследование прямых затрат времени медицинского лабораторного техника было проведено методом фотохронометража на базе лаборатории «Евротест», Москва. Оценивалась работа на автоматизированной модульной платформе Roche Cobas 6000 (Roche Diagnostics, Швейцария), состоящей из биохимического модуля с501 и иммунохимического модуля e601. Выбор оборудования был обусловлен возможностью провести наблюдения, универсальные в отношении крупных модульных систем, масштабируемостью, объединением различных методов анализа в одном анализаторе, его распространенностью в медицинских лабораториях. Годовой бюджет рабочего времени медицинского лабораторного техника был принят исходя из длительности рабочей смены 7,2 часа и 247 рабочих дней в году, за вычетом 25 дней отпуска, и составил 5 754 240 секунд. Во время проведения наблюдений в лаборатории по организационно-техническим причинам отсутствовала передача данных между анализатором и ЛИС.

Ввиду отсутствия в литературе и в нормативных актах каких-либо методологических подходов к проведению хронометража и фактическому анализу трудозатрат, была применена авторская «Методика исследования трудозатрат персонала медицинской лаборатории» [10]. Методика включала следующие этапы: определение границ хронометрируемого рабочего места, анализ трудового процесса методом фотографии рабочего места³, выделение перечня стандартных манипуляций трудового процесса с их

классификацией по видам и компонентам затрат, подготовка карты фотохронометража, прямые замеры времени выполнения стандартных манипуляций. Статистическая обработка данных проводилась с использованием программного обеспечения SPSS и Excel. Меры центральной тенденции хронометражных замеров представлены в зависимости от нормальности распределения с 95% доверительным интервалом. Расчет компонентов трудозатрат и их моделирование были выполнены по отдельным аналитическим процедурам с помощью табличного инструмента, созданного в MS Excel. Здесь и далее, аналитическая процедура (АП) – документально установленная процедура лабораторного исследования отдельного анализа, основанная на физико-химических принципах определенного лабораторного метода, выполняемая на оборудовании определенного рабочего места с использованием уникального набора реактивов (расходных материалов) и алгоритма действий [10]. Этот термин был введен нами ввиду отсутствия в отраслевых глоссариях точных определений отдельной единицы лабораторной номенклатуры, для которой может производиться расчет трудозатрат / трудоемкости.

Результаты. В результате проведенного исследования был определен перечень стандартных манипуляций, формирующих трудовой процесс на рабочем месте. Они были классифицированы по компонентам трудозатрат и хронометрированы (табл. 1).

В отношении действий с калибраторами и контрольными материалами (КМ) для внутрिलाбораторного контроля качества (ВЛК) применялся следующий принцип деления. Если манипуляция в процессе своего однократного выполнения одновременно охватывала более чем одну АП, то ее относили к компоненту постоянных трудозатрат на обслуживание рабочего места. Для этого мы определили понятия «мультикалибратор» и «мультиконтроль» как референсные материалы, используемые для процедуры калибровки или ВЛК в рамках более чем одной АП. Например, восстановление и аликвотирование мультикалибратора одновременно дает аликвоты для будущей калибровки не одной, а сразу нескольких методик. Другим примером является заказ и выполнение ВЛК с помощью мультиконтроля – он заказывается сразу на несколько тестов, но ставится на борт однократно. Если манипуляция относилась только к одной АП, то ее классифицировали как постоянные трудозатраты на подготовку АП к работе. К таким действиям мы отнесли, например, восстановление и аликвотирование калибраторов и КМ, фактически используемых (в нашей конфигурации тестов и оборудования) только для одной АП, единичную калибровку, оценку ее результата и результата ВЛК. Такой подход корректно учитывает базы распределения для разных АП и позволяет оценить независимый вклад каждой из них в общие трудозатраты рабочего места [9].

В графе «Примечания» дана информация о частоте выполнения манипуляций (для постоянных тру-

³Приказ Минтруда России № 235 от 31.05.2013 г. «Об утверждении методических рекомендаций для федеральных органов исполнительной власти по разработке типовых отраслевых норм труда». <https://mintrud.gov.ru/docs/mintrud/orders/76>.

