

ВОЗМОЖНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ В ПОДМАСОЧНОМ ПРОСТРАНСТВЕ ПРИ РИНОМАНОМЕТРИИ

О. Г. АВРУНИН, Х. И. ФАРУК, Т. С. КОНОНЕНКО

Кафедра биомедицинской инженерии, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков, УКРАИНА
email: gavrun@list.ru

АННОТАЦИЯ В работе рассматриваются возможности косвенного определения давления в подмасочном пространстве при проведении риноманометрии. Предлагается метод расчетного определения давления на входе в носовую полость на основе экспериментальных исследований потерь давления в риноманометре. Результаты проведенных исследований показывают, что для конкретной модели риноманометра возможен отказ от преобразователя давления, расположенного во внутримасочном пространстве, и определение аэродинамического сопротивления устройства расчетным путем или по результатам аэродинамических испытаний. Полученные значения коэффициента потерь и зоны его уверенного применения должны указываться в паспорте прибора. Рассчитываемый разброс значений давлений составил порядка 12%, что соизмеримо с погрешностью используемых преобразователей давления. При практическом использовании метода расчетного определения давления во внутримасочном пространстве необходимо проводить учет изменения плотности воздуха от температуры, что будет способствовать снижению погрешности расчетов.

Ключевые слова: риноманометрия, давление, расход воздуха, носовая полость, носовое дыхание

POSSIBILITIES OF PRESSURE DETERMINATION IN INTERNAL MASK AREA AT RHINOMANOMETRY

O. AVRUNIN, H. FARUK, T. KONONENKO

Department of biomedical engineering, Kharkiv national university of radio electronics, Kharkiv, UKRAINE

ABSTRACT This work is devoted the possibility of indirectly determining the pressure in the internal mask area in rhinomanometrical devices. Modern computer Rhinomanometry are complex electronic devices through the use of miniature pressure transducers and airflow and allows, due to the specialized software, get a graph of the parameters of airflow in the nasal cavity. However, the main problem in creating Rhinomanometry is the selection and placement of appropriate transducers, on the reliability of the testimony of which is primarily dependent on the accuracy of the diagnosis. Proposed method of calculation of the pressure at the entrance to the nasal cavity by experimental studies rhinomanometry pressure losses. The results of these studies show that a particular model Rhinomanometry possible failure of the pressure transducer located in internal mask area, and determining the aerodynamic resistance of the device by calculation or on the results of aerodynamic tests. The resulting values of the loss factor and his confident use of the zone must be specified in the device data sheet. Calculated values of the pressure variation was about 12%, which is comparable with the accuracy of the pressure transducers used. In practical use of the method of calculation of the pressure in the internal mask area should be carried out keeping the air density changes with temperature that will reduce calculation errors. Perspective of the work is improving the design of prototypes rhinomanometry type TNDA and development of practical recommendations for the design of devices for the testing of nasal breathing.

Keywords: rhinomanometry, pressure, air flow, nasal cavity, nasal breathing

Введение

В настоящее время одной из наиболее актуальных социальных проблем во всех индустриально развитых странах мира является разработка и внедрение новых медицинских технологий для повышения качества оказания медицинской помощи, что подтверждается, в частности, приоритетными направлениями Рамочной программы Европейского Союза «Horizon 2020» Program EU “Horizon 2020/H2020”) [1] Применение современных информационных технологий при разработке медицинских приборов позволяет существенно увеличить достоверность качество предоставляемой диагностической и повысить эффективность лечения различных патологий [2]. При этом надо учитывать, что к современным

доказательным методам функциональной диагностики предъявляются требования высокой достоверности и повторяемости результатов измерений физиологических показателей [3].

Актуальность

В последние десятилетия во всех развитых странах мира отмечен существенный рост распространенности заболеваний верхних дыхательных путей, при которых наиболее часто нарушается дыхательная функция носа, что приводит к снижению качества жизни пациента и, в последствии, к расстройствам центральной нервной системы, сердечно-сосудистым патологиям и т.д. [2-4]. Эффективность терапии при этом существенно зависит от качества диагностики, исходя из

© О. Г. АВРУНИН, Х. И. ФАРУК, Т. С. КОНОНЕНКО, 2016

результатов которой, проводится выбор адекватной лечебной тактики [3, 4]. Поэтому в современной ринологии на первый план выходят задачи совершенствования доказательных методов тестирования носового дыхания и расширение диагностических возможностей диагностической аппаратуры.

