بسم الله الرحمن الرحيم

بسمه تعالی

دانشگاه فردوسی مشهد

صورتجلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

جلسه دفاع از پایان نامه خانم **سیده مهناز مدیرخازنی** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته **مهندسی مکانیک** گرایش **تبدیل انرژی** در ساعت **۸:۳۰** روز ۴شنبه **۹۰/۶/۳۰** در محل **کلاس ۲۱۶** دانشکده **مهندسی** با حضور امضا کنندگان ذیل تشکیل گردید. پس از بررسی های لازم، هیأت داوران پایان نامه نامبرده را با نمره به عدد **۱۹/۵**، به حروف **نوزده و نیم** و با درجه **عالی** مورد تأیید قرار داد / نداد.

عنوان رساله

تجزیه و تحلیل فرایند چگالش بر روی لوله بیضوی همراه با بررسی جدایش لایه چگالیده از روی سطح لوله

هیئت داوران امضا

- **داور: دکتر محمد باقر آیانی**

  استادیار گروه مکانیک دانشگاه فردوسی مشهد

- **داور: دکتر محسن کهرم**

  دانشیار گروه مکانیک دانشگاه فردوسی مشهد

- **استاد راهنما: دکتر جواد ابوالفضلی اصفهانی**

  استاد گروه مکانیک دانشگاه فردوسی مشهد

- **نماینده تحصیلات تکمیلی: دکتر محمد پسندیده فرد**

  دانشیار گروه مکانیک دانشگاه فردوسی مشهد

- **مدیر گروه: دکتر حمید نیازمند**

  دانشیار گروه مکانیک دانشگاه فردوسی مشهد

دانشکده‌ی مهندسی

گروه مهندسی مکانیک

عنوان پایان‌نامه:

تجزیه و تحلیل فرایند چگالش بر روی لوله بیضوی همراه با بررسی جدایش لایه چگالیده از روی سطح لوله

مؤلف:

سیده مهناز مدیرخازنی

ارائه شده جهت اخذ درجه‌ی کارشناسی ارشد در رشته‌ی مهندسی مکانیک

گرایش تبدیل انرژی

استاد راهنما:

دکتر جواد ابوالفضلی اصفهانی

شهریور ۱۳۹۰

تصویب نامه‌ی گروه مکانیک

پایان‌نامه‌ی حاضر تحت عنوان: تجزیه و تحلیل فرایند چگالش بر روی لوله بیضوی همراه با بررسی جدایش لایه چگالیده از روی سطح لوله

که توسط سیده مهناز مدیرخازنی تهیه و به هیأت داوران ارائه گردیده است، مورد تأیید کمیته‌ی تحصیلات تکمیلی گروه می‌باشد.

تاریخ دفاع: ۹۰/۶/۳۰ نمره: ۱۹/۵ درجه‌ی ارزشیابی: عالی

اعضای هیأت داوران:

نام و نام خانوادگی	هیأت داوران	مرتبه‌ی علمی	امضا
دکتر جواد ابوالفضلی اصفهانی	استاد راهنما	استاد	
دکتر محمد باقر آیانی	عضو دفاع	استادیار	
دکتر محسن کهرم	عضو دفاع	دانشیار	
دکتر محمد پسندیده فرد	نماینده‌ی تحصیلات تکمیلی	دانشیار	

تأییدیه

گواهی می‌شود که این پایان‌نامه تاکنون برای احراز یک درجه‌ی علمی ارائه نشده است و تمامی مطالب آن به جز مواردی که نام مرجع آورده شده است، نتیجه‌ی کار پژوهشی دانشجو می‌باشد.

