

gation and modeling of the processes of dissolution and crystal growth // ТОКХТ. 1982. Т. 16. № 5. С. 619–630.

8. Bitsadze A.V. Equations of mathematical physics. М.: Nauka, 1976. 184 s.

9. Melikhov I.V. Modeling the variability of crystallization // Khim. prom. 1992. № 8. С. 21–25.

10. Melikhov I.V., Belousova M.Ya., Rudnev N. Fluctuation rate of growth of microcrystals // Kristallografiya. 1974. Т. 19. Вып. 6. С. 1263–1266.

11. Melikhov I.V., Berliner L.B. The effect of fluctuations on the kinetics of crystallization // Dokl. AN SSSR. 1979. Т. 245. № 5. С. 1159–1164.

12. Melikhov I.V., Berliner L.B. To the question of prediction of the crystallizer operation // ТОКХТ. 1978. Т. 12. № 6. С. 826–830.

13. Melikhov I.V., Berliner L.B. Salt crystallization from supersaturated solutions. Kinetic regime // ТОКХТ. 1979. Т. 13. № 4. С. 530–537.

14. Durov V.A., Bursulaya B.D., Novikov A.I. Mathematical modeling of chemical equilibria in the prototypes of biological matrix // ZhFKh. 1993. Т. 67. № 12. С. 2339–2344.

15. Noarov A.I. The problem of localization of solutions of Fokker – Plank and stability of biological systems // Vychislitel'naya matematika i matematicheskaya fizika. 1997. Т. 137. № 5. С. 587–598.

16. Kolmogorov A.N. Probability theory and mathematical statistics. М.: Nauka, 1986, 536 s.

17. S. Wolfram. Cellular Automata and Complex. Collected Papers, 1994. 596 s.

18. Gorbachevsky A.Ya. Numerical study of nonlinear models of crystallization // Matematicheskoye modelirovaniye. 1999. Т. 11. № 8. С. 23–31.

19. Zubarev D.N. Generalized Fokker – Plank equation in irreversible processes theory // Kineticheskiye uravneniya. М.: Nauka, 1987. С. 132–141.

УДК 69.036

Гармонизация оболочки здания по критериям энергоэффективности для условий г. Братска

Т.А. Потапова¹, Е.В. Нестер¹

¹Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия. E-mail: Elena_nester@mail.ru

Статья поступила 14.08.2012, принята 17.11.2012

Рассматриваются вопросы влияния объемно-планировочных решений здания на показатели его энергетической эффективности. Анализируются расчетные данные оптимизации оболочки здания для условий города Братска. На энергоэкономичность здания могут влиять как абсолютные размеры (длина, высота, ширина, этажность), так и соотношения отдельных параметров (удельная площадь наружных ограждений, удельный периметр наружных стен, соотношение площади оконных проемов к площади наружных стен). Определена оптимальная форма здания, рассчитано соотношение ширины корпуса к его длине по величине удельного теплопотребления. Этот показатель определяется как отношение тепловых потерь здания к полезной площади его ограждающих конструкций. Удельный расход энергии на отопление q изменяется в зависимости от этажности и ширины зданий. Максимальные значения этого показателя наблюдаются в одноэтажных зданиях, с увеличением этажей q снижается, причем, наиболее значительно – в интервале с первого по третий этаж. Доказано, что уменьшение энергопотребления достигается также в результате проектирования и строительства многоэтажных зданий, занимающих большую площадь в плане. С увеличением ширины корпуса жилых зданий, приводящим к сокращению на 20-30 % удельной площади ограждающих конструкций на 1 м² жилья, теплопотери снижаются на 15-20 %.

Ключевые слова: энергоэффективность здания, энергопотребление зданий, инфильтрация воздуха, теплопотери.