Классификация по компонентам трудозатрат и продолжительность стандартных манипуляций рабочего места Cobas 6000 (в секундах)

№ п/п	Компоненты трудозатрат, стандартные манипуляции	Время, с	Примечания
1.	Постоянные трудозатраты на обслуживание рабочего места (FTw)		
1.1	Включение и ввод в рабочее состояние оборудования рабочего места (компьютер)	30 (28-32)	Ежедневно
1.2	Включение и ввод в рабочее состояние оборудования рабочего места (Cobas 6000)	18 (17-19)	Ежедневно
1.3	Проверка количества реагентов на борту	55 (50-60)	Ежедневно
1.4	ТО оборудования ежедневное (в соответствии с регламентом производителя)	65 (60-70)	Ежедневно
1.5	ТО оборудования периодическое (в соответствии с регламентом производителя)	65 (58-72)	1 раз в 7 дней
1.6	Выполнение процедуры shutdown анализатора	15 (14-16)	Ежедневно
1.7	Утилизация медицинских отходов	110 (100-120)	Ежедневно
1.8	Уборка рабочего места, обработка поверхностей	435 (400-470)	Ежедневно
1.9	Восстановление и алиquotирование биохимического мультикалибратора C.f.a.s.	155 (140-170)	1 раз в 14 дней
1.10	Восстановление и алиquotирование биохимического мультикалибратора C.f.a.s. Lipids	63 (59-67)	1 раз в 28 дней
1.11	Восстановление и алиquotирование иммунохимического КМ PC Tumor Marker (мультиконтроль)	130 (120-140)	1 раз в 31 день
1.12	Восстановление и алиquotирование иммунохимического КМ PC Varia (мультиконтроль)	130 (120-140)	1 раз в 31 день
1.13	Восстановление и алиquotирование биохимического КМ PC ClinChem Multi (мультиконтроль)	185 (171-209)	1 раз в 28 дней
1.14	Заказ и выполнение процедуры ВЛК иммунохимического КМ PC Tumor Marker (мультиконтроль)	40 (36-44)	Ежедневно
1.15	Заказ и выполнение процедуры ВЛК иммунохимического КМ PC Varia (мультиконтроль)	40 (36-44)	Ежедневно
1.16	Заказ и выполнение процедуры ВЛК биохимического КМ PC ClinChem Multi (мультиконтроль)	50 (44-56)	Ежедневно
2.	Постоянные трудозатраты на подготовку АП к работе (FTa)		
2.1	Восстановление и алиquotирование отдельного калибратора для АП иммунохимии	135 (127-143)	Периодически*
2.2	Восстановление и алиquotирование калибратора C. f.a.s. PAC	115 (108-122)	Периодически
2.3	Восстановление и алиquotир. калибратора Preciset Lp(a)	70 (66-74)	Периодически
2.4	Восстановление отдельного КМ для АП иммунохимии	25 (23-27)	Периодически
2.5	Заказ и выполнение калибровки для АП иммунохимии	35 (33-37)	Периодически
2.6	Заказ и выполнение калибровки калибратором C.f.a.s. PAC / C.f.a.s Lipids	40 (38-42)	Периодически
2.7	Заказ и выполнение калибровки калибратором Preciset Lp(a) /Preciset sTfR /C.f.a.s Proteins	85 (80-90)	Периодически
2.8	Заказ и выполнение калибровки калибратором цинка	40 (38-42)	Периодически
2.9	Заказ и выполнение калибровки калибратором C. f.a.s. для АП биохимии	40 (38-42)	Периодически