دانشجو: سیده مهناز مدیرخازنی امضاء تاریخ

استاد راهنما: دکتر جواد ابوالفضلی اصفهانی امضاء تاریخ

به پاس تعبیر عظیم و انسانی شان از کلمه ایثار و از خودگذشتگی

به پاس عاطفه سرشار و گرمای امید بخش وجودشان که در سردترین روزگاران بهترین پشتیبان است

به پاس قلب های بزرگشان که فریادرس است و سرگردانی و ترس در پناهشان به شجاعت می گراید

و به پاس محبت های بی دریغشان که هرگز فروکش نمی کند

این اثر را به پدر و مادر عزیزم تقدیم می کنم

قدردانی

با تشکر و سپاس از الطاف خداوند که توفیق عنایت فرمود تا در تهیه این پروژه همواره از محضر استاد ارجمندم جناب آقای دکتر ابوالفضلی بهره مند شوم و کسب معرفت نمایم.

وظیفه خود می دانم که از زحمات بی شائبه و هدایتگرانه استاد راهنما، جناب آقای دکتر ابوالفضلی که سهم بسزایی در ارشاد و راهنمایی من به عهده داشتند و در کلیه مراحل طرح از ابتدا تا انتها با دانش عمیق علمی خود به طرح مباحث پرداخته و با دقت خود موجب غنا بخشیدن و ارتقاء کیفی پروژه گردیدند، کمال تشکر و قدردانی را به عمل آورم. چه بسا بدون تشویق ها و راهنمایی های ارزنده ایشان انجام این پروژه بر من ممکن نبود.

از اساتید محترم داور، جناب آقای دکتر آیانی و جناب آقای دکتر کهرم که قبول زحمت فرموده، با مطالعه پروژه، ضعف ها و نارسایی های آن را یادآوری کرده و در جهت حل آنها پیشنهادات ارزنده ای ارائه نموده اند، سپاسگذاری می نمایم.

سیده مهناز مدیر خازنی

تابستان ۹۰

فرم چکیده پایان‌نامه تحصیلی دوره تحصیلات تکمیلی	دفترمدیریت تحصیلات تکمیلی
نام خانوادگی دانشجو: **مدیرخازنی** نام: **سیده مهناز**	
استاد راهنما: **دکتر جواد ابوالفضلی اصفهانی**	
دانشکده: **مهندسی** رشته: **مکانیک** گرایش: **تبدیل انرژی** مقطع: **کارشناسی‌ارشد**	
تاریخ دفاع: **۱۳۹۰/۶/۳۰** تعداد صفحات: **۹۶**	
عنوان پایان‌نامه: تجزیه و تحلیل فرایند چگالش بر روی لوله بیضوی همراه با بررسی جدایش لایه چگالیده از روی سطح لوله	
کلید واژه‌ها: چگالش لایه ای، انتقال حرارت همرفت، لوله بیضوی، جدایش	

در این پژوهش، مسأله‌ی انتقال حرارت ناشی از فرایند تغییر فاز بخار گرم به مایع در اثر فرایند چگالش لایه ای آرام، همراه با در نظر گرفتن انتقال حرارت همرفت آزاد، اجباری و مختلط بر روی یک لوله‌ی بیضوی افقی و همدما مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. با استفاده از معادلات بقای جرم، مومنتوم و انرژی، ضخامت لایه‌ی چگالیده و توزیع‌های سرعت و دما بدست آورده شده‌اند. جهت محاسبه‌ی ضخامت لایه‌ی چگالیده از روش عددی رانج-کوتای مرتبه ۴، استفاده گردیده است. در مورد عوامل موثر بر ضخامت لایه‌ی چگالیده بحث شده است. با توجه به شرایط حاکم بر مسأله، این امکان وجود دارد که لایه‌ی مایع ضمن حرکت بر روی لوله از روی سطح آن جدا شود. جدایش لایه‌ی چگالیده بر نرخ انتقال حرارت اثر می‌گذارد. به همین منظور، اثر جدایش لایه‌ی مایع در حل معادلات منظور گردیده است و پارامترهای موثر بر زاویه‌ی جدایش، مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. علاوه بر این، بر روی خواص فیزیکی و گستره‌ی پارامترهای بی‌بعد، بررسی‌هایی صورت پذیرفته است. همچنین تلاش شده است که محدوده های همرفت آزاد، اجباری و مختلط از یکدیگر تفکیک شوند و بر روی عوامل مؤثر بر گستره‌ی این نواحی، تحقیق شده است. بررسی اثر عدد باند، عدد گرادیان فشار بی‌بعد و ضریب بیضوی بر روی عدد ناسلت، از جمله مواردی هستند که جهت تکمیل تجزیه و تحلیل فرایند چگالش بر روی لوله، مورد توجه قرار گرفته‌اند.