Building envelope harmonisation according to the energy efficiency criteria in Bratsk

T.A. Potapova¹, E.V. Nester¹

¹Bratsk State University, 40, Makarenko str., Bratsk, Russia. E-mail: Elena_nester@mail.ru

The article received 14.08.2012, accepted 17.11.2012

The article examines the impact of space planning decision of a building on the characteristics of its energy efficiency. The design data for the building envelope optimization applied in the conditions of Bratsk are analysed. The building energy efficiency can be influenced by both the absolute size (length, width, height, number of storeys) and the certain parameters ratio (outer shell specific area, exterior walls specific perimeter, the ratio of the window openings area to the exterior walls). The optimum shape of the building has been determined, the ratio of housing length to its length as to the specific heat consumption has been calculated. This indicator is determined as the ratio of heat loss to the outer shell rentable space. The specific heating energy consumption q varies with the width and number of storeys. Maximum values of this index are observed in one-storey buildings; when the number of storeys increases q goes down and most considerably in the interval from the first to the third floor. It has been proved that the reduction in energy consumption is achieved as a result of design and construction of multi-storey buildings occupying a large area on the plan. With the increase in the residential buildings housing length leading to the reduction of the outer shell specific area by 20 - 30% per 1 m², heat losses are reduced by 15 - 20%.

Keywords: energy efficiency of buildings, energy consumption, air infiltration, heat loss.

Здания и сооружения создаются в течение длительного периода и отражают технические возможности своей эпохи, стандарты комфорта, теплотехнические и энергетические критерии. Нормативно-законодательная база строительства, существующая в России до 1995 г., имела ряд пробелов, к которым можно причислить недостаточные требования к теплозащитным качествам ограждающих конструкций: ориентацию на массовое изготовление энергоемких железобетонных конструкций, недооценку влияния конструктивных и архитектурно-планировочных решений на экономию энергии в зданиях. Эти недочеты привели к тому, что отечественные здания являются одними из самых энергоемких по сравнению со строительным фондом экономически развитых стран. Особенно неэффективен по использованию тепловой энергии жилой фонд, 80 % которого составляют дома из сборного железобетона. Фактические теплопотери в них из-за низкого качества строительства и эксплуатации на 20-30 % превышают проектные значения.

Помимо вышесказанного причина высокой энергоемкости отечественных зданий и сооружений кроется в отсутствии системного подхода к их созданию и последующей эксплуатации. Между тем жизненный цикл здания состоит из трех этапов - проектирования, строительства и эксплуатации. На первом этапе закладываются все основные параметры здания, в том числе и энергетические. На остальных этапах эти параметры, как правило, только ухудшаются. При этом на стадии эксплуатации проявляются все последствия ошибок в проекте и строительстве.

Технологический спрос энергии на отопление зданий формируется на стадии проектирования. Он зависит от структуры теплопотерь. Для зданий гражданского назначения она имеет следующие значения по видам потерь тепла:

- прямое энергорасходительство, при котором теряется до 30 % тепла. Этот фактор является следствием нерационального расходования энергоносителей в зданиях и отсутствия механизмов регулирования теплового режима в системах отопления;
- трансмиссионные тепловые потери, в результате которых через наружную оболочку здания исчезает до 30 % тепловой энергии;
- вентиляционные теплопотери, возникающие при эксфильтрации отработанного воздуха и замене его на наружный с более низкой температурой;
- канализационные теплопотери, обусловленные высокой температурой сточных вод, покидающих здание, по сравнению с температурой поступающей в зимнее время холодной воды.

На два последних пункта приходится до 40 % потерь тепловой энергии.

Структура тепловых потерь здания не является постоянной. Она меняется в результате воздействия достаточно многих факторов, таких как назначение, этажность, ориентация и габариты здания, размеры и сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций и т.д. Достичь существенных результатов экономии энергии на стадии архитектурно-строительного проектирования представляется возможным только при комплексном учете всех перечисленных составляющих теплового

баланса здания. Необходимо решить сложные задачи, включающие: определение оптимальных размеров, рациональной ориентации, формы и очертаний здания, направленных на сбережение энергии; повышение уровня теплозащиты наружных ограждающих конструкций; выбор энергоэффективной системы регулирования микроклимата — отопления, освещения и вентиляции.