Анализ литературных данных и постановка задачи

В настоящее время наиболее распространенным инструментальным методом оценки функции носового дыхания является риноманометрия, при проведении которой выполняются измерения внутриносового перепада давления Δp и соответствующего расхода Q воздуха, проходящего через нос [3-5]. Основным диагностическим показателем при этом является величина аэродинамического носового сопротивления, выражаемая отношением перепада давления на носовой полости к величине соответствующего объемного расхода воздуха. Современные компьютерные риноманометры представляют собой сложные электронные устройства на основе использования миниатюрных преобразователей давления и скорости воздушного потока и позволяющие, за счет специализированного программного обеспечения, получить графические зависимости параметров воздушного потока в полости носа. Тем не менее, основной проблемой при создании риноманометров является выбор и размещение соответствующих измерительных преобразователей, от надежности показаний которых в первую очередь зависит достоверность диагностики.

По расположению измерительных преобразователей методы риноманометрии разделяются на, так называемые, передние и задние [4-8]. Различие данных методов заключается в том, что в соответствии с законом Паскаля при передней риноманометрии измеряется дифференциальное давление на уровне хоан, а при задней – в носоглотке.

В первом случае измерение перепада хоанального давления проводится с помощью воздуховодной трубки с обтюратором, герметично устанавливаемом в противоположной исследуемой половине носа. Главным недостатком этого метода является нефизиологичность дыхания, осуществляемого поочередно через каждую половину носа и, как следствие, искажение результатов измерений, из-за рефлекторного изменения объема слизистой оболочки носовой полости.

Во втором случае происходит измерение давления в носоглотке с помощью воздуховодной трубки, дистальная оконечность которой располагается во рту пациента при плотно зажатых губах. Для осуществления этого способа от пациента требуется некоторое привыкание к осуществлению дыхательных маневров и отсутствие рвотного рефлекса, что особенно актуально при обследовании

детей[4, 9]. Исключая особенности этих методов и исходя из схемы размещения измерительных преобразователей при задней риноманометрии, приведенной на рисунке 1, в диагностических целях необходимо получить величину перепада давления на носовой полости, определяемую как

$$\Delta p_n = p_2 - p_3 \quad (1)$$

где p_2 и p_3 – величины давлений в носоглотке и подмасочном пространстве, соответственно (p_1 – давление, измеряемое для определения расхода воздуха согласно рис.1). Учитывая, что аэродинамическое сопротивление входного воздушного тракта риноманометра зависит только от его конструктивных особенностей, то величину давления p_3 можно не измерять непосредственно, а вычислять в зависимости от пропускаемого расхода воздуха, что позволит упростить конструкцию устройства, за счет исключения из схемы соответствующего измерительного преобразователя.

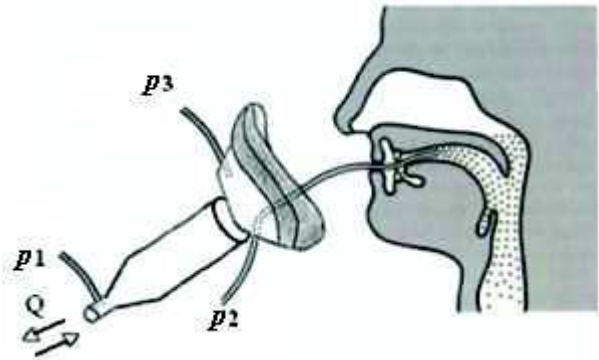


Рис. 1 – Схема размещения измерительных преобразователей давления при задней активной риноманометрии

Цель работы

Таким образом, целью работы является разработка метода косвенного определения перепада давления в подмасочном пространстве при проведении риноманометрии, исключающего применение дополнительного датчика давления на входе в носовую полость.