Ferdowsi University of Mashhad

Abstract form Supplementary Curriculum Dissertation	O.S.C.M
Student Name: **Mahnaz** Student Surname: **Modirkhazeni**	
Supervisor(s): **Dr. Javad Abolfazli Esfahani**	
Faculty: **Engineering** Branch:**Mechanical Eng.** Tendency: **Energy Conversion** Grade:**M.Sc**	
Advocating Date: **21/09/2011**	Pages Number: **96**
Dissertation Title**: Analysis of Condensation on an elliptical tube with consideration of the seperation of the condensate layer from the tube surface**	
Keywords**: Film condensation, Convection heat transfer, Elliptical tube, Seperation**	

In the present study, the laminar film condensation over the surface of a horizontal isothermal elliptical tube encountered in free, forced and mixed convection heat transfer has been analyzed. The conservation laws of mass, momentum and energy has been used to obtain the distribution of velocity and temperature and also the condensate layer thickness. The fourth-order Runge-Kutta method has been utilized to compute the condensate thickness. The factors which influence the liquid film thickness have been discussed. Due to the conditions governing the issue, condensate layer may separate from the tube surface. The separation of condensate film, affect the heat transfer rate. So, the effect of separation of liquid layer is considered in solving the governing equations and the parameters which influence the separation angle have been identified. Also, a study on the physical properties and actual domain of non-dimensional parameters has been done. In addition, an attempt has been applied to distinguish the free, forced, and mixed convection regions and investigate the effective parameters. Considering the influences of Bond number, dimensionless pressure gradient parameter, and ellipticity of ellipse on Nusselt number are also the fields of study which have been taken into account in analyzing the condensation heat transfer.

فهرست مطالب

فصل ۱: مقدمه ۱
فصل ۲: مدل فیزیکی و ریاضی مسأله ۱۲
۲-۱- مدل فیزیکی مسأله ۱۳
۲-۲- مدل ریاضی مسأله ۱۵
۲-۲-۱- معادلات حاکم ۱۵
۲-۲-۲- شرایط مرزی ۱۶
۲-۲-۳- مدل‌سازی گرادیان فشار ۱۷
۲-۲-۴- مدل‌سازی تنش برشی ۲۱
فصل ۳: شیوه حل ۲۲
۳-۱- توزیع سرعت ۲۳
۳-۲- توزیع دما ۲۴
۳-۳- محاسبه ضخامت لایه‌ی چگالیده ۲۵
۳-۴- جدایش لایه‌ی چگالیده از روی سطح لوله ۳۰
۳-۵- محاسبه عدد ناسلت ۳۴
۳-۶- نرخ انتقال حرارت در فرایند چگالش ۳۵
فصل ۴: خواص فیزیکی و بررسی گستره پارامترهای بی‌بعد ۳۶
۴-۱- بررسی قطرهای رایج برای لوله های مورد استفاده در تقطیرکننده‌ها ۳۷
۴-۲- بررسی مبردهای رایج مورد استفاده در تقطیرکننده‌ها ۳۹
۴-۳- محاسبه‌ی اعداد F- P- Bo برای آب ۴۱