Архитектурная форма и ограждающие конструкции здания рассматриваются как элементы формирования в нем микроклимата и выполняют функцию регулирования энергетических потребностей здания. Поэтому при разработке объемно-планировочного решения важно найти оптимальную форму здания, обеспечивающую минимальные теплопотери через его наружную оболочку. Перед проектировщиками, которые намерены улучшить энергетическую эффективность здания, при определении его формы стоят два основных вопроса о выборе типа здания — энергоэкономичного или энергоактивного — и определении основных размеров здания — длины, высоты, ширины [3,5].

Форма здания характеризуется компактностью. Минимальное теплопотребление свойственно зданиям с очертанием плана в виде круга (рис.1).

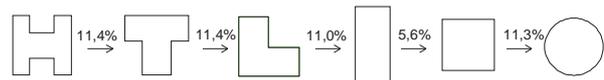


Рис.1. Влияние конфигурации плана здания на его энергопотребление.

Однако в таком типе зданий могут увеличиться затраты на возведение и возникнуть трудности с внутренней планировкой. Следующий вид, менее компактный — квадратное в плане здание и широкий прямоугольник. Здания сложной конфигурации неэнергоэффективны, из-за большой площади ограждающих конструкций относительно общей площади (табл.1).

Согласно результатам расчетов, приведенных в таблице 1, с увеличением площади поверхности наружной оболочки здания S_m теплопотери и энергозатраты на его эксплуатацию растут.

Оптимизировать форму здания, уменьшая S_m , можно, используя принцип блокирования простых в плане зданий в более сложное.

Блокирование позволяет добиться уменьшения теплопотребления зданием вследствие снижения площади наружных ограждающих конструкций до 50 %, материалоемкости строительства — на 8 - 10 %, площади застраиваемой территории — на 30 - 40 %, сокращения длины коммуникаций, подъездных путей и т.д.

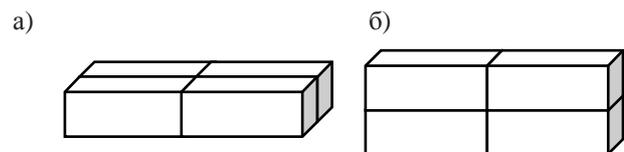


Рис. 2. Схема блокирования четырех объектов: а — по горизонтали; б — по вертикали.

В практике проектирования блокирование зданий возможно как по горизонтали, так и по вертикали (рис. 2).

Формирование более сложных зданий из простых объектов как по горизонтали в несколько рядов, так и по вертикали (увеличение этажей), приводит к снижению площади наружных ограждений $S_{нн}$ и уменьшению расхода энергии на их эксплуатацию.

Однако из этого правила имеются исключения. При существенном росте этажности здания начинает проявляться эффект "дымовой трубы". Этот эффект заключается в том, что с увеличением высоты сооружения все больше растет расход энергии на нагревание инфильтрующего воздуха и воздуха в системе вентиляции.

Таблица 1

Зависимость энергопотребления от конфигурации здания в плане

План	Отношение P к S	Площадь стен m^2	Энергопотребление, кВт	Площадь пола, m^2
А	1,15	160	2859	93
Б	1	140	2501	
В	0,88	123	2198	
Г	0,81	112	2001	
Д	0,76	106	1894	
Е	0,67	94	1659	

Компактность формы здания лишь отчасти характеризует величину теплопотерь, поскольку не учитывает условия теплообмена ограждающих конструкций с окружающей средой. Поэтому при разработке объемно-планировочных решений важно отыскать оптимальное соотношение размеров здания, обеспечивающее минимальные теплопотери через его оболочку.