Расчет потерь давления в воздушном тракте риноманометра

Основными параметрами для расчета потерь давления на местных сопротивлениях и по длине воздушного канала являются:

– скорость течения воздуха [10]

$$V = \frac{Q}{S} = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d^2}, \quad (2)$$

где Q – расход воздуха, S – площадь сечения трубопровода (характерного участка трубопровода), d – диаметр характерного участка трубопровода, мм;
– число Рейнольдса Re , определяющее характер течения воздуха (ламинарный или турбулентный)

$$Re = \frac{V \cdot d_{\Gamma}}{\nu}, \quad (3)$$

где d_{Γ} – гидравлический диаметр трубопровода, определяемый как

$$d_{\Gamma} = \frac{4S}{\Pi}, \quad (4)$$

где S – площадь сечения трубопровода, Π – периметр сечения трубопровода, ν – коэффициент кинематической вязкости воздуха. Для цилиндрических отверстий и труб гидравлический диаметр равен диаметру отверстия или трубы.

Перепад давлений (потери давления) при течении воздуха определяют:

– через величину местного сопротивления по формуле Вейсбаха [10, 11]

$$\Delta p_{m.c} = \xi_{m.c} \cdot \rho \cdot \frac{V^2}{2}, \quad (5)$$

где $\xi_{m.c}$ – коэффициент местного сопротивления, зависящий от конфигурации сопротивления (значения коэффициента местного сопротивления приведены в соответствующих справочниках по гидравлическим расчетам, или определяются экспериментально), V – средняя скорость воздуха в сечении, расположенном за данным сопротивлением, ρ – плотность воздуха;

Потери по длине воздушного тракта (трубопровода) по формуле Дарси-Вейсбаха

$$\Delta p_L = \lambda \cdot \rho \cdot \frac{L V^2}{d}, \quad (6)$$

где λ – безразмерный коэффициент гидравлического трения, L – длина трубопровода.

Расчет потерь давления проведем на примере воздушного тракта компьютерного риноманометра – устройства для тестирования носового дыхания ТНДА с блоком измерения перепадно-расходных характеристик ПРХ производства ХНУРЕ (свидетельство о государственной метрологической аттестации устройства ПРХ, № 05-0102 от 01.04.2010 г.). Схема воздушного тракта устройства ТНДА представлена на рисунке 2, на которой обозначены четыре специфических сечения:

– 1-1 – сечение в самом узком месте «сопла Вентури» диаметром d , давление p_1 (см. рис. 1) в котором определяется с помощью преобразователя давления ПД1;

– 2-2 – сечение диаметром D в самом широком участке трубопровода, которое является конечным участком конуса (диффузора) длиной L_d ;

– 3-3 – сечение диаметром D , которым завершается прямолинейный участок трубопровода длиной $L_{пр}$ (участок от 2-2 до 3-3);

– 4-4 – сечение диаметром D_p , характеризующее сопротивление типа «внезапное расширение потока» по отношению к сечению 3-3. Давление p_3 (см. рис. 1) в сечении 4-4 измеряют с помощью преобразователя ПД3.

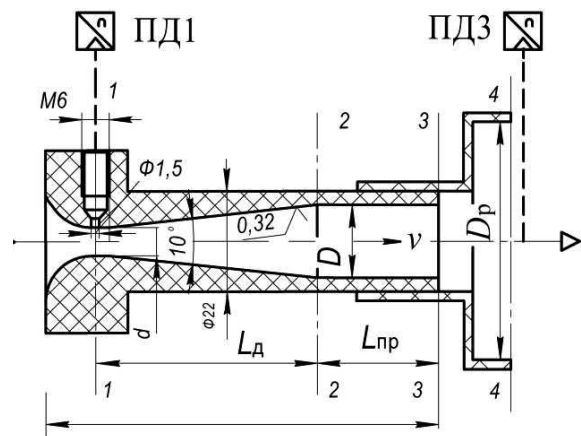


Рис. 2 – Схема воздушного тракта компьютерного риноманометра ТНДА с обозначениями для определения коэффициента сопротивления воздушному потоку

Коэффициенты сопротивления рекомендуется определять по формулам:

– на коническом участке 1-1 – 2-2 потери в диффузоре зависят от угла конусности и длины участка [11]

$$\xi_{\Sigma} = k_{n.p} \left(\frac{S_2}{S_1} - 1 \right)^2 + \frac{\lambda_{cp}}{8 \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}} \cdot \left[\left(\frac{S_2}{S_1} \right)^2 - 1 \right], \quad (7)$$

где $k_{n.p}$ – коэффициент смягчения при постепенном расширении, α – угол конусности, S_1 и S_2 – площади

сечений конуса диаметрами d и D , $\lambda_{cp} = \frac{\lambda_1 + \lambda_2}{2}$ – коэффициент сопротивления по длине конуса, определяемый как среднее значение коэффициентов сопротивления по длине для узкой λ_1 и широкой λ_2 частей конуса;

– на участке 2-2 – 3-3 потери давления определяются как потери по длине, например, по универсальной формуле А.Д. Альтшуля [11]

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{k_{\Sigma}}{d} + \frac{68}{Re} \right)^{0,25}, \quad (8)$$

где d – внутренний диаметр трубопровода, k_{Σ} – эквивалентная абсолютная шероховатость внутренней поверхности трубопровода, значение которой в зависимости от материала.