۴-۴- محاسبه‌ی عدد Bo برای R-22 ..... ۴۳
۴-۵- محاسبه‌ی عدد Bo برای R-134a ۴۵
فصل ۵: ارائه نتایج و بحث ۴۷
۵-۱- مقدار عددی اعداد بی‌بعد ۵۱
۵-۲- بررسی اثر پارامترهای مختلف بر ضخامت لایه‌ی چگالیده ۵۲
۵-۳- مشخص نمودن محدوده‌ی همرفت مختلط ۶۱
۵-۳-۱ مشخص نمودن محدوده‌ی همرفت اجباری- حد پایین همرفت مختلط ۶۲
۵-۳-۲ مشخص نمودن محدوده‌ی همرفت آزاد- حد بالای همرفت مختلط ۶۹
۵-۴- مشخص کردن حد بالا و پایین برای عدد Bo در همرفت مختلط ۷۴
۵-۵- بررسی اثر ضریب بیضوی ۸۱
فصل ۶: جمع بندی کلی و ارائه پیشنهادات ۸۷
۶-۱- نتیجه گیری ۸۸
۶-۲- پیشنهاداتی برای پژوهش‌های آینده ۹۱
مراجع ۹۲

فهرست علائم

نصف قطر بزرگ بیضی	a
عدد ارشمیدس	Ar
نصف قطر کوچک بیضی	b
عدد باند	Bo
ضریب اصطکاک	C_f
گرمای مخصوص در فشار ثابت	C_p
قطر معادل بیضی	D_e
ضریب بیضوی، $\sqrt{1-(\mathrm{b/a})^2}$	e
پارامتر بی‌بعد، $\frac{\mathrm{Ra/Ja}}{\mathrm{Re}^2}$	F
عدد فرود	Fr
شتاب ناشی از گرانش	g
عدد گراشهف	Gr
ضریب انتقال حرارت چگالش در زاویه ϕ	h
گرمای نهان چگالش اصلاح شده	$\acute{h}_{fg}$
عدد ژاکوبی، $\mathrm{C_p\Delta T/h'_{fg}}$	Ja
رسانش گرمایی لایه چگالیده	k
شار جرمی چگالش در واحد سطح	m''
عدد ناسلت محلی، $\mathrm{hD_e/k}$	Nu
فشار استاتیکی لایه چگالیده	p
پارامتر گرادیان فشار بی‌بعد، $(\rho_\mathrm{v}/\rho)\mathrm{Pr/Ja}$	P
عدد پرانتل	Pr
شار انتقال حرارت محلی	q
شعاع خمیدگی بیضی در موقعیت (r,θ)	R
عدد رایلی، $\rho(\rho-\rho_\mathrm{v})\mathrm{gPrD_e^3/\mu^2}$	Ra
عدد رینولدز، $\rho u_\infty D_\mathrm{e}/\mu$	Re

عدد ریچاردسون	Ri
دمای اشباع بخار	T_{sat}
دمای دیواره لوله	T_w
سرعت بخار جریان آزاد	u_∞
سرعت مماسی بخار در لبه لایه مرزی	u_e
مؤلفه سرعت در جهت x	u
مؤلفه سرعت در جهت y	v

حروف یونانی

ضخامت لایه چگالیده	δ
ضخامت لایه چگالیده بی‌بعد	δ^*
زاویه اندازه گیری شده از بالای لوله	θ
ویسکوزیته مطلق لایه چگالیده	μ
چگالی لایه چگالیده	ρ
چگالی بخار	ρ_v
تنش سطحی	σ
تنش برشی در فصل مشترک مایع و بخار	τ_δ
زاویه بین مماس بر سطح لوله و جهت عمود بر گرانش	ϕ

زیرنویس

اشباع	sat
بخار	v
دیواره لوله	w

بالانویس‌ها

نشانگر بی‌بعد	$*$
مقدار متوسط	$-$

فهرست اشکال

شکل ۲-۱ مدل فیزیکی مسأله و محورهای مختصات برای جریان لایه‌ی چگالیده روی سطح یک لوله‌ی بیضوی ۱۴