Энергоэкономичность архитектурно-строительных решений здания оценивают величиной удельного расхода энергии на его отопление. Этот показатель определяется как отношение тепловых потерь здания к полезной площади его ограждающих конструкций. На энергоэкономичность здания могут влиять как абсолютные размеры (длина, высота, ширина, этажность), так и соотношения отдельных параметров (удельная площадь наружных ограждений, удельный периметр наружных стен, соотношение площади оконных проемов к площади наружных стен) [1,3]. Рассмотрим, каким образом эти величины влияют на тепловые потери здания.

Удельный расход энергии на отопление q изменяется в зависимости от этажности и ширины зданий. Максимальные значения этого показателя наблюдаются в одноэтажных зданиях, с увеличением этажей q снижается, причем наиболее значительно в интервале с первого по третий этаж. Уменьшение энергопотребления достигается и в результате проектирования и строительства многоэтажных зданий, занимающих большую площадь в плане. С увеличением ширины корпуса жилых зданий, приводящей к сокращению на 20 – 30 % удельной площади ограждающих конструкций на 1 m^2 жилья, теплопотери понижаются на 15 - 20 %.

В практике проектирования зданий и сооружений с целью анализа их теплозащитных качеств используют, в частности, такие показатели как удельный периметр наружных стен и удельная площадь наружных ограждений.

При разработке нами энергоэффективного здания изначально были наложены ограничения: климатические условия города Братска и площадь этажа [5, 6]. Она принята 900 m^2 . Так как сложная форма плана приводит к уменьшению компактности и увеличению теплопотерь, разрабатывался вариант с прямоугольной формой плана.

Конфигурация плана изменялась от квадрата 30x30 метров, до прямоугольника с самой распространенной в типовой застройке шириной корпуса 12 метров.

Анализируя расчетные данные можно сделать вывод, что прирост периметра незначительный до отметки 1,56 это соответствует плану с размерами 24x37,5 метров. У здания с шириной корпуса 18 метров периметр увеличивается на 13,3% , на столько же возрастает и энергопотребление. Здание шириной 12 метров имеет прирост периметра 45%, т.е. теплопотери возрастут почти в полтора раза.

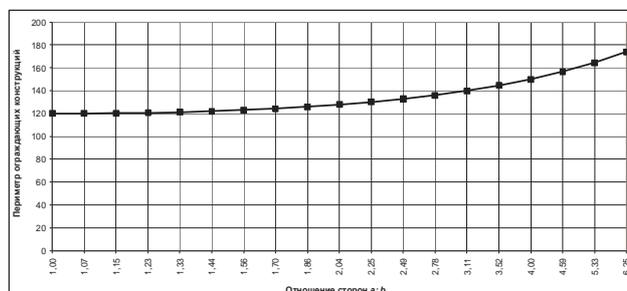


Рис. 3. Изменение периметра плана здания.

При выборе этажности в условиях Сибирского климата, решающую роль играет низкая температура в отопительный период, и высокая скорость ветра. Ввиду этих факторов, сильно растет расход энергии на нагрев инфильтрующегося воздуха.

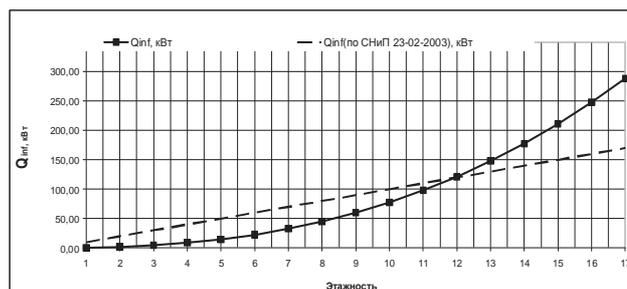


Рис. 4. Теплопотери на нагрев инфильтрующегося воздуха для зданий разной этажности.