– на участке 3-3 – 4-4 коэффициент сопротивления определяют по формуле Борда [10-11]

$$\xi_{\text{вн.р}} = \left(\frac{S_{D_p}}{S_D} - 1 \right)^2, \quad (9)$$

где S_{D_p} и S_D – площади сечений с диаметрами D_p и D , соответственно.

Расчетные формулы, приведенные в различных справочниках, находят применение, как правило, для таких объектов, которые не подвергаются экспериментальной проверке, например, водоводы турбин гидроэлектростанций, каналы, русла рек и др. Для устройств относительно небольших размеров, к которым относятся и компьютерный риноманометр ТНДА, целесообразно проводить экспериментальные исследования (так называемую, продувку) и определить действительный перепад давлений (уровень потерь).

Для расчетного определения давления p_3 запишем общий перепад давлений на сопротивлениях устройства ТНДА в виде

$$\Delta p = p_1 - p_3, \quad (10)$$

и представим зависимость перепада давлений от расхода в следующей форме записи

$$\Delta p = p_1 - p_3 = \xi_{\Sigma} \cdot \rho \cdot Q^2, \quad (11)$$

где ξ_{Σ} – общий (суммарный) коэффициент гидравлического сопротивления воздушного тракта устройства ТНДА

$$\xi_{\Sigma} = \xi_{\text{м.с}} + \lambda, \quad (12)$$

где ξ и λ – коэффициенты местных сопротивлений и сопротивлений по длине, соответственно.

Если известен коэффициент ξ_{Σ} , то величину давления p_3 можно рассчитать по формуле

$$p_3 = p_1 - \xi_{\Sigma} \cdot \rho \cdot Q^2. \quad (13)$$

Для оценки правомерности такого подхода (вычисления давления p_3 расчетным путем) значение коэффициента ξ_{Σ} находим предварительно по результатам экспериментальной продувки устройства ТНДА на различных расходных режимах пропускаемого воздуха, где фиксируемыми параметрами являются расход Q , плотность воздуха ρ , давления p_1 и p_3 .

В таблице 1 приведены результаты измерений и расчета параметров устройства ТНДА, необходимые для дальнейшего анализа. Объектом исследований служило устройство ТНДА со следующими геометрическими характеристиками: $d = 7$ мм; $D = 16$ мм; $L_D = 50$ мм; $L_{\text{пр}} = 20$ мм; $D_p = 40$ мм и плотностью воздуха $\rho = 1$ кг/м³. Скорость потока воздуха V и число Re определялись в сечении 2-2.

При проведении испытаний анализировались режимы течения воздуха с различным расходом от 0,6 до 3 л/с, которые сопровождались колебательным характером, специфичным для дыхания человека. Анализ полученных результатов показывает, что в диапазоне чисел Рейнольдса $Re = 8300 \dots 16200$, что соответствует расходам воздуха от 1,6 до 3,2 л/с [12], значение коэффициента сопротивления находится в узком диапазоне $\xi_{\Sigma} = 0,36 \dots 0,41$, а с уменьшением числа Re менее 7400 наблюдается снижение коэффициента сопротивления до $\xi_{\Sigma} = 0,35 \dots 0,2$.

Следует также подчеркнуть, что значения коэффициента ξ_{Σ} , в зависимости от вида сопротивления, могут существенно изменяться, в частности, при использовании расходомера типа «сопло Вентури» диаметром $d = 9,3$ мм и постоянном расходе порядка 2 л/с, могут быть получены расчетным путем следующие данные:

– для потерь по длине на участках до 50 мм коэффициент сопротивления не превышает $\xi_{\Sigma} = 0,01$;

– с дроссельным сопротивлением $d_{\text{др}} = 8,5$ мм $\xi_{\Sigma} = 0,26$, а при уменьшении диаметра дросселя до $d_{\text{др}} = 5,5$ мм наблюдается рост коэффициента сопротивления до $\xi_{\Sigma} = 2,4$, т.е. практически на порядок. Зависимость изменения коэффициента сопротивления ξ_{Σ} от диаметра дросселя $d_{\text{др}}$ приведена на рисунке 3.