شکل ۲-۲ چگونگی اثرگذاری تنش سطحی بر لایه‌ی چگالیده ۱۹

شکل ۳-۱ جدایش لایه‌ی چگالیده از روی سطح لوله در دو زاویه‌ی بحرانی متفاوت ۳۳

شکل ۵-۱ بررسی صحت حل عددی با استفاده از مقایسه‌ی نتایج حاصل از تحقیق حاضر با مطالعات یانگ و هسو، بر روی ضخامت لایه‌ی چگالیده‌ی بی‌بعد اطراف محیط لوله‌ی دایروی در F=۰/۱ ..... ۴۹

شکل ۵-۲ بررسی صحت حل عددی با استفاده از مقایسه‌ی نتایج حاصل از تحقیق حاضر با مطالعات یانگ و هسو، بر روی منحنی ضخامت لایه‌ی چگالیده‌ی بی‌بعد اطراف محیط لوله‌ی بیضوی در F=۱۰ ..... ۵۰

شکل ۵-۳ بررسی صحت حل عددی با استفاده از مقایسه‌ی نتایج حاصل از تحقیق حاضر با مطالعات یانگ و هسو، بر روی منحنی تغییرات عدد ناسلت متوسط و زاویه‌ی بحرانی بر حسب ضریب بیضوی ۵۰

شکل ۵-۴ تغییرات ضخامت لایه‌ی چگالیده‌ی بی‌بعد اطراف لوله به ازای ضرایب بیضوی متفاوت برای F=۰/۱ و P=۱ ..... ۵۳

شکل ۵-۵ بررسی همزمان اثر F و e به کمک منحنی ضخامت لایه‌ی چگالیده‌ی بی‌بعد اطراف لوله ۵۷

شکل ۵-۶ منحنی ضخامت لایه‌ی چگالیده‌ی بی‌بعد اطراف یک لوله‌ی دایروی به ازای F های مختلف در P=۱ ..... ۵۸

شکل ۵-۷ منحنی ضخامت لایه‌ی چگالیده‌ی بی‌بعد اطراف یک لوله‌ی بیضوی به ازای F های مختلف در P=۱ ..... ۵۹

شکل ۵-۸ تغییرات عدد ناسلت متوسط در برابر عدد F برای ضرایب بیضوی متفاوت ۶۲
شکل ۵-۹ تغییرات ضخامت لایه‌ی چگالیده‌ی بی‌بعد پیرامون یک لوله‌ی دایروی به‌ازای F های مختلف ۶۴
شکل ۵-۱۰ تغییرات عدد ناسلت متوسط بر حسب F برای دو ضریب بیضوی و P متفاوت ۶۵
شکل ۵-۱۱ تغییرات ضخامت لایه‌ی چگالیده‌ی بی‌بعد بر حسب میزان پیشروی روی سطح یک لوله‌ی دایروی برای P و F متفاوت ۶۶
شکل ۵-۱۲ تغییرات زاویه‌ی بحرانی جدایش لایه‌ی مایع از روی سطح لوله بر حسب F به‌ازای ضرایب بیضوی مختلف در P ثابت..... ۶۷
شکل ۵-۱۳ تغییرات زاویه‌ی بحرانی جدایش لایه‌ی مایع از روی سطح لوله بر حسب F به‌ازای اعداد گرادیان فشار بی‌بعد مختلف..... ۶۸
شکل ۵-۱۴ تغییرات ضخامت لایه‌ی چگالیده‌ی بی‌بعد اطراف یک لوله ی دایروی به ازای F های مختلف بدون در نظر گرفتن اثر عدد گرادیان فشار بی‌بعد ۷۱
شکل ۵-۱۵ تغییرات ضخامت لایه‌ی چگالیده‌ی بی‌بعد اطراف یک لوله‌ی دایروی به ازای F های مختلف همراه با در نظر گرفتن اثر گرادیان فشار ۷۲
شکل ۵-۱۶ تغییرات ضخامت لایه‌ی چگالیده‌ی بی‌بعد اطراف یک لوله‌ی بیضوی به ازای F های مختلف ۷۳
شکل ۵-۱۷ تغییرات ضخامت لایه‌ی چگالیده پیرامون سطح یک لوله‌ی بیضوی برای اعداد باند مختلف در F و P ثابت..... ۷۵
شکل ۵-۱۸ تغییرات ضخامت لایه‌ی چگالیده پیرامون سطح یک لوله‌ی بیضوی برای بازه‌ی گسترده‌ای از اعداد باند در F و P ثابت ۷۷
شکل ۵-۱۹ تشابه فرایند چگالش بر روی لوله و جریان لایه مرزی بر روی لوله در جریان عرضی ... ۷۸
شکل ۵-۲۰ تغییرات عدد ناسلت متوسط بر حسب عدد باند به‌ازای ضرایب بیضوی و F مختلف در P ثابت ۸۰
شکل ۵-۲۱ تغییرات زاویه‌ی بحرانی جدایش بر حسب عدد باند به‌ازای ضرایب بیضوی و F مختلف در P ثابت..... ۸۱