Согласно СНиП «Здания жилые многоквартирные», кратность воздухообмена составляет 3 м^3 свежего воздуха, на 1 м^2 жилых помещений. Нормативный воздухообмен не совпадает с фактическим по ряду причин: разность давлений внутри помещения и на улице увеличивается с ростом этажности, а также значительное влияние оказывает ветер. С усилением ветра, увеличива-

ется и инфильтрация. Целесообразно было рассмотреть разные варианты расчета инфильтрационных теплопотерь. Согласно вычислениям, нормативный объем свежего воздуха не поступает в здание до 12 этажей, более того, в здании до 7 этажей он чрезвычайно мал.

На отметке 12 этажей он примерно равен норме. Далее объем и соответственно теплопотери резко возрастают (рис. 4).

Таблица 2

Сводная таблица энергопотребления здания с размерами в плане 30х30 метров

Кол-во этажей	Общая площадь, м^2	Площадь наружных огражд., м^2	Площадь остекления, м^2	k_{tr}	k_{int}	k_m	Q_{int} , кВт	Q_{ht} , кВт	Q_h , кВт	q_h , Вт/ м^2
1	900	2136	60,48	0,56	0,07	0,63	9,99	76,60	86,60	96,22
2	1800	2472	120,96	0,37	0,13	0,50	19,98	58,35	78,33	43,52
3	2700	2808	181,44	0,30	0,17	0,47	29,98	54,80	84,78	31,40
4	3600	3144	241,92	0,27	0,20	0,47	39,97	54,93	94,90	26,36
5	4500	3480	302,40	0,25	0,22	0,48	49,96	56,54	106,50	23,67
6	5400	3816	362,88	0,24	0,25	0,49	59,95	58,88	118,83	22,01
7	6300	4152	423,36	0,23	0,26	0,50	69,95	61,64	131,58	20,89
8	7200	4488	483,84	0,23	0,28	0,50	79,94	64,66	144,60	20,08
9	8100	4824	544,32	0,22	0,29	0,51	89,93	67,86	157,79	19,48
10	9000	5160	604,80	0,22	0,30	0,52	99,92	71,18	171,10	19,01
11	9900	5496	665,28	0,21	0,31	0,52	109,92	74,59	184,50	18,64
12	10800	5832	725,76	0,21	0,32	0,53	119,91	78,06	197,97	18,33
13	11700	6168	786,24	0,21	0,33	0,54	129,90	81,59	211,49	18,08
14	12600	6504	846,72	0,20	0,34	0,54	139,89	85,16	225,05	17,86
15	13500	6840	907,20	0,20	0,34	0,55	149,89	88,76	238,65	17,68
16	14400	7176	967,68	0,20	0,35	0,55	159,88	92,39	252,27	17,52
17	15300	7512	1028,16	0,20	0,35	0,55	169,87	96,04	265,91	17,38

Таблица 3

Сводная таблица энергопотребления здания с размерами в плане 18х50 метров

Кол-во этажей	Общая площадь, м^2	Площадь наружных огражд., м^2	Площадь остекления, м^2	k_{tr}	k_{int}	k_m	Q_{int} , кВт	Q_{ht} , кВт	Q_h , кВт	q_h , Вт/ м^2
1	900	2180,8	68,54	0,57	0,07	0,64	9,99	79,46	89,75	99,73
2	1800	2561,6	137,09	0,38	0,12	0,50	19,98	62,28	82,27	45,70
3	2700	2942,4	205,63	0,32	0,16	0,48	29,98	59,52	89,49	33,15
4	3600	3323,2	274,18	0,28	0,19	0,47	39,97	60,43	100,40	27,89
5	4500	3704	342,72	0,26	0,21	0,48	49,96	62,81	112,77	25,06
6	5400	4084,8	411,26	0,25	0,23	0,48	59,95	65,93	125,89	23,31
7	6300	4465,6	479,81	0,24	0,24	0,49	69,95	69,47	139,42	22,13
8	7200	4846,4	548,35	0,24	0,26	0,49	79,94	73,27	153,21	21,28
9	8100	5227,2	616,9	0,23	0,27	0,50	89,93	77,25	167,18	20,64
10	9000	5608	685,44	0,23	0,28	0,51	99,92	81,35	181,27	20,14
11	9900	5988,8	753,98	0,22	0,29	0,51	109,92	85,54	195,45	19,74
12	10800	6369,6	822,53	0,22	0,29	0,51	119,91	89,79	209,70	19,42
13	11700	6750,4	891,07	0,22	0,30	0,52	129,90	94,10	224,00	19,15
14	12600	7131,2	959,6	0,22	0,31	0,52	139,89	98,45	238,34	18,92
15	13500	7512	1028,16	0,21	0,31	0,53	149,89	102,83	252,71	18,72
16	14400	7892,8	1096,70	0,21	0,32	0,53	159,88	107,23	267,11	18,55
17	15300	8273,6	1165,25	0,21	0,32	0,53	169,87	111,66	281,53	18,40