2.10	Заказ и выполнение процедуры ВЛК отдельным КМ для АП иммунохимии	30 (28-32)	Ежесерийно**
2.11	Заказ и выполнение процедуры ВЛК (не мультиконтроль) КМ sTfR Control Set	30 (28-32)	Ежесерийно
2.12	Заказ и выполнение процедуры ВЛК (не мультиконтроль) КМ PreciControl Lp(a)	30 (28-32)	Ежесерийно
2.13	Заказ и выполнение процедуры ВЛК (не мультиконтроль) КМ цинка	35 (33-37)	Ежесерийно
2.14	Оценка результата калибровки любой АП иммунохимии	21 (17-25)	Периодически
2.15	Оценка результата калибровки любой АП биохимии	20 (19-21)	Периодически
2.16	Проверка и оценка результата ВЛК любой АП иммунохимии или биохимии в программном обеспечении (контрольной карте) анализатора	17 (16-18)	Ежесерийно
3.	Переменные трудозатраты на подготовку АП к работе (АВТа)		
3.1	Подготовка (приготовление) раствора ПЭГ	13 (11-15)	На 1 ед. объема
3.2	Дозагрузка кассеты на биохимическую АП	70 (61-79)	На 1 шт.
3.3	Дозагрузка кассеты на иммунохимическую АП	57 (50-64)	На 1 шт.
3.4	Дозагрузка кассеты Zn	347 (304-390)	На 1 шт.
3.5	Дозагрузка AssayTip/AssayCup	48 (42-54)	На 1 уп.
3.6	Дозагрузка PreClean M	33 (29-37)	На 1 ед. объема
3.7	Дозагрузка Clean Cell M / ProCell M / Cell Wash Solution	35 (31-39)	На 1 ед. объема
3.8	Дозагрузка Sample Cleaner	55 (48-62)	На 1 ед. объема
3.9	Дозагрузка кассеты Anti-TSHR	130 (114-146)	На 1 шт.
4.	Переменные трудозатраты на работу с пробой биоматериала (АВТс)		
4.1	Регистрация биоматериала, сканирование штрих-кода, проверка несоответствий	5,5 (4,8-6,2)	На 1 пробу
4.2	Нумерация, подписи на пробирке вручную	8,5 (7,4-9,6)	На 1 пробу
4.3	Снятие крышек с пробирок	3,3 (2,9-3,7)	На 1 пробу
4.4	Загрузка проб в анализатор штативами	1,4 (1,2-1,6)	На 1 пробу
4.5	Выгрузка проб из анализатора	0,7 (0,6-0,8)	На 1 пробу
4.6	Закрытие крышек на пробирках	1,6 (1,4-1,8)	На 1 пробу
4.7	Архивирование проб: сканирование штрих-кода и размещение в штативе	2,0 (1,8-2,2)	На 1 пробу
5.	Переменные трудозатраты на отдельное исследование (АВТt)		
5.1	Ввод задания в анализатор на любое ЛИ вручную	8,1 (7,1-9,1)	На 1 ЛИ
5.2	Дозирование биоматериала и реактивов при исследовании на макропролактин, перемешивание на вортексе	81 (71-91)	На 1 ЛИ
5.3	Центрифугирование проб на макропролактин	24 (21-27)	На 1 ЛИ
5.4	Измерение макропролактина: ввод задания, постановка в прибор, извлечение из прибора	43 (38-48)	На 1 ЛИ

5.5	Пересчет результата на макропролактин по формуле вручную	50 (44-56)	На 1 ЛИ
5.6	Пересчет результатов СА-125 и HE-4 по алгоритму ROMA вручную	65 (57-73)	На 1 ЛИ
5.7	Запись и сохранение результата любого ЛИ в ЛИС вручную	11,5 (10,1-12,9)	На 1 ЛИ

Примечание. * - Периодичность определяется отдельно для каждой из АП, ассоциированных с данной манипуляцией; ** - в каждую аналитическую серию; определяется отдельно для каждой из АП, ассоциированных с данной манипуляцией, в соответствии с количеством проводимых аналитических серий в год.

дозатрат) или о том, чему пропорционально приведено время (для переменных трудозатрат).

В перечне стандартных манипуляций нами были отмечены пп. 4.2, 5.1 и 5.7, которые связаны с ручным переносом информации, что отличает работу лаборатории, не имеющей ЛИС, от лаборатории с автоматизированными протоколами обработки информации.

Результаты хронометражных замеров стандартных манипуляций были суммированы с учетом кратности их выполнения в той или иной аналитической процедуре по соответствующим компонентам (табл. 2). Те, в свою очередь, учитывались отдельно, по принадлежности к виду затрат времени: FT (fixed labor time) – постоянные трудозатраты в расчете на 1 год работы, и AVT (unit average variable labor time) – удельные переменные трудозатраты на 1 (одно) ЛИ. При этом FT были представлены в виде двух отдельных компонентов FTw и FTa, поскольку первые при расчете трудоемкости распределяются на общее число выполняемых на рабочем месте ЛИ, а вторые – на количество ЛИ только этой АП. Итоговое значение AVT складывалось из трех отдельно рассчитанных компонентов переменных трудозатрат: AVTa, AVTs и AVTt, характеризовавших, соответственно, подготовительные действия с реагентикой, обработку целой пробы и работу с отдельным ЛИ. Из величин AVT всех представленных АП были вычислены среднее и средневзвешенное значения для данного рабочего места, составившие, соответственно, 52,7 с и 46,1 секунды. Средневзвешенное значение лучше характеризует работу конкретной лаборатории, поскольку учитывает относительное соотношение выполняемой номенклатуры: удельный вес каждой из АП (по числу ее ЛИ) в общем количестве исследований.