شکل ۵-۲۲ تغییرات عدد ناسلت متوسط بر حسب ضریب بیضوی برای بازه‌ی گسترده‌ای از اعداد F در P=۰/۱ ..... ۸۲

شکل ۵-۲۳ تغییرات عدد ناسلت متوسط بر حسب ضریب بیضوی برای بازه‌ی گسترده ای از اعداد F در P=۱ ..... ۸۳

شکل ۵-۲۴ مقایسه‌ی اثر عدد گرادیان فشار بی‌بعد بر تغییرات عدد ناسلت متوسط بر حسب ضریب بیضوی به‌ازای مقادیر F کوچک (F<۰/۰۱) ۸۴

شکل ۵-۲۵ مقایسه‌ی اثر عدد گرادیان فشار بی‌بعد بر تغییرات عدد ناسلت متوسط بر حسب ضریب بیضوی به‌ازای مقادیر F مربوط به ناحیه‌ی همرفت مختلط ۸۵

شکل ۵-۲۶ مقایسه‌ی اثر عدد گرادیان فشار بی‌بعد بر تغییرات عدد ناسلت متوسط بر حسب ضریب بیضوی به‌ازای مقادیر F بزرگ (F>۱۰) ۸۶

فهرست جداول

جدول ۴-۱ قطرهای رایج لوله در تقطیرکننده‌های مورد استفاده در صنعت ۳۸
جدول ۴-۲ الف محاسبه‌ی عدد باند برای آب در دماها و قطرهای مختلف..... ۴۱
جدول ۴-۲ ب محاسبه‌ی معکوس عدد باند برای آب در دماها و قطرهای مختلف ۴۲
جدول ۴-۳ محاسبه‌ی عدد گرادیان فشار بی‌بعد برای آب در دماهای مختلف..... ۴۲
جدول ۴-۴ محاسبه‌ی عدد بی بعد F برای آب در دماهای مختلف ۴۳
جدول ۴-۵ الف محاسبه‌ی عدد باند برای مبرد R-22 در دماها و قطرهای مختلف..... ۴۴
جدول ۴-۵ ب محاسبه‌ی معکوس عدد باند برای مبرد R-22 در دماها و قطر های مختلف ۴۴
جدول ۴-۶ الف محاسبه‌ی عدد باند برای مبرد R-134a در دماها و قطرهای مختلف ۴۵
جدول ۴-۶ ب محاسبه‌ی معکوس عدد باند برای مبرد R-134 در دماها و قطرهای مختلف ۴۶

فصل اول

مقدمه

هدف اصلی در این پروژه، تجزیه و تحلیل فرایند چگالش بر روی لوله‌هایی است که به فراخور شرایط در صنعت مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این تحقیق و بررسی، آن نوع از فرایند چگالش مورد بررسی قرار خواهد گرفت که در آن، بخار در اثر تماس با سطحی که دمای آن کمتر از دمای اشباع بخار است دچار تغییر فاز شده و به مایع تبدیل می‌گردد. در نتیجه‌ی این تغییر فاز، گرمای نهان بخار آزاد گردیده و به سطح تماس انتقال پیدا می‌کند و مایع چگالیده به وجود می‌آید. برای کسب اطلاعات بیشتر به مراجع [۱] تا [۱۳] مراجعه گردد.