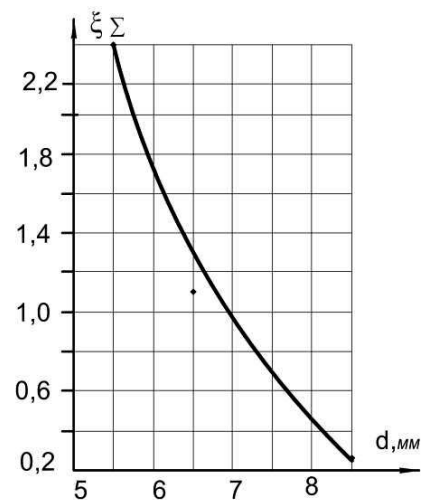


Рис. 3 – зависимость изменения коэффициента сопротивления ξ_{Σ} от диаметра дросселя $d_{\text{др}}$.

Таким образом, определив значение p_3 последовательно по формулам (2-13)? можно вычислить перепад давления на носовой полости согласно выражению (1), практически, для любых моделей риноманометров с известными характеристиками воздушного тракта,

корреспондируя расчетные и экспериментальные данные.

Табл. 1 – Результаты измерений давлений и расчета расхода, скорости течения воздуха, числа Рейнольдса и суммарного коэффициента гидравлического сопротивления ξ_{Σ} воздушного тракта испытываемого устройства ТНДА

p_1 , кПа	p_3 , кПа	Δp , кПа	Q , л/с	V , м/с	Re	ξ_{Σ}
0,21	0,13	0,08	0,628	3,10	3221	0,202
0,45	0,21	0,24	0,919	4,55	4727	0,284
0,85	0,32	0,53	1,263	6,26	6504	0,332
1,10	0,38	0,72	1,437	7,12	7398	0,349
1,38	0,45	0,93	1,609	7,98	8291	0,359
1,72	0,53	1,19	1,797	8,91	9257	0,369
2,06	0,59	1,47	1,966	9,75	10130	0,380
2,23	0,58	1,65	2,046	10,15	10546	0,394
2,43	0,66	1,77	2,135	10,58	10993	0,388
2,80	0,72	2,08	2,29	11,36	11803	0,397
3,15	0,79	2,36	2,431	12,06	12530	0,399
3,50	0,84	2,66	2,563	12,71	13206	0,405
3,86	0,90	2,96	2,691	13,35	13871	0,409
4,46	1,02	3,44	2,890	14,3	14858	0,412
5,30	1,18	4,12	3,157	15,66	16271	0,413

Выводы

Результаты проведенных исследований показывают, что для конкретной модели риноманометра (по диаметру входного отверстия маски и конфигурации воздушного тракта) возможен отказ от преобразователя давления ПДЗ и определение давления p_3 во внутримасочном пространстве косвенным (расчетным) путем по результатам аэродинамических испытаний конкретного прибора. В этом случае результаты продувки в виде коэффициента ξ_{Σ} и зоны его уверенного применения должны указываться в паспорте прибора. Рассчитываемый разброс значений давлений составляет порядка 12%, что соизмеримо с погрешностью используемых преобразователей давления ($\pm 5\%$, т.е. размах в 10%).

При практическом использовании метода расчетного определения давления во внутримасочном пространстве необходимо проводить учет изменения плотности воздуха от температуры, что будет способствовать снижению погрешности расчетов.

Перспективой работы является совершенствование конструкции опытных экземпляров риноманометров типа ТНДА и разработка практических рекомендаций при проектировании устройств для тестирования носового дыхания.