Величины в табл. 2 приведены для ситуации, когда из 1-й пробы выполняется только 1 лабораторное исследование. Вариабельность этого условия для реальной лаборатории регулируется в используемой нами методике независимой переменной z [10]. Она представляет удельную долю ЛИ и определяется как отношение числа обработанных за анализируемый период времени проб к объему выполненных из них ЛИ, и влияет на величину компонента AVTs (1):

$$AVT_s = \sum \left(\frac{Vt_{s_i}}{n_{s_i}} \times z_i \right) \quad (1),$$

где: Vt_{s_i} – хронометрируемая продолжительность i -той манипуляции с партией проб данного типа;

n_{s_i} – число проб в хронометрируемой партии биоматериала;

z_i – удельная доля трудозатрат на 1 ЛИ в рамках обработки 1 пробы данного типа, подвергающейся i -той манипуляции, выраженная как отношение количества обработанных проб к количеству выполненных из них ЛИ.

С целью характеристики влияния различных компонентов и условий работы на нагрузку на персонал было выполнено моделирование общих трудозатрат (total labor time, TT) в зависимости от изменения суммарного количества выполняемых на рабочем месте исследований в существующей их пропорции. Мы рассмотрели два сценария работы: в условиях продолжающегося ручного переноса лабораторной информации (рис. 1, а) и при полной инсталляции ЛИС с настройкой протокола передачи информации между ней и анализатором (рис. 2, б). В качестве дополнительного фактора в обоих случаях учитывалось влияние доли z : 1, 0,5 и 0,1, что соответствовало ситуациям, когда из 1-й пробы в среднем выполняется 1, 2 или 10 исследований. Данные графики описываются формулой (2):

$$T = FT + \sum(Q \times AVT) \quad (2),$$

где: FT – постоянные трудозатраты рабочего места за год, складывающаяся из FTw и суммы FTa всех АП рабочего места;

Q – количество выполняемых в течение года ЛИ для каждой АП данного рабочего места;

AVT – величина удельных переменных затрат на 1 ЛИ для каждой АП данного рабочего места.

На основе представленных в табл. 2 данных была смоделирована динамика средневзвешенной величины трудоемкости 1 ЛИ на рабочем месте в зависимости от суммарного количества выполняемых на рабочем месте исследований в существующей их пропорции (рис. 2). В качестве дополнительных вводных использовались те же факторы, что и в предыдущей модели. Приведенные графики описываются формулой (3):

$$t_{ли} = AVT + \frac{FT}{Q} \quad (3),$$

где: AVT – средневзвешенная величина удельных переменных трудозатрат на 1 ЛИ, из числа всех проводимых на данном рабочем месте (табл. 2);

Q – общее количество всех ЛИ, выполняемых в течение года на данном рабочем месте.

Таблица 2

Характеристика компонентов трудозатрат рабочего места Cobas 6000 (в секундах) при существующих условиях работы* и процентном соотношении выполняемой номенклатуры исследований

Аналитические процедуры	Общий объем ЛИ, %	Компоненты трудозатрат, с					
		FTw	FTa	AVTa	AVTs	AVTt	Итого AVT
Биохимические:							
Лактатдегидрогеназа-1	1,4		3 476	0,4	23	19,6	43,0
Общий белок	9,4		3 893	0,5			43,1
Холинэстераза	0,3		1 912	0,6			43,2
Липопротеин (а)	3,4		10 882	0,7			43,3
Аполипопротеин А	2,3		3 476	0,9			43,5
Аполипопротеин В	2,3		3 476	0,9			43,5
С3 компонент комплемента	1,8		4 480	0,9			43,5
С4 компонент комплемента	1,8		4 480	0,9			43,5
Церулоплазмин	3,4		6 474	0,9			43,5
Растворимые рецепторы трансферрина	0,4		4 916	1,1			43,7
Цинк	20,9		11 706	2,2			44,8
Иммунохимические:							
Остеокальцин	0,4		2 338	0,8	23	19,6	43,4
СА-125	3,0		3 828				
β-CrossLaps	3,2		4 063				
Кальцитонин	0,8		4 063				
Суфра 21-1	4,7		4 234				
PINP	0,7		4 389				
СА 72-4	7,3		4 771				
NSE	5,4		4 771				
NT-proBNP	10,8		10 107				
HE-4	7,5		10 172				
Антитела к рецепторам ТТГ	7,8		10 204				
Пролактин / макропролактин	1,1		10 107	14,4	217,6	255,0	
Расчетные показатели:							
Расчет ROMA	-		-	-	-	65,0	65,0
ИТОГО, рабочее место Cobas 6000	100 %	191 129	132 218				
Среднее AVT				1,5	23,0	28,2	52,7
Средневзвешенное AVT				1,2	23,0	21,9	46,1

Примечание. * – В условиях ручного переноса информации между ЛИС и анализатором. Для расчета компонентов трудозатрат в условиях настроенного протокола передачи информации из соответствующих компонентов AVT следует вычесть манипуляции 4.2, 5.1 и 5.7 табл. 1. Постоянные трудозатраты – в расчете на год, переменные – на 1 ЛИ данной АП. Удельная доля ЛИ в пробе (z) равна 1.