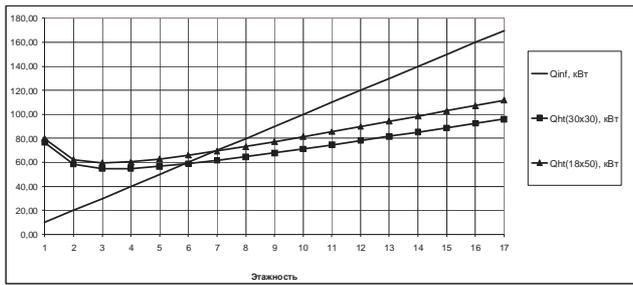


Рис. 5. Трансмиссионные теплотери через оболочку здания Q_{inf} . Расход теплоты на нагрев инфильтрующегося наружного воздуха Q_{inf} .

Остановившись на высоте здания в 12 этажей не лишним будет охарактеризовать его по другим параметрам:

- трансмиссионные теплотери через оболочку здания;
- расход тепловой энергии на отопление здания;
- удельный расход тепловой энергии на отопление здания.

На рис. 5 можно наблюдать высокий показатель трансмиссионных теплотерь для одноэтажного здания. Это объясняется большой площадью покрытия 1 этажа и перекрытия над подвалом по отношению к малой полезной площади здания.

Далее, до высоты в 3 этажа происходит падение. Так как идёт трехкратный прирост полезной площади, который намного больше, прироста площади оболочки здания. Строительство жилых здания с такой большой площадью застройки высотой до 3 этажей нецелесообразно. После 3 этажа происходит постепенный умеренный рост трансмиссионных теплотерь. Площадь оболочки увеличивается на площадь стен периметра 1-го этажа. Полезная площадь с каждым этажом прибавляет 900 м².

Расчетный расход тепловой энергии на отопление здания включает в себя показатели трансмиссионных теплотерь через оболочку здания и расхода теплоты на нагрев инфильтрующегося наружного воздуха (рис. б). График примерно выравнивается и принимает вид прямой после уровня 3 этажа. Потери тепла постепенно растут с этажностью здания.

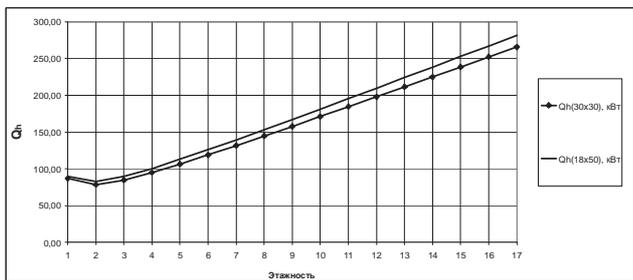


Рис. 6. Расчетный расход тепловой энергии на отопление здания Q_h .