Список литературы

- 1 Програма ЄС «Горизонт 2020» (Program EU “Horizon 2020/H2020”) – [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://www.khnu.km.ua/ROOT/dept/interdept/horizon-2020.pdf>. Загол. с екрана.
- 2 **Govidaraj, S.** Endoscopic sinus surgery: evolution and technical innovations / **S. Govidaraj** // *J. Laryngol. Otol.* – 2010. – № 24(3). – P. 242-250. – doi: 10.1017/S0022215109991368.
- 3 **Zhuravlev, A.** Rhinoseptoplasty, outcomes and perspectives / **A. Zhuravlev, M. Kalashnik, O. Avrunin et al.** // *Folia otorhinolaringologica.* – 2011. – Vol. 17. – № 3. – P. 8-12.
- 4 Руководство по ринологии / Под ред. **Г. З. Пискунова.** – М.: Луммеппа. – 2011. – 960 с.
- 5 **Cole, P.** Contemporary rhinomanometry / **P. Cole, R. Fenton** // *J Otolaryngol.* – 2006. – № 35(2). – P. 83-87.
- 6 **Fyrmpas, G.** The value of bilateral simultaneous nasal spirometry in the assessment of patients undergoing septoplasty / **G. Fyrmpas, D. Kyrmizakis, V. Vital, J. Constantinidis** // *Rhinology.* – 2011. – №49(3). – P. 297-303. – doi: 10.4193/Rhino10.199.
- 7 **Zhang, G.** Correlation between subjective assessment and objective measurement of nasal obstruction / **G. Zhang, R. Fenton, R. Rival et al.** // *Zhonghua.* – 2008. – №43(7). – P. 484-489.
- 8 **Zhang, G.** Nasal airway volume and resistance to airflow / **G. Zhang, P. Solomon, R. Rival et al.** // *Am. J. Rhinol.* – 2008. – № 22(4). – P. 371-375. – doi: 10.2500/ajr.2008.22.3187.
- 9 **Cole, P.** Anterior and posterior rhinomanometry / **P. Cole, A. Ayiomamitis, M. Ohki et al.** // *Rhinology.* – 1989. – № 27(4). – P. 257-62.
- 10 **Лойцянский, Л. Г.** Механика жидкости и газа / **Л. Г. Лойцянский.** – М.: Наука. – 1970. – 904 с.
- 11 **Абрамов, Е. И.** Элементы гидропривода: Справочник / **Е. И. Абрамов, К. А. Колесниченко, В. Т. Маслов.** – Киев: Техніка. – 1977. – 320 с.
- 12 **Farouk, H.** Analysis of Changes of the Hydraulic Diameter and Determination of the Air Flow Modes in the Nasal Cavity / **H. Farouk, A. Khaleel, O. Avrunin** // *Advances in Intelligent and Soft Computing: Image Processing and Communications Challenges 3.* – Springer, 2011. – Vol. 102. – P. 303-310. – doi: 10.1007/978-3-642-23154-4_34

Bibliography (transliterated)

- 1 Program EU “Horizon 2020/H2020” – [Web]: <http://www.khnu.km.ua/ROOT/dept/interdept/horizon-2020.pdf>. Title screen.
- 2 **Govidaraj, S.** Endoscopic sinus surgery: evolution and technical innovations. *J. Laryngol. Otol.* 2010, **24**(3), 242-250, doi: 10.1017/S0022215109991368.
- 3 **Zhuravlev, A., Kalashnik, M., Avrunin, O. et al.** Rhinoseptoplasty, outcomes and perspectives. *Folia otorhinolaringologica.* 2011, **17**(3), 8-12.
- 4 Guide for rhinology / **Ed. G. Z. Piskunov.** *Moskow: Literra,* 2011, 960 p.
- 5 **Cole, P., Fenton, R.** Contemporary rhinomanometry. *J Otolaryngol,* 2006, **35**(2), 83-87.
- 6 **Fyrmpas, G., Kyrmizakis, D., Vital, V., Constantinidis, J.** The value of bilateral simultaneous nasal spirometry in the assessment of patients undergoing septoplasty. *Rhinology.* 2011, **49**(3), 297-303, doi: 10.4193/Rhino10.199.