Обсуждение. Проведенное исследование продемонстрировало, что трудозатраты лаборанта автоматизированной сывороточной зоны существенно зависят от количества выполняемых лабораторных исследований. Об этом свидетельствует то, что сумма всех компонентов постоянных трудозатрат рабочего места составляет лишь около 6 % от полного бюджета рабочего времени ставки медицинского лабораторного техника, а остальные затраты времени являются переменными (см. рис. 1, а, б).

Отличия между большинством аналитических

процедур в компоненте FTa связаны, в основном, с особенностью проведения и частотой калибровок и ВЛК. Однако, они не столь существенны, поскольку постоянные трудозатраты нивелируются с ростом количества выполняемых ЛИ, что и продемонстрировано нами на рис. 2.

Значения удельных переменных трудозатрат для большинства биохимических и иммунохимических исследований весьма близки. Это связано с тем, что проба, из которой они выполняются, обрабатывается одновременно и одинаково вне зависимости

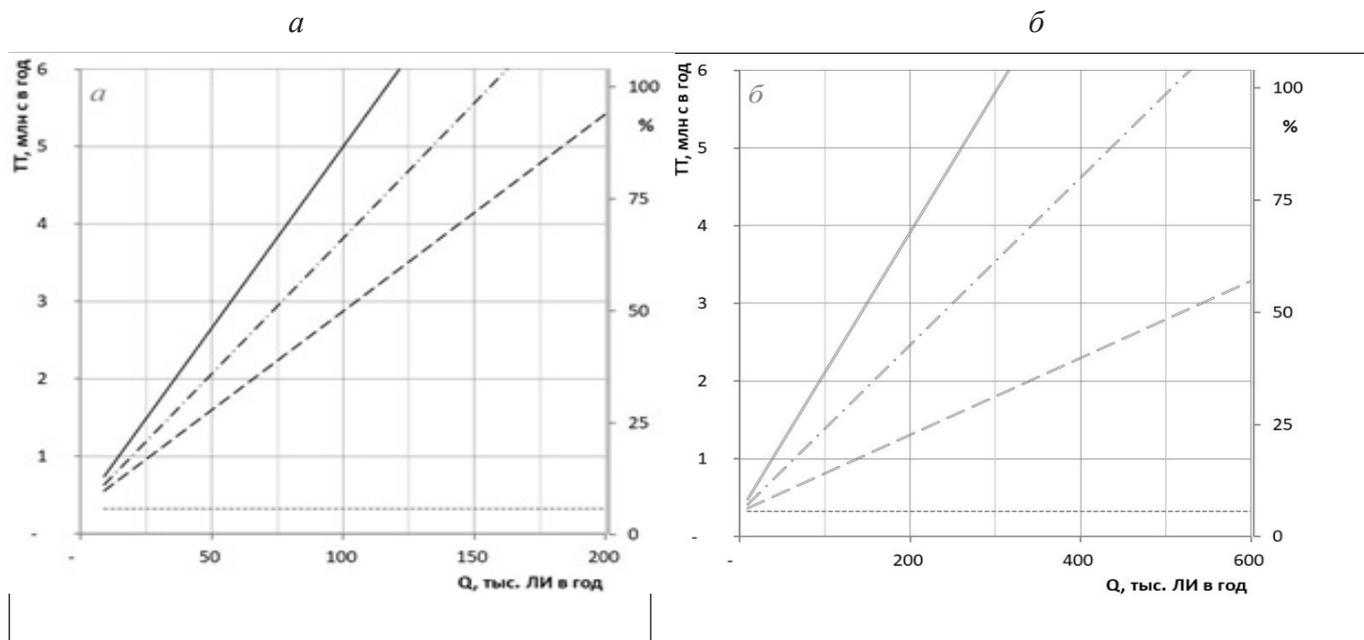


Рис. 1. Динамика общих трудозатрат (ТТ) рабочего места Cobas 6000 (в млн секунд), в зависимости от изменения суммарного количества исследований, выполняемых за год, в тысячах ЛИ. Дополнительная вертикальная ось справа отражает процент от полного бюджета рабочего времени 1 ставки медицинского лабораторного техника. Сплошная линия – $z=1$, штрихпунктирная – $z=0,5$, пунктирная – $z=0,1$.