Проект здания следует разрабатывать на основе величины удельного расхода тепловой энергии на отопление здания (рис. 7). Данный показатель имеет недопустимо большое значение у зданий до 4 этажей. Интервал от 5 до 9 этажей характеризуется плавным понижением в пользу энергоэффективности. Далее наблюдается небольшое снижение удельного расхода энергии.

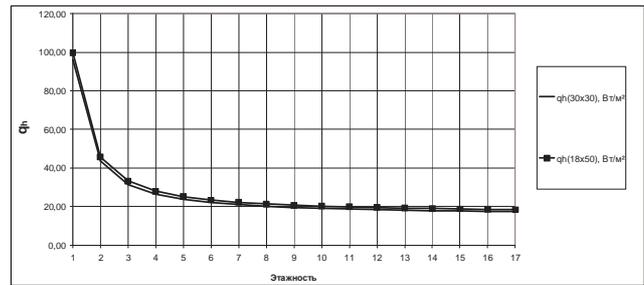


Рис. 7. Удельный расчетный расход тепловой энергии на отопление здания q_h .

Расчеты трех последних показателей подтвердили правильность выбора высоты здания в 12 этажей. Эта этажность оптимальна при данной площади этажа, она же является максимальной в климатических условиях города Братска. Строительство более высокого дома нерационально из-за больших потерь тепла на нагрев инфильтрующегося воздуха, что в свою очередь увеличивает нагрузку на систему отопления.

По параметрам трансмиссионных теплотерь, общего расхода тепла на отопление и удельного расхода тепла модели 30x30 и 18x50 характеризуются следующим образом: здание до 4 этажей неэнергоэффективно из-за большого удельного расхода тепла; здание от 5 до 9 этажей низкой эффективности. В интервале от 10 до 12 этажей здание можно считать энергоэффективным, судя по оптимальному расходу тепла на инфильтрацию и удельному показателю. От 13 этажей и выше, жилое здание неэнергоэффективно, поскольку резко возрастает расход тепла на нагрев инфильтрующегося воздуха. Таким образом, для условий города Братска оптимальной высотой здания, с точки зрения энергопотребления, является здание 12 этажей.

Литература

1. Булгаков С.Н. Энергоэффективные строительные системы и технологии // Промышленное и гражданское строительство. 1999. № 11. С. 20-23.
2. Потапова Т.А., Нестер Е.В. Оценка энергоэффективности эксплуатируемых зданий на примере жилого фонда г. Братска. Развитие жилищной сферы городов // Седьмая международная научно-практическая конференция МИКХиС 1-4 апр. 2009 г. М., 2009. С. 528.
3. Потапова Т.А., Нестер Е.В. Территориальный комплекс как объект оценки энергоэффективности // Труды Братского государственного университета. Сер. Естественные и инженерные науки – развитию регионов Сибири. 2010. Т. 2. С. 332.
4. Потапова Т.А., Нестер Е.В. Критерии оценки энергоэффективности градостроительного комплекса (на примере г.Братска) // Там же. С. 125-128.
5. Потапова Т.А. Здание как единая энергетическая система // Там же. С. 102-105.
6. Потапова Т.А. Региональные особенности нормирования энергопотребления жилых зданий Восточной Сибири (на примере г.Братска) // Там же. 2011. Т.2. С. 252.

References

1. Bulgakov S.N. Power effective construction systems and technologies // Industrial and civil construction. – 1999-№. 11. – Page 20-23.
2. Potapova T.A, Nester E.V. Evaluation of energy efficiency of buildings operated by the example of the housing stock of Bratsk. The development of the housing sector cities: Seventh International Scientific Conference April 1-4, 2009 - Moscow: MIKHIS, 2009.-528p.

3. Potapova T.A, Nester E.V. Territorial complex as the object of evaluation of energy efficiency. Proceedings of the Bratsk State University: Ser.: Science and engineering - the development of Siberia: in 2 volumes – Bratsk: BSU, 2010-T.2. – 332p.