- 7 **Zhang, G., Fenton, R., Rival, R. et al.** Correlation between subjective assessment and objective measurement of nasal obstruction. *Zhonghua*. 2008, **43**(7), 484-489.
- 8 **Zhang, G., Solomon, P., Rival, R. et al.** Nasal airway volume and resistance to airflow. *Am. J. Rhinol.* 2008, **22**(4), 371-375, doi: 10.2500/ajr.2008.22.3187.
- 9 **Cole, P., Ayiomamitis, A., Ohki, M. et al.** Anterior and posterior rhinomanometry. *Rhinology*. 1989, **27**(4), 257-62.
- 10 **Loyciansky L. G.** Mechanics of liquid and fluid. *Moscow: Science*, 1970, 904 p.
- 11 **Abramov, E. I., Kolesnichenko, K. A., Maslov, V. T.** Elements of the hydraulic drive: Manual. Kyiv: Technics, 1977, 320 p.
- 12 **Farouk, H., Khaleel, A., Avrunin, O.** Analysis of Changes of the Hydraulic Diameter and Determination of the Air Flow Modes in the Nasal Cavity. *Advances in Intelligent and Soft Computing: Image Processing and Communications Challenges 3*. – Springer, 2011, **102**, 303-310, doi: 10.1007/978-3-642-23154-4_34.

Сведения об авторах (About authors)

Аврунин Олег Григорьевич – д.т.н., проф., кафедра Биомедицинской инженерии, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков; e-mail: gavrun@list.ru.

Avrunin Oleg – Doctor of Science (Dr. Sc.), Professor, Associate Professor, Department of Biomedical Engineering, Kharkiv National University of Radioelectronics, Kharkiv, Ukraine; e-mail: gavrun@list.ru.

Фарук Хушам Исмаил – аспирант, кафедра Биомедицинской инженерии, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков, Украина; e-mail: hushamfarouk@yahoo.com.

Faruk Husham Ismail – PhD-student, Department of Biomedical Engineering, Kharkiv National University of Radioelectronics, Kharkiv, Ukraine; e-mail: hushamfarouk@yahoo.com.

Кононенко Татьяна Сергеевна – аспирант, кафедра Биомедицинской инженерии, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков, Украина; e-mail: tanyusha.kononenko@mail.ru.

Kononenko Tatyana Sergeevna – PhD-student, Department of Biomedical Engineering, Kharkiv National University of Radioelectronics, Kharkiv, Ukraine; e-mail tanyusha.kononenko@mail.ru.

Пожалуйста ссылаетесь на эту статью следующим образом:

Аврунин, О. Г. Возможности определения давления в подмасочном пространстве при риноманометрии / **О. Г. Аврунин, Х. И. Фарук, Т. С. Кононенко** // *Вестник НТУ «ХПИ», Серия: Новые решения в современных технологиях.* – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2016. – № 25 (1197). – С. 17-22. – doi:10.20998/2413-4295.2016.25.03.

Please cite this article as:

Avrunin, O., Faruk, H., Kononenko, T. Possibilities of pressure determination in internal mask area at rhinomanometry. *Bulletin of NTU "KhPI". Series: New solutions in modern technologies.* – Kharkiv: NTU "KhPI", 2016, **25** (1197), 17-22, doi:10.20998/2413-4295.2016.25.03.

Будь ласка посилайтесь на цю статтю наступним чином:

Аврунін О. Г. Можливості визначення тиску у під масковому просторі при риноманометрії / **О. Г. Аврунін, Х. И. Фарук, Т. С. Кононенко** // *Вісник НТУ «ХПИ», Серія: Нові рішення в сучасних технологіях.* – Харків: НТУ «ХПИ». – 2016. – № 25 (1197). – С. 17-22. – doi:10.20998/2413-4295.2016.25.03.

АНОТАЦІЯ У роботі розглядається метод непрямого визначення тиску в внутрімасковому просторі при проведенні риноманометрії. Пропонується метод розрахункового визначення тиску на вході в носову порожнину на основі експериментальних досліджень втрат тиску при риноманометрії. Результати проведених досліджень показують, що для конкретної моделі риноманометра можлива відмова від використання перетворювача тиску, розташованого у внутрімасковому просторі, і визначення аеродинамічного опору пристрою розрахунковим шляхом, або за результатами аеродинамічних випробувань. Отримані значення коефіцієнта втрат і зони його введеного застосування повинні вказуватися в паспорті приладу. Помилка визначення значень тиску складає до 12%, що близько до похибки використовуваних перетворювачів тиску. При практичному використанні методу розрахункового визначення тиску у внутрімасковому просторі необхідно проводити облік зміни щільності повітря від температури, що буде сприяти зниженню похибки розрахунків.

Ключові слова: риноманометрія, тиск, витрата повітря, носова порожнина, носове дихання

Поступила (received) 06.06.2016