a – при ручном переносе лабораторной информации; *б* – при автоматизированном переносе лабораторной информации

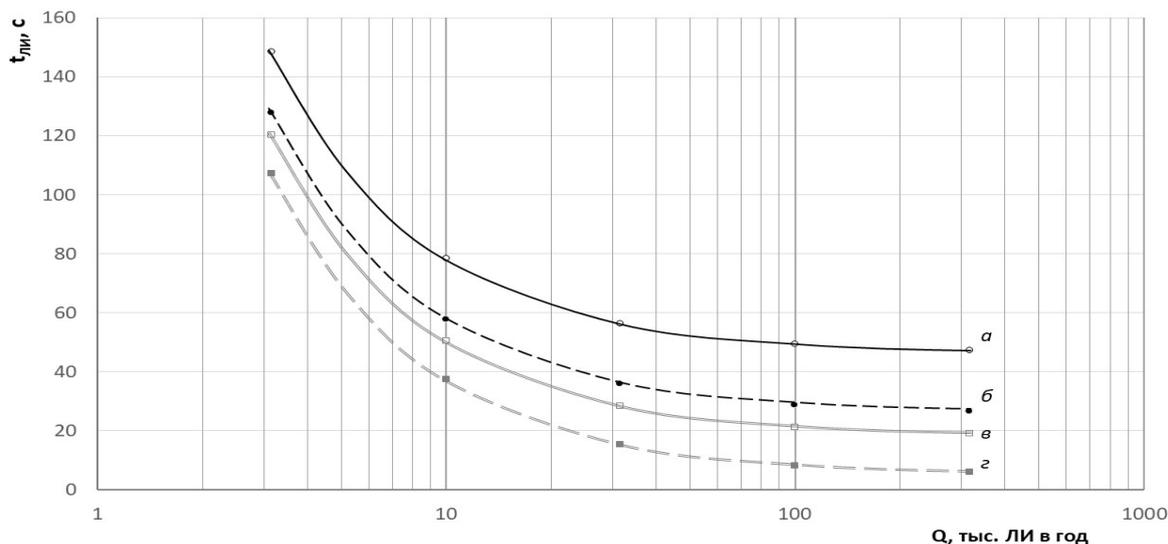


Рис. 2. Динамика средневзвешенной трудоемкости 1 ЛИ (tЛИ) рабочего места Cobas 6000 (в секундах), в зависимости от изменения суммарного количества исследований, выполняемых за год, в тысячах ЛИ. *a, б* – при ручном переносе лабораторной информации, $z=1$ и $z=0,1$, соответственно; *в, г* – при автоматизированном переносе лабораторной информации, $z=1$ и $z=0,1$, соответственно.

от того, какие тесты заказаны, а какие-либо тест-специфические манипуляции отсутствуют. Различия в компоненте AVTa у биохимических АП связаны с емкостью кассет их основных реагентов. Время загрузки на борт любой такой кассеты в большинстве случаев одинаково, но количество выполняемых из них тестов, а, следовательно, и расчетные удельные трудозатраты на 1 ЛИ – разные. Для иммунохимических АП не было и таких отличий, поскольку все диагностические наборы были рассчитаны, в нашем случае, на 100 тестов. Определенное исключение соста-

вили: в биохимии – реактив для определения цинка от стороннего производителя, требующий переливания в стандартную кассету, а в иммунохимии – набор на антитела к рецепторам ТТГ, требующий приготовления реагента для предварительной обработки. Таким образом, из близкого ряда значений удельных трудозатрат выпадает лишь единственная аналитическая процедура – исследование на пролактин / макропролактин, требующая и ручного приготовления реактива, и дополнительной пробоподготовки, и повторной детекции образца. При этом следует ожидать разли-

чий в трудозатратах для АП, выполняемых из разных проб биоматериала, если через автоматизированное рабочее место проходят несколько разновидностей последних. Это связано как с тем, что алгоритм обработки таких проб может отличаться, так и с тем, что из них будет выполняться разное количество исследований.