4. Potapova T.A, Nester E.V. Criteria for evaluation of energy efficiency of urban complex (for example Bratsk). Proceedings of the Bratsk State University: Ser.: Science and engineering - the development of Siberia: in 2 volumes – Bratsk: BSU, 2010. - V.2. P. 125-128.

5. Potapova T.A. Building as an integrated energy system Proceedings of the Bratsk State University: Ser.: Natural and Engineering Sciences - Development of Siberia: in 2 volumes - Bratsk: BSU, 2011. - V.2. P. 102- 105.

6. Potapova T.A. Regional features of rationing energy residential buildings in Eastern Siberia (the Bratsk example). Proceedings of the Bratsk State University: Ser.: Science and engineering - the development of Siberia: in 2 volumes - Bratsk: BSU, 2011. - V.2. – 252p.

УДК 629.73

Центробежное формование изделий сложной формы из дисперсноупрочненных материалов

Н.П. Петров¹, А.С. Янюшкин², В.С. Григорьев¹, Ю.Г. Мразов¹

¹Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова, Московский пр-т, 15, Чебоксары, Россия

²Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия. E-mail: yanyushkin@brstu.ru

Статья поступила 29.08.2012, принята 2.11.2012

В статье отражены возможные способы формообразования сложных изделий из дисперсноупрочненных порошковых материалов методами предварительной прокатки с вертикальной осью вращения матрицы. Установлено, что процесс формования и его результаты зависят от многих параметров: конфигурации получаемого изделия, свойств порошка, вращающейся формы и формующего ролика, частоты вращения формы, толщины формируемого слоя порошка и величины обжатия за проход. Рассмотрены кинематика и динамика движения порошка, которая представляет собой спиралевидную кривую, связанную с абсолютной скоростью движения ролика и образованную круговым вращением матрицы и сложным движением ролика. Определены зависимости главных напряжений от приведенного радиуса кривизны при вертикальной оси вращения матрицы. По результатам проведенных исследований спроектировано устройство и разработана технология изготовления полых деталей типа тел вращения.

Ключевые слова: формование изделий, порошки, центробежная прокатка, напряжения, динамика, кинематика движения, вертикальная ось вращения, матрица, напряжение, новые технологии.

Centrifugal forming of irregular shape articles made of age-hardened materials

N. P. Petrov¹, A.S. Yanyushkin², V.S. Grigoryev¹, Yu.G. Mrazov¹

¹Chuvash State University named after I. N Ulyanov, 15 Moskovsky av., Cheboksary, Russia

²Bratsk State University, 40, Makarenko str., Bratsk, Russia. E-mail: yanyushkin@brstu.ru

The article received 29.08.2012, accepted 2.11.2012

The article reveals the possible ways of forming the irregular shape articles made of age-hardened powder materials by the matrix pivot shaft pre-rolling methods. It has been stated that the forming process and its results depend on various parameters: the end article configuration, powder properties, rotating mould and forming roller, mould rotating speed, the mouldable powder layer thickness and draft per pass value. The kinematics and dynamics of powder motion, which represents a helical curve connected with absolute velocity of roller's motion and formed by the matrix circular rotation and roller's compound motion, have been considered. The principal stresses dependencies on the mismatch radius of curvature at the matrix pivot shaft have been determined. Based on the results of the conducted research, the device has been designed, and the fabrication method for hollow cores similar to a body of revolution has been developed.

Keywords: articles forming, powders, centrifugal rolling, stresses, dynamics, motion kinematics, pivot shaft, matrix, stress, new techniques.

Центробежная прокатка представляет собой способ формования порошкового слоя центробежными силами во вращающейся относительно вертикальной оси матрице с одновременным уплотнением роликом, совершающим движение по определенному закону в зави-

симости от требуемого профиля получаемого изделия. Очевидно, что процесс формования и его результаты зависят от многих параметров: конфигурации получаемого изделия, вращающейся формы и формующего ролика, частоты вращения формы, толщины формиру-