با توجه به کاربردهای فراوان فرایند چگالش در بازه‌ی گسترده‌ای از دستگاه‌ها و فرایندهای صنعتی، پیش بینی نرخ انتقال حرارت حاصل از این فرایند، به عنوان پارامتری تاثیرگذار در طراحی‌ها به شمار می‌رود. لازم به ذکر است که با توجه به شرایط سطحی که این فرایند بر روی آن انجام می‌شود، دو نوع پدیده‌ی چگالش در فرایندهای مختلف مشاهده گردیده است که می‌توان آنها را به دو دسته‌ی چگالش قطره‌ای و چگالش لایه‌ای تقسیم نمود. در چگالش قطره‌ای، بخار در قالب قطره‌های مجزا چگالیده شده

درحالیکه در چگالش لایه‌ای، لایه‌ی پیوسته ای از مایع چگالیده روی سطح تشکیل می‌گردد. روشی که بر طبق آن چگالش بر روی سطح اتفاق می‌افتد، تاثیر چشمگیری بر روی نرخ انتقال حرارت خواهد داشت.

درچگالش لایه‌ای، گرمای نهان ناشی از تقطیر بخار، باید از طریق لایه‌ی چگالیده به سطح انتقال پیدا کند. لایه‌ی چگالیده که به صورت یک مانع بین بخار گرم و سطح سرد قرار می‌گیرد، سبب ایجاد یک مقاومت اضافی در برابر انتقال حرارت می‌شود. درحالیکه در چگالش قطره‌ای، قسمت‌هایی از سطح، در تماس مستقیم با بخار قرار دارند. یک قطره‌ی بزرگ در اثر نیروی گرانشی از روی سطح پایین می‌آید، در حین مسیر به قطرات دیگر می‌پیوندد و در نتیجه قسمتی از سطح خشک می‌ماند. به این ترتیب قطرات زیادی تشکیل می‌شوند. این قطرات به سرعت رشد کرده و در تماس با سطح جدید، سبب انتقال حرارت بسیار بزرگی می‌شوند. به دلیل این تفاوت‌هایی که بین دو نحوه‌ی وقوع فرایند چگالش وجود دارد، نرخ انتقال حرارت چگالش قطره‌ای تا ۱۰ برابر چگالش لایه‌ای گزارش شده است [۱۴]. این اختلاف در ضریب انتقال حرارت ممکن است این فکر را در ذهن تداعی نماید که در کاربردهای مهندسی، نوع قطره-ای فرایند چگالش، بسیار مناسب‌تر از نوع لایه ای آن باشد، اما در اکثر مواقع حفظ شرایط چگالش قطره-ای بسیار دشوار است. بنابراین در کاربردهای مختلف مانند تقطیر کننده‌ها، سیستم‌های تهویه مطبوع و انواع مختلف دستگاه‌های مرتبط با فرایند چگالش، محاسبات طراحی بر پایه‌ی این فرض که چگالش به صورت لایه‌ای اتفاق می‌افتد، انجام می‌شود. بنابراین تمرکز در این پروژه بر روی اصول فرایند چگالش لایه‌ای خواهد بود.

اولین تلاش‌ها، آزمایشات و تحقیقات صورت گرفته بر روی اصول پدیده‌ی چگالش توسط ناسلت[۱] انجام شده است [۱۵]. او با در نظر گرفتن مجموعه‌ای از فرضیات، پدیده را ساده نمود. به عنوان مثال از همرفت انرژی و عبارت‌های شامل شتاب صرف‌نظر کرده و تحلیلی بر روی تعادل محلی نیروهای ویسکوز و جرمی مربوط به لایه‌ی چگالیده انجام داد. نتیجه‌ی کارهای او نشان داد که انتقال حرارت حاصل از

[۱] Nusselt