Моделирование продемонстрировало существенное влияние соотношения количества обработанных проб к числу сделанных из них исследований на трудозатраты на рабочем месте и, как следствие, производительность труда (см. рис. 1, а), представляющую собой величину, обратную трудозатратам. В случае изменения доли z с 1 до 0,5 производительность увеличится в 1,4 раза, а до 0,1 – в 1,8 раза. Следовательно, одномоментное выполнение большего количества тестов из одной пробирки является выигрышной стратегией и дополнительно обосновывает целесообразность централизации автоматизированных биохимических и иммунохимических исследований, использования анализаторов комбинированной модульной схемы.

Однако более эффективна в отношении снижения трудозатрат в автоматизированной сывороточной зоне инсталляция ЛИС. Нами были выделены и хронометрированы манипуляции, связанные с ручным переносом лабораторной информации, которые мы можем классифицировать как издержки. Исключение этих действий даже в неоптимальных условиях выполнения только одного исследования из каждой пробы сэкономили бы 28,1 секунду из 46,1 секунд средневзвешенных удельных переменных трудозатрат на 1 ЛИ. Изменение производительности труда в этом случае можно оценить, сопоставив графики (сплошные линии) между рис. 1, а и 1, б: она увеличится в 2,6 раза. В условиях же снижения доли ЛИ в пробе до 0,5 или 0,1 (2 или 10 тестов из пробы) разница в производительности труда между анализатором, подключенным к ЛИС и неподключенным к ней, составит уже 3,2 и 5,1 раза соответственно. Для сравнения, ИТ-интеграция бактериологического лабораторного оборудования, по данным литературы, позволяет повысить производительность лаборатории в 1,75 раза [7].

Использование коэффициента z для установления пропорции между объемами поступающих проб и производимых ЛИ вместо отдельного учета количества пробирок рационально с точки зрения уменьшения количества факторов, входящих в расчет на финальном его этапе. Для каждого из видов проб, проходящих через лабораторию, можно определить такое статистическое соотношение. Это долговременный коэффициент, пересматривать его потребуется лишь периодически, с изменением номенклатуры, конфигурации тестов на оборудовании, стандартов оказания медицинской помощи. А значит, учет нагрузки, который можно проводить в повседневной управленческой практике, опираясь на ранее рассчитанные стратифицированные компоненты, оптимально будет свести к единой величине удельных переменных трудозатрат – АУТ, пропорциональной 1 ЛИ.

Несмотря на автоматизацию, переменные трудо-

затраты доминируют на рабочем месте сывороточной зоны, что требует гибких методов нормирования труда. Предложенная методика позволяет как рассчитывать трудоемкость лабораторных исследований при произвольных их потоках, статистическом соотношении номенклатуры, конфигурации тестов, выполняемых из пробы биоматериала, так и прогнозировать эффект мер, оптимизирующих работу лаборатории. Ключевыми факторами снижения переменных трудозатрат персонала автоматизированной биохимической лаборатории являются: наличие ЛИС, реализующей протокол обмена информацией с анализатором, и увеличение количества лабораторных исследований, одномоментно выполняемых из пробы биоматериала.

ЛИТЕРАТУРА

1. Melanson S.E.F., Lindeman N.I., Jarolim P. Selecting Automation for the Clinical Chemistry Laboratory. *Arch. Pathol. Lab. Med.* 2007; 131(7): 1063–9. DOI: 10.5858/2007-131-1063-SAFTCC.
2. Yeo C.P., Ng W.Y. Automation and productivity in the clinical laboratory: experience of a tertiary healthcare facility. *Singapore Med. J.* 2018; 59(11):597–601. DOI: 10.11622/smedj.2018136.
3. Griffiths J. Automation and other recent developments in clinical chemistry. *Am. J. Clin. Pathol.* 1992; 98(4 Suppl. 1):S31–4. PMID: 1344702.
4. Ивашикина Т.М., Кадыров Ф.Н., Вавилова Т.В., Иванов А.М., Пашкова В.П., Клименкова О.А. Нормирование труда в лаборатории: алгоритмы для автоматизированных и неавтоматизированных методик. *Справочник заведующего КДЛ.* 2020; 2:3–14.
5. Ивашикина Т.М., Кадыров Ф.Н., Пашкова В.П., Клименкова О.А. Некоторые подходы к нормированию труда в лабораторной диагностике. *Менеджер здравоохранения.* 2019; 7:71–7.
6. Сон И.М., Иванова М.А., Вавилова Т.В., Люцко В.В., Сачек О.И., Оськова Л.П., Ворыханов А.В. Нормы времени на выполнение лабораторных исследований специалистами клинико-диагностических и микробиологических лабораторий. *Менеджер здравоохранения.* 2021; 3: 40–5. DOI: 10.21045/1811-0185-2021-3-40-45.
7. Золотарев П.Н., Черкасов С.Н. Современное состояние клинической лабораторной диагностики (обзор литературы). *Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки.* 2018; 4(48): 173–90. DOI: 10.21685/2072-3032-2018-4-18.
8. Андрюков Б.Г., Андрюков И.Б., Гельман Е.А., Ларичев В.Г., Логинова Т.В., Федосеева И.Н. Опыт создания и внедрения лабораторной информационной системы в практику клинико-диагностической лаборатории многопрофильного ведомственного лечебного учреждения. *Морская медицина.* 2017; 3(1): 34–41. DOI: 10.22328/2413-5747-2017-3-1-34-41.
9. Ивойлов О.О., Кочетов А.Г. Метод анализа типовой структуры прямых затрат в себестоимости лабораторного теста. *Клиническая лабораторная диагностика.* 2021; 66(3): 187–92. DOI: 10.51620/0869-2084-2021-66-3-187-192.
10. Ивойлов О.О. Методика исследования трудозатрат персонала медицинской лаборатории. www.researchgate.net. 2021; Доступно по адресу: https://www.researchgate.net/publication/355031944_Metodika_issledovania_trudozatrat_personala_medicinskoj_laboratorii. Последнее обращение: апрель 2023. doi: 10.13140/RG.2.2.12058.57288.

REFERENCES

1. Melanson S.E.F., Lindeman N.I., Jarolim P., Selecting Automation for the Clinical Chemistry Laboratory. *Arch. Pathol. Lab. Med.* 2007; 131(7): 1063–9. DOI: 10.5858/2007-131-1063-SAFTCC.

2. Yeo C.P., Ng W.Y. Automation and productivity in the clinical laboratory: experience of a tertiary healthcare facility. *Singapore Med. J.* 2018; 59(11): 597–601. DOI: 10.11622/smedj.2018136.
3. Griffiths J. Automation and other recent developments in clinical chemistry. *Am J Clin Pathol.* 1992; 98(4 Suppl. 1):S31–4. PMID: 1344702.
4. Ivashikina T.M., Kadyrov F.N., Vavilova T.V., Ivanov A.M., Pashkova V.P., Klimenkova O.A. Normirovaniye truda v laboratorii: algoritmy dlya avtomatizirovannykh i neavtomatizirovannykh metodik. *Spravochnik zaveduyushchego KDL.* 2020; 2: 3–14. (in Russian)
5. Ivashikina T.M., Kadyrov F.N., Pashkova V.P., Klimenkova O.A. Some approaches to the labor normalization in the laboratory diagnostics. *Manadzher zdravookhraneniya.* 2019; 7:71–7. (in Russian)
6. Son I.M., Ivanova M.A., Vavilova T.V., Lyutsko V.V., Sachek O.I., Oskova L.P., Vorykhanov A.V. Time norms for laboratory tests by specialists of clinical diagnostic and microbiological laboratories. *Manadzher zdravookhraneniya.* 2021; 3:40–5. DOI: 10.21045/1811-0185-2021-3-40-45. (in Russian)
7. Zolotarev P.N., Cherkasov S.N. Current state of clinical laboratory diagnostics (Literature review). *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Povolzhskiy region. Meditsinskie nauki.* 2018; 4(48): 173–90. DOI: 10.21685/2072-3032-2018-4-18. (in Russian)
8. Andryukov B.G., Andryukov I.B., Gelman E.A., Larichev V.G., Loginova T.V., Fedoseeva I.N. Experience creation and implementation of laboratory information systems in the practice clinical diagnostic laboratories the multidisciplinary departmental medical centers. *Morskaya meditsina.* 2017; 3(1): 34–41. DOI: 10.22328/2413-5747-2017-3-1-34-41. (in Russian)
9. Ivoylov O.O., Kochetov A.G. A method for analyzing the typical structure of direct costs in the cost of a laboratory test. *Klinicheskaya Laboratornaya Diagnostika.* 2021; 66(3): 187–92. DOI: 10.51620/0869-2084-2021-66-3-187-192. (in Russian)
10. Ivoylov O.O. The method for researching the labor costs of staff of medical laboratory. *www.researchgate.net.* 2021; Available at: https://www.researchgate.net/publication/355031944_Metodika_issledovania_trudozatrat_personala_meditsinskoj_laboratorii. Accessed April 2023. DOI: 10.13140/RG.2.2.12058.57288 (in Russian)